

Über Vergleichen von Tondistanzen.

Von

GUSTAV ENGEL

(Professor an der Kgl. Hochschule für Musik in Berlin).

An die „*Untersuchungen über die Auffassung von Tondistanzen*“, welche CARL LORENZ in den von WILHELM WUNDT herausgegebenen „*Philosophischen Studien*“ (1890, Bd. VI., S. 26—105) mitgeteilt hat, haben sich zwei weitere Abhandlungen unter dem Titel „*Über Vergleichen von Tondistanzen*“ angeschlossen, die eine von C. STUMPF in dieser Zeitschrift (I., S. 419—462), eine scharfe Kritik der LORENZschen Arbeit, die andere zur Verteidigung derselben von W. WUNDT (*Philosophische Studien*, Bd. VI., S. 605—640) selber herrührend. Sie bilden die Grundlage für die folgenden Bemerkungen.

Ich unterlasse es auf eine Vorfrage einzugehen, die mir recht wesentlich erscheint: ob nämlich, wie wir es auf anderen Gebieten des Geistes unaufhörlich erfahren, daß wir bloße Empfindungen durch ein aus anderen Quellen geschöpftes Wissen und andererseits wieder ein vermeintliches Wissen durch unsere Empfindung regulieren, so auch für das Verhältnis der Tonhöhen aus allgemeinen Gesichtspunkten, die in der Zahlenlehre, den Raum- und den Bewegungsverhältnissen begründet sind, feste Ergebnisse vorliegen, die uns, so weit es die Beurteilung des objektiven Sachverhaltes betrifft, nötigen, uns für die Gültigkeit des arithmetischen oder geometrischen Verhältnisses zu entscheiden, gleichviel wie die Sinnesempfindung dieses oder jenes Einzelnen sich entscheide. Ich behalte mir die Auseinandersetzung darüber für eine andere Gelegenheit vor und beschränke mich zunächst auf diejenige Seite der Frage, die in den thatsächlichen Sinneseindrücken ihre Begründung hat.

Ich will auch nicht dasjenige wiederholen, was die Leser dieser Zeitschrift bereits durch STUMPF erfahren haben, und gebe nur in Kürze an, in welchen Punkten ich mit ihm, dem durch seine musikalische Durchbildung in so hervorragendem Maße für die Tonpsychologie berufenen Psychologen, in vollständiger Übereinstimmung mich befinde. Die Beobachter waren erstens nach der Beschreibung, die LORENZ selbst von ihnen giebt, vorwiegend viel zu unreif in der Ausbidung ihres Gehörs, um objektive Ergebnisse erreichen zu können. Der Musiker weiß aus Erfahrung, wie unvollkommen die Gehörsbildung selbst von musikalisch angelegten Personen oft ist, so lange sie sich noch im Anfangsstadium ihrer Entwicklung befinden. Objektive Urteile können in der Streitfrage, um die es sich handelt, nur wirkliche Musiker aussprechen und diese auch nur dann, wenn sie von ihrem musikalischen Intervallensinn zum Zweck der psychologischen Untersuchung zu abstrahieren vermögen. Das letztere ist teils darum notwendig, weil die Mitte zwischen zwei gegebenen Tonhöhen — auch vom Standpunkt des geometrischen Verhältnisses aus — oft auf einem musikalisch unbrauchbaren Tone liegt, teils darum, weil die Distanzbeurteilung, um auch für das etwaige Hervortreten des arithmetischen Unterschiedes ein offenes Ohr zu haben, sich auf die Auffassung des bloßen Klanges der Töne einschränken und das Intervallen-Bewußtsein vergessen muß. Werden aber dennoch Beobachtungen mit anderen Personen angestellt, so ist darauf nie ein objektiver Wert zu legen, weil ihnen mit dem musikalischen Gefühl in der Regel auch das bloße Klanggefühl nicht in erforderlichem Maße verliehen sein wird; ein gewisser Wert wird ihnen aber trotzdem vielleicht nicht ganz abzusprechen sein, insofern es ja recht interessant ist, auch auf diesem Gebiet zu erfahren, aus welcher Nacht des Irrtums sich das Bewußtsein des Wahren emporzurichten oft genötigt ist.

Zweitens. Daß die Beobachtungen, um zuverlässig zu sein, an möglichst obertonfreien oder wenigstens in Tiefe, Mittellage und Höhe obertongleichen Klängen angestellt werden mußten, hat STUMPF ebenfalls mit Recht scharf hervorgehoben und WUNDT hat die Berechtigung dieses Tadels, freilich mit der Einschränkung, daß die Beobachtung an nicht obertonfreien und obertongleichen Klängen ebenfalls erforderlich sei,

zugegeben. Erforderlich ist dieselbe nun freilich nicht, sondern höchstens interessant, um es genau festzustellen, inwieweit Obertöne zu trügen vermögen. Denn selbst vorzügliche Musiker irren sich mitunter infolge der hinzutretenden Obertöne in der Oktavenlage eines Tones. Ich kann ein leicht nachzuahmendes Beispiel anführen. Wenn ich auf einem der tiefsten Pfeiftöne, welche die Mundhöhle besitzt, auf dem dieser Lage eigentümlichen Vokal *U* ein *F* pfeife, und dann f^1 mit leisestem Kopftone singe (ebenfalls auf *U*), so hält der Nichtmusiker den gepfiffenen Ton — ich habe das Experiment oft angestellt — fast immer für tiefer, als den gesungenen, also etwa für *f*. Das habe ich nun freilich nie geglaubt, aber ich hielt beide für dasselbe f^1 , obschon das gepfiffene scheinbar tiefer klingt. Erst meine Stimmgabeln mit Resonanzkasten haben mich gründlich widerlegt. Denn wenn ich den Ton in meine f^1 -Stimmgabel hineinpfeife, so schweigt sie beharrlich, obgleich sie eben so resonanzfähig ist, wie meine f^2 -Stimmgabel, die bei dem Pfeifton sofort mitzutönen beginnt. JOACHIM und STOCKHAUSEN hatten sich freilich mit ihrem sicheren Klanggefühl schon viel früher dahin mir gegenüber ausgesprochen, daß der gepfiffene Ton = f^2 sei. So weicht hier also die Empfindung des Nichtmusikers von dem des vollständig klangfesten Musikers um zwei Oktaven ab. Wer kann aber nach solchen Erfahrungen auf Beobachtungen über Tondistanzen, an Instrumenten angestellt, die zu solchen Irrtümern verleiten, irgend welchen Wert legen?

Drittens. Auch STUMPF hat bereits hervorgehoben, daß nach WUNDTs neuester Theorie $c:c^1$ dieselbe Distanz sein müßte wie $c^3:d^3$. WUNDT findet, indem er darauf erwidert, daß, namentlich wenn er sich die betreffenden Distanzen eine Oktave tiefer vorstellt, also als $C:c$ und $c^2:d^2$, dieselben ihm dann in der That gleichklingen. Er knüpft daran noch eine weitere Erörterung, dahin gehend, daß, was für eine bestimmte endliche Distanz ausgesprochen sei, darum noch nicht allgemein gelte, d. h. er tritt einen versteckten Rückzug an. Aber das STUMPFsche Beispiel kann noch weiter ausgedehnt werden. Ich will nicht von den alleräußersten Grenzen des Tonreiches reden, von dem doppelten Kontra-*C* mit 16 Schwingungen, das PREYER für den tiefsten möglichen Ton hält, und von c^8 mit seinen 40 960 Schwingungen und fragen, ob 16:17

= 40 930 : 40 961, d. h. als dieselbe Distanz erscheinen würde, sondern ich beschränke mich auf die sechs noch leidlich guten Oktaven unserer Klaviere vom Kontra-*C* bis c^4 , 32 bis 2048 Schwingungen. Wird WUNDT 32 : 34 (einen Halbton, wie er ungefähr der temperirten Stimmung entspricht) und 2048 : 2050 (der nächste Halbton von 2048 ist 2176) auch noch für dieselbe Distanz für die Empfindung halten?

Wie wir aus dem STUMPFschen Beispiel ersehen, daß bei weiterem Hinaufrücken der Tonhöhe die gleiche arithmetische Differenz sich auf ein immer kleiner werdendes Intervall bezieht, so ergibt natürlich dasselbe Intervall, je höher es gelegt wird, eine fortdauernde Erweiterung des arithmetischen Unterschiedes. $C:c$ (64 : 128) hat eine Differenz von 64, $c:c^1$ eine von 128 Schwingungen u. s. w. Je weiter also die Distanz der zwei Töne ist, für welche die Empfindungsmittel gesucht wird, um so mehr treten die geometrische und die arithmetische Mitte auseinander. Es ist notwendig, diesen Gesichtspunkt noch etwas ausführlicher hervorzuheben, weil sich daran eine weitere Einsicht über das Unzureichende der im WUNDTschen Laboratorium angestellten Versuche knüpft.

Ich beginne mit der Sekunde $C:D$, die wir nach reiner Stimmung als 8 : 9 auffassen (die mathematisch reine diatonische Tonleiter hat die Zahlen 24, 27, 30, 32, 36, 40, 45, 48). Suchen wir die Mitte dazu, etwa in der Zahlenfolge 80 : 90, so würden wir arithmetisch die Zahl 85 als Mitte zu betrachten haben. Die geometrische Mitte würde

$$80 \times \sqrt[2]{\frac{9}{8}}$$

sein. Die Verhältnisse 80 : 85 = 16 : 17 und 85 : 90 = 17 : 18 kommen in der Musik nicht vor, würden aber für weniger empfindliche Ohren immer als Halbtöne gelten können. Der Unterschied ist so geringfügig, daß das bloße Empfindungsurteil wohl ziemlich ratlos bleiben würde. Allzuviel darf man von der bloßen Empfindung, selbst bei den vortrefflichsten Musikern, nicht verlangen. Ich gehe daher zu der Terz über und zwar zu der großen Terz, da es ausreicht, einen Umriss über das ganze Gebiet zu geben und die interessantesten Fälle hervorzuheben.

Bei dem Intervall der großen Terz stehen die drei Töne: Prime, Sekunde, Terz, falls sie mathematisch rein intoniert werden, in dem Verhältnis $8:9:10$, also etwa $80:90:100$; wer nun also von den Tönen c, d, e das d für die Mitte hält — und das wird der Musiker um so leichter geneigt sein zu thun, als die temperierte Stimmung ihn an das geometrisch gleiche Verhältnis von $c:d$ und $d:e$ gewöhnt hat — trifft die arithmetische Mitte, nicht die geometrische, falls ihm nämlich diese Töne in reiner Stimmung vorgeführt werden; denn 9 verhält sich nicht zu 8 wie $10:9$, jenes ist das größere Verhältnis. Ich besitze eine Tonleiter vom eingestrichenen bis zum zweigestrichenen f — ich komme darauf weiter unten noch zurück —, die, soweit Vollkommenes erreichbar ist, mathematisch rein ist; für vorzüglich gelungen halte ich namentlich die große Terz $f^1:a^1$. Vorzügliche Musiker haben nun stets, wenn ich ihnen die Tonreihe f^1, g^1, a^1 auf meinen Stimmgabeln vorführte, gehört, daß die Distanz $g^1:a^1$ kleiner ist, als die $f^1:g^1$, daß also $f^1:g^1$ und $g^1:a^1$ ungleiche Distanzen sind, daß mithin nicht g^1 die Mitte zwischen f^1 und a^1 ist, was eben die arithmetische Schätzung behauptet. Ich nenne unter den Musikern, die dies im ersten Moment erkennen und damit ein entschiedenes Zeugnis gegen die arithmetische Schätzung einlegen die Herren JOSEPH JOACHIM, SPITTA und ADOLF SCHULZE. Schüler von geringerer Begabung irren sich wohl, ja sie halten auch mitunter, wenn ich ihnen die Tonreihe von unten nach oben vorführe, das Verhältnis der Sekunde zur Terz für das größere, während es ihnen erst bei der entgegengesetzten Folge, von oben nach unten, als das kleinere erscheint; wenn ich sie aber längere Zeit damit beschäftige und sie namentlich veranlasse, das Gehörte nachzusingen, dann pflegen sie es meist zu bemerken. Haben sie es aber erst einmal bemerkt, dann stelle ich ein weiteres Examen an. Ich führe ihnen die Töne b^1, c^2, d^2, e^2 , welche drei große Sekunden enthalten, auf meiner Stimmgabel-Tonleiter vor und verlange von ihnen, daß sie mir sagen, welche von diesen das größere Sekundenverhältnis $8:9$ und welche das kleinere enthalten. Theoretisch weiß das kaum je einer von ihnen, denn in dem üblichen theoretisch-musikalischen Unterricht erfahren sie nichts davon, weil dergleichen dem praktischen Musiker für etwas Überflüssiges, günstigsten Falls und das mit Recht für etwas

Esoterisches gilt. Von mir erfahren sie es auch nicht, weil meine Unterrichtszeit für andere wichtigere Dinge bestimmt ist; sie urteilen also bloß nach ihrer ursprünglichen Distanzempfindung, die ja durch die Gesangsübungen, wenn es sich darum handelt, ein bestimmtes Intervall bald etwas weiter bald etwas enger zu nehmen, geübt ist als bei Andern. Überrascht hat es mich nun aber dennoch, wie schnell sie oft fanden, daß $b^1:c^2$ und $d^2:e^2$ ein größeres Intervall sind, als $c^2:d^2$; so leicht gelingt es dem nicht ganz Unbegabten und einigermaßen Vorbildeten den arithmetischen Unterschied von dem geometrischen zu unterscheiden und zu erkennen, daß nicht das arithmetisch Gleiche, sondern das geometrisch Gleiche das wirklich Gleiche ist. Denn b^1 , c^2 , d^2 und e^2 sind in reiner Stimmung ($f^1 = 80$ gesetzt) $106^{2/3}$, 120, $133^{1/3}$, 150; zwischen b^1 und c^2 ist dasselbe arithmetische Verhältniß wie zwischen c^2 und d^2 ($13^{1/3}$) und doch werden sie als ungleich erkannt; dagegen ist $d^2:e^2$ wegen der höheren Lage arithmetisch schon sehr verschieden von $b^1:c^2$, nämlich $16^{2/3}$ im Gegensatz zu $13^{1/3}$; und wird trotzdem als gleiche Entfernung, also wegen der geometrischen Gleichheit, empfunden.

Für das Verhältniß von Tonika und Dominante ist die große Terz arithmetische Mitte; der Unterschied zwischen arithmetischer und geometrischer Mitte ist etwa ein Viertelton. Kein Musiker wird die große Terz für die Mitte halten, weil er zu genau weiß, daß $c:e$ und $e:g$ ungleiche Distanzen sind. Aus demselben Grunde wird er auch weder die Quinte noch die Quarte für die Mitte zwischen Grundton und Oktave halten, sondern er wird nicht viel Überlegung brauchen, um die übermäßige Quarte als die Mitte zu bezeichnen. Mathematisch hat er freilich nicht ganz recht; denn die übermäßige Quarte ist das Verhältniß 32:45, während die verminderte Quinte, welche die erstere zur Oktave ergänzt = 45:64 ist; nun verhält sich aber 32:45, wie 45:63 $\frac{2}{3}$; die verminderte Quinte ist also ein etwas größeres Intervall, als die übermäßige Quarte, die geometrisch richtige Mitte mußte mithin etwas höher, freilich nur um einen sehr geringen Bruchteil höher, als die übermäßige Quarte sein. Das temperierte Klavier giebt nun aber, falls es so vollkommen als möglich gestimmt ist, genau die geometrische Mitte, da alle Halbtöne auf dem Klavier in demselben geometrischen Verhältniß zu einander

stehen und sechs Halbtöne zwischen Grundton und übermäßiger Quarte wie zwischen dieser und der Oktave liegen. Noch genauer und überzeugender kann ich — auch wegen der gröfseren Klanggleichheit auf meiner temperierten chromatischen KÖNIGSchen Stimmgabel-Tonleiter das Verhältniß von c^2 zu fis^2 als geometrischer Mitte und zu c^3 zur Darstellung bringen. Innerhalb der Oktave beträgt also die Abweichung zwischen der geometrischen und arithmetischen Mitte einen Halbton, denn die arithmetische ist g ($c = 80$, $g = 120$, $c^1 = 160$).

Je weiter nun die Entfernung vorschreitet, desto weiter schreitet auch der Abstand zwischen der geometrischen und arithmetischen Mitte vor, wie das bei der unaufhörlich mit der Höhe zunehmenden Zahl der Schwingungen nicht anders sein kann. Weil ich nur den Umrifs geben will, gehe ich sofort zur Doppeloktave über, dem weitesten Intervall, auf das sich die Beobachtungen von LORENZ erstreckt haben.

Für die Doppeloktave $c : c^2$ ist c^1 die geometrische Mitte, denn c^1 ist $= 2c$ und $c^2 = 2c^1$. Die arithmetische Mitte ist e^2 ; denn wenn $c = 64$ ist, so ist $c^2 = 256$, also $e^2 = 160$ die arithmetische Mitte. Hier sind also die arithmetische und geometrische Mitte schon um eine grofse Terz von einander entfernt.

Bei einer Tonleiter, die von c bis c^3 reicht, also 3 Oktaven umfaßt, ist die Oktave der übermäßigen Quarte, also fis^1 für das temperierte Tonsystem die genaue geometrische Mitte; für das reine System ist dieselbe leise Erhöhung notwendig, welche für die Mitte zwischen Grundton und Oktave notwendig war. Arithmetische Mitte ist, wenn $c = 64$ und $c^3 = 512$ ist, da die Differenz zwischen c und $c^1 = 448$ und die Hälfte derselben $= 224$ ist, die Zahl 288. Da $c^2 = 256$, so muß es der Ton d^2 sein, denn $288 : 256 = 9 : 8$, dies ist aber das zwischen Prime und grofser Sekunde herrschende Tonverhältniß. Arithmetische und geometrische Mitte sind um eine kleine Sext voneinander entfernt, und von den beiden Strecken, die nach LORENZ- und WUNDTscher durch ihre experimentalen Untersuchungen begründeter Ansicht als gleich weit bezeichnet werden, ist die eine zwei Oktaven und eine Sekunde, die andere eine kleine Septime ausgedehnt. Hier wird, wie wir vermuten, ein Jeder, der mit Musik ein wenig nur vertraut ist, stutzig werden, auch ohne direkte Beobachtung.

Nun betrachten wir schließlic noch eine Strecke von

sechs Tonleitern, also von Kontra- F bis zu f^4 , das Kontra- F = 44, f^4 = 2816 Schwingungen. Die Differenz ist = 2772, die Hälfte = 1386, der mittlere Ton also = 1430. f^3 ist = 1386, also die arithmetische Mitte = $\frac{1430}{1386} = \frac{715}{693}$, etwa = $\frac{71}{69}$, also um ungefähr ein Komma höher, als f^3 , während f^1 geometrische Mitte ist. Die eine Strecke ist also fünf Oktaven, die andere eine Oktave lang; ich bin natürlich jederzeit bereit, statt des um ein Komma erhöhten auch das reine f^3 als mittlere Distanz gelten zu lassen und bin begierig, den Menschen kennen zu lernen, der — freilich, ohne zu wissen, um welche Distanzen es sich handelt und ohne zu wissen, daß es verschiedene Standpunkte in dieser Angelegenheit giebt, denn sonst könnte Eigensinn und Widerspruchsgeist ihn beherrschen, auch müßten ihm andere besser zur Mitte geeigneten Töne zur Vergleichung vorgelegt werden — ich bin also begierig den Menschen kennen zu lernen, der diese beiden Strecken nach der reinen Klangempfindung für gleich große und f^3 für die richtige Mitte zwischen Kontra- F und f^4 hielte. Denn ich würde gestehen, daß ich einer solchen Unfähigkeit für richtige Gehörseindrücke bisher noch nicht begegnet wäre; ihr aufzuhelfen, sie richtiger zu erziehen, würde auch hier bis zu einem gewissen Grade wohl möglich sein, falls nicht unheilbare Nervenzerrüttung, sei sie schon bei der Geburt vorhanden gewesen oder durch schädliche Einflüsse entstanden, zu Grunde läge; gewiß würde sich aber jeder gewissenhafte Gesangs- oder Violinlehrer überlegen, ob es ratsam wäre, einen mit so schlechtem Gehör Veranlagten als Schüler anzunehmen.

Die Beobachtungen von LORENZ sind nicht über zwei Oktaven hinausgegangen. Schwer ist es zu begreifen, daß sie, obschon ihnen doch 5 Oktaven — vom Kontra- C = 32 bis c^3 = 1024 — zur Verfügung standen, in ihren einzelnen Versuchen niemals über das Maß von zwei Oktaven hinausgingen. Warum verglichen sie nicht 32 mit 1024 und suchten hier die Empfindungsmitte? Als geometrische Mitte ergibt sich in diesem Falle die temperierte (nicht die reine) übermäßige Quarte f^5 , als arithmetische der Ton 528, ein zwei bis drei Kommata höher als c^2 gelegener Ton; hier war also zwischen arithmetischer und geometrischer Mitte ein Abstand von $1\frac{1}{2}$ Oktaven, während die Reihe von zwei Oktaven, über die sie nicht hinaus-

gingen, nur einen Abstand von einer großen Terz ergibt. Daß innerhalb zweier Oktaven die Beurteilung der Mitte vermittelt eines, um mich so auszudrücken, bloßen Kostens oder Schmeckens der Tonempfindung sich um eine Terz zu irren vermag, konnte jeder einigermaßen erfahrene Musiker vorher wissen. Ich halte dies für den größten Fehler, der bei den LORENZschen Untersuchungen begangen wurde, daß man solche Fälle vermied, bei denen die Unmöglichkeit der arithmetischen Mitte auffällig wurde.

Als eine weitere Fehlerquelle bei den LORENZschen Untersuchungen erscheint mir endlich noch der Umstand, daß die Beobachter durch die dauernde Gewöhnung an sehr kleine, durchschnittlich nur ein Komma betragende Tonunterschiede für die Aufmerksamkeit auf das Arithmetische künstlich erzogen wurden. Dies wäre kein Nachteil, sondern vielmehr, vom Standpunkte der Allseitigkeit und Gerechtigkeit, ein Vorteil gewesen, wenn sie das natürliche Gehör, den Intervallen-Sinn, in demselben Maße besessen hätten, so daß sie bei einer Reihe ihnen etwa auf dem Klavier angegebener Töne mit abgewandtem Gesichte schnell und sicher hätten angeben können, welche Intervalle das seien, eine Prüfung, wie man sie mitunter bei angehenden Musikern anstellt (etwa $c, g, e^1, a, f^1, as^1, d^2, e^1$ u. s. w., um Schwierigeres, z. B. $c, b, a^1, des^1, g^2, as$ u. s. w. zunächst auszuschließen). Kein Wunder, daß sie bei dieser Erziehung nun überall schon im kleinen Intervallen-Raume bei hoher Lage weite Distanzen witterten.

Nachdem ich also als Grundbedingungen für psychophysische Tondistanzbeobachtungen 1. eine möglichst große Reihe von Stimmgabeln mit Resonanzräumen, 2. musikalisch gediegene und wissenschaftlich gewöhnte Beobachter hinstellen mußte, so möchte ich noch schließlich auf einen Gesichtspunkt aufmerksam machen, der bei den Schätzungen mir der einzig maßgebende zu sein scheint.

Darüber, daß die Töne Schwingungen sind, ist der Empfindung nicht das Mindeste bekannt (höchstens die Erscheinungen des Zusammenklangs würden sich auf den unbewußten Rhythmus zurückführen lassen, und erst von diesem Standpunkt aus ist über Klangverwandtschaft zu sprechen); wer nicht physikalische Kenntnisse hat, weiß wohl, daß irgendwie im Raum eine Bewegung stattfindet, wenn Töne oder Geräusche

entstehen; aber daß das eigentliche Wesen des Tones in Schwingungen besteht, und daß die Tonhöhen vom Geschwindigkeitsgrade der Schwingungen abhängen, das bleibt der Sinnesempfindung vollständig verborgen. Dagegen ist die Empfindung sehr wohl im Stande, etwas anderes zu bemerken, was mit den Schwingungen und der Geschwindigkeit derselben zusammenhängt, ja sogar ihre bewirkende Ursache ist, nämlich die Gröfse der tönenden Körper, oder, um sofort den entscheidenden Punkt hervorzuheben, die Gröfse der tönenden Luftwelle, welche ganz dasselbe Verhältniß einhält, wie die Schwingungszahlen. Wenn die griechische Sprache den Gegensatz von tief und hoch durch die Worte des Schweren und Spitzen oder Scharfen bezeichnet, so hat sie dasjenige, was die Tonempfindung leicht beobachten und sich zum Bewußtsein bringen kann, noch anschaulicher in Worte verwandelt, als die deutsche mit den Ausdrücken des Tiefen und Hohen. Wie eine schwere Last wirken die tiefe Töne der Posaune oder Tuba auf uns ein, während die schrillen Töne der Piccoloflöte das Ohr zu zerschneiden drohen. Auf einen großen tönenden Körper und auf große tönenden Luftwellen deutet die Tiefe, auf einen kleinen und kleine Wellen die Höhe. Für die räumliche Beschaffenheit der erzeugenden Tonquelle ist also unser Ohr nicht unempfindlich, und hieran gewinnt es wieder einen Halt für eine nicht ganz im Dunkeln tappende Beurteilung von Tondistanzen, wenn es Tonintervalle nur ungenügend kennt oder von seiner erreichten Kenntniss zum Zweck vorurteilsloser wissenschaftlicher Untersuchungen zu abstrahieren genötigt ist. Es eignet sich aber mit dieser Aufmerksamkeit auf das Schwere, Massige, Volle und auf das Leichte, Dünne, Stechende im Ton nicht etwa wieder ein neues Vorurteil an; denn auf den Klang als solchen muß es doch, wenn es irgend etwas über Tondistanzen aussagen soll, scharf hinhören; es muß also die Grundeigenschaften des Klanges unterscheiden lernen. Dies ist also das Studium, das Jeder, der an psychophysischen Untersuchungen sich mit der Aussicht, etwas Verwendbares dazu beitragen zu können, mit allem Eifer vorher betreiben sollte: das Studium der Klangfarbe. Auch dies ist ein schwieriges Studium, und auch von dieser Seite her werden Musiker, namentlich Violinspieler und Sänger den Nichtmusikern in der Regel überlegen sein; da es aber bei den psychophysischen Untersuchungen

nicht auf die Feinheiten der Klangverschiedenheit, die bei bedeutenden Spielern und Sängern im Vordergrund steht, ankommt, so ist auch bei Nichtmusikern eine gewisse Ausbildung nach dieser Seite hin wohl als möglich anzunehmen. Man pflegt heute unter Klangfarbe nur dasjenige zu verstehen, was nicht einfacher Ton ist, sondern sich nach dem mathematischen Verhältnis, das zwischen einem Grundton und seinen Obertönen besteht, aus einer Reihe einfacher Töne zusammensetzt. Besser würde dies als Klangfarbenmischung oder in ähnlicher Weise bezeichnet; denn es verleitet zu dem Irrtum, als ob die Töne einer längeren Skala von Tönen, die in Bezug auf diese Mischung ganz gleichmäÙig gebildet sind, oder die Töne einer Skala von einfachen Tönen nicht ebenfalls bereits in der Klangfarbe von einander verschieden seien. Die Klangfarbe in ihrem einfachsten Gegensatz des Vollen, Mächtigen und des Kleinen, Spitzen haftet an Tiefe und Höhe als solcher, wie ich in meiner Abhandlung „Über den Begriff der Klangfarbe“ (Halle, Pfeffer, 1886) nachgewiesen zu haben glaube. Jeder, der gleich mir eine lange Skala von Stimmgabeln mit Resonanzräumen zu hören Gelegenheit hat, wird das zugeben oder wenigstens, wenn er die Abweichung von der heutigen durch HELMHOLTZ herrschend gewordenen wissenschaftlichen Terminologie vermeiden will, eine Bezeichnung, die dasselbe sagt, ersinnen müssen. Denn mit dem Unterschiede von Tiefe und Höhe ist der Unterschied im Klange, der Unterschied von größerer und geringerer Fülle etwa zwischen f^1 und f^2 in seiner ursprünglichen Wurzel identisch. Trotzdem aber und sogar eben vielmehr darum gewinnt f^1 , wenn es sich mit f^2 verbindet, einen helleren Klang, als es vorher hatte; das dunkle f^1 erhellt sich und klingt insofern auch etwas höher, sowie das hellere f^1 sich ihm zugesellt.

Ich besitze nun eine teils diatonisch teils chromatisch fortlaufende Tonleiter von Stimmgabeln mit Resonanzkasten für einen Umfang von viertehalb Oktaven. Die Tonleiter von f bis e^1 rührt von dem jüngeren, die von f^1 bis f^2 von dem älteren APPUN her, die letztere namentlich ist vorzüglich; von KÖNIG in Paris besitze ich c^2 bis c^3 in chromatischer Folge, mithin in temperierter Stimmung, c^3 bis c^4 diatonisch. Die höchsten dieser Stimmgabeln sind in dieser bestimmten Weise, d. h. mit genau abgestimmtem Resonanzkasten, zum ersten

Male vor drei Jahren für mich angefertigt worden. Da dieses Material wegen der relativen Freiheit von Obertönen und, weil es Beobachtungen über einen weiteren Umfang gestattet, besonders geeignet war für empirische Feststellungen in der Tondistanzfrage, so bot es mir die Veranlassung, in dieser Sache ebenfalls Untersuchungen anzustellen. Was ich gefunden habe, ist folgendes:

1. f^1 , g^1 , a^1 bei APPUN, c^2 , d^2 , e^2 bei KÖNIG. f^1 , g^1 , a^1 bei APPUN ist sehr gut gestimmt (mathematisch), g^1 ist arithmetische aber nicht geometrische Mitte, soll g^1 geometrische Mitte sein, so muß a^1 um ein Komma höher werden. Am Klavier ist dagegen die geometrische Mitte zwischen Tonika und Terz in der Sekunde gegeben, aber die Schwingungszahlen von Sekunde und Terz sowohl, als die Verhältniszahlen sind durch die temperierte Stimmung gefälscht. Bei KÖNIGS Stimmgabeln sind c^2 , d^2 , e^2 temperiert; das gleiche geometrische Verhältniß von $c^2:d^2$ und $d^2:e^2$ tritt deutlich hervor. Daß der einigermaßen Musikgebildete es leicht erkennt, daß $f^1:g^1$ und $g^1:a^1$ nicht dieselbe Distanz sind, sondern daß das letztere etwas kleiner ist, habe ich schon oben bemerkt und das entscheidende Zeugnis von JOACHIM, SPITTA und SCHULTZE dabei erwähnt. Der Unterschied aber zwischen arithmetischer und geometrischer Mitte ist in diesem Fall ein so verschwindend kleiner, daß ohne ein sicheres musikalisches Intervallengefühl wohl Niemand wird aussagen können, welcher von diesen beiden Tönen ihm die Klangempfindungsmitte besser zu vertreten scheint. Besitzt er aber dasselbe, so hat er gar keinen Zweifel über die Ungleichheit der arithmetischen Distanzen und weiß ganz genau, daß er beim genauen Nachsingen $f:g$ weiter, als $g:a$ nehmen muß. Im Prinzip ist schon dadurch die Distanzfrage entschieden.

2. c^2 , e^2 , g^2 und c^2 , es^2 , g^2 bei KÖNIG. Die geometrische Mitte zwischen c^2 und g^2 liegt zwischen es^2 und e^2 . Ich empfinde, daß es^2 weiter absteht von g^2 , als von c^2 und e^2 weiter ab von c^2 als von g^2 . Da aber die zweigestrichene Tonleiter bei KÖNIG temperiert ist, so könnte mich die zu hohe temperierte Terz täuschen. Jedenfalls sind aber arithmetische (e^2) und geometrische Mitte nur durch einen kleinen Viertelton von einander getrennt, und auch diese Entfernung ist noch zu gering, um dem bloßen Empfindungsurtheil einen sicheren Halt zu geben.

3. $f^1, c^2 f^2$ und f^1, b^1, f^2 bei APPUN. c^2, g^2, c^3 , ferner c^2, f^2, c^3 , endlich c^2, fis^2, c^3 bei KÖNIG. Dieser Fall ist von besonderer Bedeutung; denn die arithmetische und geometrische Mitte sind bereits um einen halben Ton auseinander, erreichen also das Gebiet der unserem Ohre geläufigen Tondifferenz; außerdem hat die temperierte Tonleiter die genaue geometrische Mitte in der übermäßigen Quarte als gegebenen Ton (die reine Tonleiter hat sie nicht, sondern sie liegt in dieser, wie bereits oben bemerkt wurde, zwischen übermäßiger Quarte und verminderter Quinte). Bei der APPUNschen Tonleiter höre ich nun $f^1:c^2$ größer als $c^2:f^2$ und $f^1:b^1$ kleiner als $b^1:f^2$. Eben so höre ich bei KÖNIG $c^2:g^2$ größer als $g^2:c^3$ und $c^2:f^2$ kleiner als $f^2:c^3$. Mit vollkommener Sicherheit aber erkenne ich $c^2: fis^2$ und $fis^2:c^3$ als gleich, mit solcher Sicherheit, daß ich selber erstaunt darüber bin, wie bestimmt ich das empfinde, sobald mir meine Apparate gestatten, mir die wirkliche geometrische Mitte in genauer Stimmung zur Wahrnehmung zu bringen.

4. c^2, g^2, d^3 bei KÖNIG. Ich erkenne g^2 als die Mitte, welche es geometrisch auch ist, aber nicht so genau, wie vorher fis^2 zwischen c^2 und c^3 . Die arithmetische Mitte würde ein etwas erhöhtes gis^2 sein; das temperirte gis^2 klingt mir daher nicht ganz falsch, aber doch immer noch dem d^3 etwas näher liegend, als dem c^2 .

5. $c^1, c^2, des^2, d^2, dis^2, e^2, c^3$ aus APPUNschen und KÖNIGschen Gabeln zusammengestellt, c^2, c^3, d^3, e^3, c^4 aus KÖNIGschen allein bestehend. e^2 oder e^3 erscheint mir nie als Mitte zwischen c^1 und c^3 oder c^2 und c^4 , allenfalls d^2 , am genauesten des^2 oder c^2 , zwischen denen ich in der That schwanken könnte, weil bei weiteren Entfernungen das bloße Empfindungsurteil hinsichtlich solcher kleinen Tonunterschiede immer unsicherer wird.

6. $c^1, e^2, f^2, fis^2, g^2, gis^2, a^2, b^2, h^2, c^3, d^3, c^4$ aus APPUN- und KÖNIGschen Gabeln zusammengestellt. Die geometrische Mitte liegt in diesen drei Oktaven bei temperierter Stimmung genau auf fis^2 , bei reiner zwischen fis^2 und ges^2 ; die arithmetische Mitte ist d^3 . Hier liegen also die geometrische und arithmetische Mitte um eine kleine Sexte auseinander. Ich würde nach meiner Empfindungsschätzung fis^2 , aber fast noch eher g^2 für die Mitte, würde es auch für möglich halten, daß a^2 als Mitte geschätzt würde; d^3 betrachte ich als ganz unmöglich.

7. $f, c^2, des^2, d^2, dis^2, e^2, f^2, fis^2, g^2, gis^2, a^2, b^2, h^2, c^3, d^3, c^4$

aus APPUN-KÖNIGSchen Gabeln zusammengestellt. Die arithmetische Mitte ist ein etwas erhöhtes des^3 , die geometrische liegt zwischen d^2 und dis^2 . Der Abstand zwischen f und c^3 (des^3 besitze ich nicht) ist ein soviel größerer, als der zwischen c^3 und c^4 , daß ich kaum glauben kann, daß irgend Jemand dieses c^3 für die Mitte halten oder sich wenigstens nicht durch Vergleichung mit h^2 , b^2 , a^2 u. s. w. anders belehren lassen würde. Andererseits muß ich aber gestehen, daß meiner Klangempfindung auch nicht d^2 oder dis^2 so recht als Mitte erscheinen will; ich würde fast mehr geneigt sein, e^2 oder f^2 für die Mitte zu halten und würde es auch nicht für befremdend halten, wenn ein in Gehörsbeurteilungen weniger Geübter sich für fis^2 , g^2 , gis^2 , allenfalls auch a^2 entschiede.

Ich habe nun noch eine Anzahl ähnlicher Beobachtungen gemacht, z. B. f mit h^3 , f mit a^3 oder g^3 , f^3 u. s. w., g mit c^4 , h^3 , a^3 u. s. w. verglichen, ohne aber zu anderen Resultaten zu kommen als dem eben ausgesprochenen, daß ich bei weiten Distanzen zwischen der geometrischen Mitte und den nächst gelegenen höheren Tönen schwanke. Für die arithmetische Mitte aber und die ihr zunächst gelegenen tieferen Töne hat sich noch Niemand, den ich darüber befragt, entschieden. Das Empfindungsurteil ist aber außerdem ein so unsicheres, selbst wenn man es dadurch zu schärfen sucht, daß man auf den Gegensatz der Klangfülle in der Tiefe und der Klarschärfe in der Höhe achtet, daß ein ausgezeichnete Musiker mir erklärte, er halte die ganze psychophysische Untersuchung über diesen Gegenstand für ein thörichtes, in sich haltloses Unternehmen. Ich stimme ihm darin nicht bei, erwähne es aber, um darauf hinzuweisen, daß die Resultate, sobald man in besondere Feinheiten einzudringen unternimmt, sehr zweifelhaft sind; über die großen Umrisse der Angelegenheit ist es aber wohl möglich zur Klarheit zu kommen. Noch eine andere Beobachtung, die ich anstellte, will ich mitteilen. Ich verglich f mit f^1 , f^1 mit f^2 , f^2 mit f^3 , konnte aber keine Ungleichheiten der Oktavdistanzen dabei entdecken. Dagegen schien es mir mitunter, aber nicht immer, daß $c^2:c^3$ einen etwas weiteren Raum einnehme, als $c^3:c^4$. Ferner versuchte ich an meiner zweigestrichenen chromatischen temperierten, also genau geometrisch gestimmten Stimmgabeltonleiter, ob ich einen Unterschied von Halbton zu Halbton entdecken könnte; es ist mir aber nicht gelungen.

Ich will ferner noch auf eine bei mir dadurch eintretende Schwierigkeit aufmerksam machen, daß ich in jedem einzelnen Beobachtungsfall genau vorher weiß, wo die geometrische und wo die arithmetische Mitte liegt. Dies hat aber bei mir die umgekehrte Wirkung als die zunächstliegende es sein würde; indem ich nämlich ernstlich bestrebt bin, meine Gegner nicht zu übervorteilen und schon solche Töne als mögliche Mitte gelten zu lassen, bei denen ich mir vorstellen kann, daß auch Jemand, der irgendwie ein annähernd richtiges Urtheil über Klangverhältnisse hat, sie dafür halten würde. Bei mir selber kann, wenn ich mich ernstlich befrage, der Zweifel sich nur auf zwei bis drei Halbtöne beziehen. Um so wichtiger war es mir, daß ich nun schließlic auch noch zwei vorzüglich geeignete Beobachter in meine Untersuchung hineinziehen konnte, den Professor TRENDELENBURG, den ausgezeichneten Archäologen, der aber zugleich ein höchst begabter und durchgebildeter Musiker ist, und den Professor URBAN, einen hervorragenden Komponisten und vorzüglichlichen Kompositionslehrer. TRENDELENBURG empfand in allen Fällen ganz ähnlich, wie ich, obschon er gar nichts darüber wußte, wo in jedem Fall die geometrische und wo die arithmetische Mitte lag. URBAN erschien erst, während wir bereits mit der Prüfung der weitesten Distanz von f bis c^4 und in dieser bis etwa gis^2 oder g^2 angekommen waren. Bis dahin hatte TRENDELENBURG noch kaum zu schwanken begonnen und ich bat nun URBAN, der von mir nur das Allgemeine über die ganze Streitfrage erfahren hatte, sofort weiter daran teilzunehmen. Bei fis^2 , f^2 , e^2 trat etwas sorgfältigere Überlegung ein und zwar von Ton zu Ton; bei dis^2 glaubte T. zuerst die Mitte schon gefunden zu haben; als aber URBAN meinte, der Ton sei noch etwas zu hoch, bat er weiter fortzufahren. Nun hielten zunächst Beide den Ton d^2 für die Mitte, URBAN aber fügte sofort hinzu, dieser sei etwas zu tief, und auch T. stimmte bei. Und das war genau das Richtige, denn die geometrische Mitte zwischen f und c^4 liegt eben zwischen d^2 und dis^2 . Die ganze Untersuchung seit dem Hinzutritt URBANS dauerte nur ein paar Minuten. Daß das Intervallurtheil URBAN dabei geleitet hätte, ist sehr unwahrscheinlich, schon darum, weil mein f um ein Weniges zu hoch und mein c^4 um ein Weniges zu tief ist; ich bin eher geneigt, diese außerordentliche Sicherheit damit zu erklären, daß URBAN,

ursprünglich Violinspieler, gleich allen Violinspielern mit Klangverhältnissen besonders vertraut ist. Er hat sich mir auch bereits in früherer Zeit — bei einer Prüfung kleinster Tondifferenzen — durch eine überraschend sichere Feinheit des Gehörs bewährt. Dies also sind die Resultate, zu denen ich bisher mit meinen Stimmgabeln gekommen bin.

Als eine bestimmtere mögliche Erklärung für die Neigung namentlich bei weiteren Distanzen nicht die geometrische Mitte, sondern einen etwas höheren Ton für die Mitte zu halten, bietet sich nun die durch die Beobachtungen von PREYER, STUMPF, LUFT u. A. gewonnene Erfahrung dar, daß unser Tonnervensystem in den verschiedenen Oktaven in Bezug auf den uns verliehenen Tonreichtum verschieden ausgestattet ist. Die Resultate sind noch nicht zuverlässig genug, als daß es angemessen wäre, systematisch auf ihnen weiter zu bauen. Wenn wir indes unsere allgemeine musikalische Erfahrung zu Rate ziehen, so würden wir ebenfalls, wie es die exakte Forschung zu bestätigen scheint, die Gegend von der Mitte der eingestrichenen bis zu der Mitte der dreigestrichenen für die begünstigte Tonregion halten dürfen, innerhalb deren wir die meisten Töne hervorzubringen und zu vernehmen fähig sind. Insbesondere möchte ich auf die auch von Professor SCHULZE, dem vorzüglichen, scharf beobachtenden Gesangslehrer mir bestätigte Erfahrung aufmerksam machen, daß Soprane sehr oft die Neigung haben, innerhalb der zweigestrichenen Oktave bei chromatischen Tonleitern mehr als 12, mitunter 16 Töne zu singen und zwar mit deutlich gesonderten, ziemlich gleichmäßigen Schritten, ja überhaupt die Halbtöne etwas enger zu nehmen, eine Neigung, die bei tiefen Bässen gewiß nicht so leicht vorhanden sein wird. Überhaupt aber herrschen in der Musik in tiefer Lage die weiten Schritte vor, erst in der ein- und zweigestrichenen Oktave tritt das Passagenwesen in ausgedehntem Maße auf, in der dreigestrichenen Oktave beginnt es dagegen allmählich wieder zu verschwinden. In erster Linie mag man wohl die Beschaffenheit des tönenden Materials als die Ursache davon betrachten; es ist aber nicht ausgeschlossen, daß dieselbe Beschaffenheit auch an dem Tonnervensystem haftet.

Ich möchte indes nicht so weit gehen, daß ich mit Bestimmtheit die erwähnte Eigentümlichkeit des Gehörs für die

notwendige Ursache erklärte, daß unser Klanggefühl bei weiten Distanzen der geometrischen Mitte nicht ganz treu bleibt; denn es bleiben außerdem noch die allgemeine Unsicherheit einer mit musikalischen Intervallen nicht vertrauten oder von der Gewöhnung daran absichtlich abstrahierenden Empfindung und das Behaftetsein der Tonquellen mit Obertönen, das auch bei Stimmgabeln, namentlich in tieferer Lage nicht ganz ausgeschlossen ist, zur Erklärung übrig. Immerhin aber würde es erklärlich sein, daß uns etwa der Raum zwischen c und c^1 , zwischen c^1 und c^2 , zwischen c^2 und c^3 etwas weiter scheint, als zwischen C und c , zwischen c^3 und c^4 , c^4 und c^5 , weil er — für uns — innerlich reicher ist. Es wäre das zwar eine Verwechselung, insofern wir einen ausgefüllteren Umfang, ob schon als Umfang gleich, für größer halten würden, als den leereren Umfang, also eine empirische Täuschung; aber es handelt sich ja auch nur darum, diese empirische Täuschung zu erklären durch die dunkle Empfindung, daß wir innerhalb der begünstigten Oktaven eine größere Zahl von Tonschritten zurückzulegen fähig sind, als innerhalb der weniger begünstigten.

Zum vollständigen Abschluß würde diese Frage nur gebracht werden können, wenn auch von der Klangverwandtschaft in diesem Zusammenhange die Rede wäre. Ich beschränke mich, was diesen Punkt betrifft, nur das Eine hervorzuheben, daß die Klangverwandtschaft, d. h. der Intervallensinn im melodischen Nacheinander durchaus nicht zu derselben Feinheit und Zuverlässigkeit des Hörens führt, wie im Zusammenklang. Gegen diejenige Begründung des arithmetischen Unterschiedes, welche LORENZ und WUNDT von diesem Gesichtspunkt aus unternehmen, würde ich erhebliche Einwendungen zu machen haben. Als Beweis diene zunächst die Erfahrung, die ich an meinem 36stufigen APPUNschen Harmonium gemacht habe, daß die pythagoräische Terz in der unbegleiteten Tonleiter einen viel weniger störenden Eindruck macht, als im Zusammenklang, während die annähernd (nur um den kleinen Bruchteil eines Kommas zu tiefe) reine Terz im Zusammenklang vorzüglich ist, aber in der Melodie mich ebenfalls etwas stört. Die musikalischen Intervalle sind nicht identisch mit dem geometrischen Verhältnis, beruhen aber auf ihm, als eine zu bestimmten Zwecken getroffene Auswahl aus den unendlichen Möglich-

keiten desselben; zu durchgreifender Herrschaft gelangen sie aber erst in der harmonischen Musik, und auch darin liegt ein die Distanzuntersuchungen erschwerendes Moment; denn wenn wir zwei oder drei Töne zusammenklingen lassen, können wir die einzelnen Töne nicht so genau unterscheiden, wie es die Prüfung verlangt; lassen wir sie nacheinander erklingen, so büßt wieder der Sinn für das geometrische Verhältniß etwas von seiner im Zusammenklang hervortretenden Schärfe ein.
