

(Aus dem Psychologischen Institut der Universität Berlin.)

Über die Unterschiedsempfindlichkeit für gleichzeitige Töne.

Von

KARL L. SCHAEFER und ALFRED GUTTMANN.

Während die Schwelle der qualitativen Unterscheidung unmittelbar aufeinander folgender Töne wiederholt Gegenstand gründlicher Untersuchungen gewesen ist, liegen bezüglich der Unterschiedsempfindlichkeit für gleichzeitige Töne bis jetzt nur vereinzelte Versuche vor. Erwähnenswert ist in dieser Hinsicht zunächst eine Bemerkung von BOSANQUET.¹ Derselbe benutzte sein bekanntes Harmonium auch zu Beobachtungen über die Grenze, an welcher man nicht zu entscheiden vermag, ob die beiden Töne eines Zweiklangs neben ihren Schwebungen getrennt hörbar sind, oder ob es sich um einen unreinen Einklang handelt, und gibt an, daß dieses „kritische Intervall“, wie er es nennt, in der mittleren Region der musikalischen Skala ungefähr zwei Kommas betrage, jedoch individuell etwas verschieden sei. Jedenfalls liege es aber zwischen einem und drei Kommas. Hiernach müßten zwei Töne aus der Mitte der eingestrichenen Oktave, die beim Zusammenklang von einander unterschieden werden sollen, mindestens um circa 10 Schwingungen differieren. BOSANQUET selbst hat keine zahlenmäßigen Belege für das Resultat seiner Versuche, die sich übrigens, wie es scheint, nur auf zwei Personen erstreckten, beigebracht.

Auch STUMPF hat sich bereits in seiner Tonpsychologie²

¹ On the Beats of Consonances of the Form $h:1$. *Philos. Magaz.* (5), 11, S. 420 u. 421. 1881.

² Bd. II, S. 321 ff. 1890.

mit unserem Thema beschäftigt. Er führt an, daß er gelegentlich die Terz CE der Orgel bei einer Intervallweite von 16 Schwingungen schon im ersten Moment des Hörens als Zweiklang erkannt habe, während A_1 und C oder F_1 und A_1 (mit einer Differenz von 11 Schwingungen) bei gleichzeitigem Erklängen nicht mehr auseinander zu halten waren. Ferner teilt er einige Versuche mit, aus denen hervorgeht, daß die absolute Unterschiedsempfindlichkeit für gleichzeitige Töne mit deren Höhe abnimmt, wenn die Tonquellen an beide Ohren verteilt werden. Wir wollen indessen auf diesen Punkt nicht näher eingehen, da im Folgenden stets nur von solchen Fällen die Rede sein soll, in denen die beiden Töne zusammen entweder von jedem Ohre oder vorwiegend monotonisch gehört werden.

Endlich ist hier noch der sorgfältigen Stimmgabelversuche FELIX KRUEGERS über Zweiklänge¹ zu gedenken, deren Beschreibung auch über die Frage Auskunft gibt, bei welchem Intervall der Zweiklang als solcher vom Einklang eben unterscheidbar ist. Allerdings hat KRUEGER nur drei verschiedene Tonhöhen genauer untersucht, nämlich c^1 , c^2 und c^3 . Der Zusammenklang zweier Töne, von denen der eine 256, der andere 264 Schwingungen machte, wurde von allen Beobachtern immer als ein Ton aufgefaßt. Bei dem Zweiklang $256 + 268$ begann für drei der Hörer eine verschwommene Zweiheit eben merklich zu werden; ein vierter konstatierte erst bei $+ 284$ eine „Spur von Zweiheit“. „Von $+ 280$ ($+ 284$, B_l) ab hatten alle Beobachter stets den Eindruck der gestörten Einheit oder der Zwiespältigkeit, der mehr oder weniger deutlichen Tonmehrheit. Diese Mehrheit war zunächst, bis etwa $+ 284$, nur sukzessive wahrnehmbar. Wo es in dieser Gegend zeitweise gelang, zwei Töne nebeneinander zu hören, wurde das Urteil erheblich sicherer, wenn die Aufmerksamkeit sich den beiden Tönen einzeln nacheinander zuwandte.... Von $+ 300$ an waren beide Primärtöne stets deutlich nebeneinander zu hören.“ Die Versuchsergebnisse der c^2 -Oktave hat KRUEGER am ausführlichsten mitgeteilt. Aus der dieselben enthaltenden Tabelle III folgt, daß der Mitarbeiter V. bei 16 Schwingungen Distanz ($512 + 528$) schon die Primärtöne trennen konnte. Zwei andere vermochten dies und zwar mit Mühe erst bei $+ 532$, ein vierter erst bei $+ 544$, während für

¹ *Philos. Stud.* 16 (3 u. 4). 1900.

V. die Zweiheit bereits bei $+ 536$ unzweifelhaft war. In der Gegend des c^3 ($= 1024$) fand KRUEGER das erste Auftreten einer noch unsicheren Zweiheit wiederum bei 16 Schwingungen Intervallweite, und lag der Übergang zur deutlichen Zweiheit bei $+ 1080$.

Mit Rücksicht darauf, daß das bis jetzt gesammelte Versuchsmaterial doch nur recht dürftig ist im Verhältnis zu dem Interesse, welches die Frage nach der Unterschiedsempfindlichkeit für gleichzeitige Töne nicht nur vom psychophysiologischen sondern auch vom musikalischen Standpunkt aus verdient, erschien es uns gerechtfertigt, den Gegenstand nochmals einer besonderen, systematisch angelegten Untersuchung zu unterziehen.

Bei den ersten, mehr der vorläufigen Orientierung dienenden Beobachtungen, zu denen wir EDELMANNSche Laufgewichtsgabeln benutzten, erhielten wir für g^1 , d^2 und g^2 ungefähr 12 bis 15 Schwingungen als Minimum der Tonhöhendifferenz, bei welcher die Zweiheit eben erkennbar wird. Dabei erwies sich aber das rasche, ungleichmäßige Verklingen der Töne und die Schwierigkeit, die Gabeln immer gleich stark anzuschlagen, als recht störend, so daß wir es für zweckmäßiger erachteten, durch Anblasen erzeugte Töne zu verwenden, deren Stärke sich in genügendem Grade gleichmachen und beliebig lange gleich erhalten läßt.

Dem Beispiele BOSANQUETS folgend, gingen wir daher zur Benutzung schwingender Metallzungen über und stellten die nächsten Versuchsreihen an zwei Exemplaren des APPUNNSchen Tonmessers an. Mittels des einen kann man, teils von 2 zu 2, teils von 3 zu 3 Schwingungen fortschreitend, die Töne zwischen 400 und 600 Schwingungen zu Gehör bringen; der andere enthält mit Zwischenräumen von je 5 Schwingungen die Töne von 600 bis 800. Unsere Versuche ergaben ziemlich genau übereinstimmend für die Tonhöhen 400, 500, 600, 700 und 800, daß die Zweiheit bei einem Tonhöhenunterschied von etwa 10 bis 15 Schwingungen merklich ward, während bis zu 8 Schwingungen Differenz der Zweiklang durchweg als Einklang erschien. Dabei zeigte sich eine Abnahme der absoluten Unterschiedsempfindlichkeit mit dem Wachsen der Schwingungszahlen, die aber sehr unbedeutend war und auf die wir auch insofern kein besonderes Gewicht legen möchten, als die Versuche nur gering an Zahl

und nur mit zwei Personen ausgeführt sind. Zudem befanden sich die Beobachter in demselben Raume wie die Tonquellen, was zu Ungenauigkeiten führen kann, weil der Klangcharakter sich dabei häufig mit der Stellung oder Kopfhaltung des Hörers verändert und auch nicht immer für beide Ohren ganz der gleiche ist. Zwei weitere Übelstände entstanden daraus, daßs das den Zungen eigene Schwirren der Obertonschwebungen als störend empfunden wurde und daßs beim Fortschreiten von einem Intervall zum nächst größeren oder engeren keine kleineren Schritte als solche im Betrage von 2 bis 5 Schwingungen möglich waren. Auch bei den Intervallen BOSANQUETS, die um mindestens ein Komma differierten, war der Größenunterschied für ganz exakte Versuche nicht hinreichend gering, und das Nämliche gilt von den Beobachtungen KRUEGERS, dessen Intervalle in der zweigestrichenen Oktave immer um je vier Schwingungen, in der c^3 -Region sogar um je acht wuchsen. Denn wenn, um ein Beispiel anzuführen, KRUEGER seinen Mitarbeitern nur die Intervalle $512 + 516$, $512 + 520$, $512 + 524$ u. s. w. vorlegte — was zwar für seine Zwecke vollauf genügte — und zuerst bei $512 + 528$ ein Zweiheitsurteil erhielt, so bleibt die Möglichkeit, daßs bei engerer Intervallfolge vielleicht schon $512 + 526$ als Zweiheitsgrenze aufgefaßt worden wäre.

Aus den angegebenen Gründen verzichteten wir auf die Ausführung größerer Serien von Beobachtungen mittels der Zungenkasten und bedienten uns zu den nunmehr zu erörternden Hauptversuchen des kürzlich in dieser Zeitschrift¹ beschriebenen STERNschen Tonvariators. Derselbe ermöglichte es uns, in bequemster Weise die erforderlichen Intervalle herzustellen, und seine Töne haben den großen Vorzug einer weichen Klangfarbe und gleichmäßigen Stärke. Allerdings bringt es die Konstruktion des Instrumentes mit sich, daßs einige Töne von einem sehr deutlichen Blasegeräusch begleitet werden, doch gelang es stets, nötigenfalls durch Anwendung einfacher Kunstgriffe, einen störenden Einfluß desselben zu verhüten. Wir untersuchten mit dem Apparat sukzessive die Tonhöhen von 300, 400, 600, 800, 1000 und 1200 Schwingungen. Für 300 und 1200 mußte der Tonvariator mit der STUMPF-MEYERSchen Flaschenorgel, deren Klangfarbe und -stärke mit der des Ton-

¹ 30, S. 422 ff.

variators übereinstimmt, kombiniert werden; im übrigen wurden immer zwei STERNSche Flaschen zusammen als Tonquellen benutzt.

Der Verlauf einer einzelnen Beobachtungsreihe pflegte der folgende zu sein. Ein Flaschenpaar wurde mit Hilfe einer Stimmgabel auf die zu untersuchende Tonhöhe gebracht und unison gestimmt, worauf die Versuchsperson im Beobachtungszimmer an der Schallleitungsröhre, die durch einen zweiten Raum hindurch in den Instrumentensaal führte, Platz nahm. Um möglichste Gleichmäßigkeit der physikalischen Bedingungen für alle Versuche zu erzielen, war anfänglich die Verabredung getroffen, das Ohr dicht an die Mündung des Leitungsrohres zu legen. Es ergab sich aber bald, daß dies die Klanganalyse merklich erschwerte, weshalb später immer ein gewisser kleiner Zwischenraum zwischen Ohr und Röhre gelassen wurde. Dem Beobachter ward zuerst das Unisono der Töne zu Gehör gebracht und hierauf, wenn das Fehlen von Schwebungen bestätigt war, die eine Flasche, während die andere dauernd konstant blieb, durch eine 5 oder 10 Grad betragende Drehung ihrer Kurbelscheibe um ungefähr eine bis zwei Schwingungen verstimmt. Hatte der Hörer sein Urteil über die Einzelheiten des so veränderten Klanges abgegeben — es geschah dies in ganz ähnlicher Weise wie in den Versuchen KRUEGERS — so wurde das Intervall wieder um einen geringen Betrag verändert und so fortgefahren, bis eine genügende Menge von Intervallen zwischen dem Unisono und der Zweihetitsgrenze durchgeprüft war. Hinsichtlich der Zahl, Größe und Reihenfolge der einzelnen Intervalle wurde absichtlich keine bestimmte Regel inne gehalten, um den Beobachter an etwaigen Schlusfolgerungen aus der bloßen Anordnung der Versuche möglichst zu hindern. Ein völlig unwissentliches Verfahren ist freilich insofern ausgeschlossen, als jeder Geübte die Tondistanzen bis zu einem gewissen Grade nach der Frequenz der Schwebungen zu beurteilen vermag. Indessen kommt hier auch wieder in Betracht, daß die Versuchspersonen im Interesse des Heraushörens der Teiltöne aus dem Zweiklang stets bemüht waren, von den Schwebungen zu abstrahieren. Daß dies ziemlich leicht gelingt, hat bereits STUMPF in seiner Tonpsychologie¹ angegeben und wir können es bestätigen.

¹ Bd. II, S. 162.

Über die verschiedenen, zum Teil sehr interessanten Angaben inbetreff des Zwischentones, der Schwebungen, der optischen Assoziationen u. s. w. soll an dieser Stelle nicht berichtet werden. Hier kommt es nur darauf an festzustellen, wann der Zweiklang, wenn sein Intervall vom Unisono ausgehend sich kontinuierlich von Schwingung zu Schwingung vergrößert, eben anfängt, aus einem schwebenden, aber reinen Einklang in einen unreinen überzugehen; wann diese Unreinheit völlig deutlich wird; wann es zuerst gelingt, mit angespanntester Aufmerksamkeit die beiden Teiltöne getrennt zu hören, und wann schließlich die Zweiheit so klar zum Ausdruck kommt, daß sie sich von selbst dem Bewußtsein aufdrängt. Die Beobachter hatten die Aufgabe, vor allen Dingen diese vier Grenzen zu bestimmen, und charakterisierten dieselben meist durch Äußerungen wie: „Rein“; „Spur von Unreinheit“, „Leicht unrein“; „Deutlich unrein“, „Abscheulich unrein“; „Beginnende Zweiheit“, „Die Töne sind bei wandernder Aufmerksamkeit trennbar“, „Die Töne blitzen abwechselnd auf“; „Deutliche Zweiheit“, „Die Töne fließen getrennt nebeneinander hin“.

Die Beobachtung jedes einzelnen Intervalles währte etwa eine halbe Minute, während welcher Dauer die Töne von dem Blasebalge mit genügend konstantem Druck unterhalten wurden. Nach Verlauf dieser Zeit stellte der Versuchsleiter die beiden Töne gleichzeitig ab — es ist für die Exaktheit solcher Versuche wesentlich, daß die Töne stets präzise zusammen einsetzen und aufhören — und nahm durch die Schallröhre, die sich sehr gut zur gegenseitigen Verständigung eignete, die Aussagen des Hörenden entgegen, um sie zugleich mit der an der Kurbelscheibe der veränderlichen Flasche abgelesenen, die Einstellung der letzteren genau bezeichnenden Gradzahl ins Protokoll einzutragen. Am Schlusse jeder Versuchsreihe mußten diese Gradziffern in die entsprechenden Schwingungszahlen umgewandelt werden. Hierzu kann man sich der auf den Scheiben des STERNschen Apparates eingetragenen Aichungsdaten bedienen, mit deren Hilfe sich in einfacher Weise berechnen läßt, um wie viel Schwingungen der Ton durch jede Drehung erhöht oder vertieft wird. Da jedoch der Tonvariator in dieser Beziehung nicht frei von Ungenauigkeiten ist, obwohl er sonst sicherlich eine wertvolle Bereicherung des akustischen Instrumentariums darstellt, so haben wir die Intervallweiten, auf die es besonders ankam,

auch noch durch Auszählen der Schwebungen oder direktes Vergleichen der Primärtöne mit anderen Tönen von genau bekannter Höhe kontrolliert.

Als Beobachter fungierten außer uns selbst Herr Geheimrat STUMPF und Herr Dr. v. HORNBOSTEL. Beiden Herren, von denen der letztere uns zugleich bei der Leitung der Versuche und den Schwebungszählungen mit größter Bereitwilligkeit unterstützte, sprechen wir auch an dieser Stelle unseren ergebensten Dank aus. Alle vier Versuchspersonen, von denen ST., G. und v. H. sehr musikalisch, ST. und SCH. in psychophysischen, namentlich akustischen, Beobachtungen seit vielen Jahren geübt sind, haben im allgemeinen die in Frage kommenden Grenzen ziemlich präzise festzustellen vermocht. Daß die Zahlen, die wir von einem und demselben Beobachter für dieselbe Grenze zu verschiedenen Zeiten erhielten, nicht absolut genau übereinstimmten, sondern häufig innerhalb einer Breite von einigen Schwingungen differierten, ist nicht verwunderlich, da das Aufsuchen des Punktes, wo die Unreinheit beziehungsweise Zweiheit merklich wird, eben eine Schwellenbeobachtung und der Übergang zwischen beginnender und deutlicher Unreinheit oder Zweiheit ein stetiger ist. Wir haben daher in jedem Falle einen mittleren Zwischenwert als den richtigen angenommen.

Diese Mittelwerte sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Dieselben sollen eine Übersicht über die Schwingungszahldifferenzen geben, bei denen die Unreinheit resp. Zweiheit für die einzelnen Beobachter und Abschnitte der Tonskala begann, beziehungsweise deutlich wurde. Die die Tonregion von 90 und 150 Schwingungen betreffenden Grenzwerte beziehen sich auf Versuche mit EDELMANNSchen Stimmgabeln. Wir waren genötigt, auf diese zurückzugreifen, weil es trotz vieler Mühe nicht gelingen wollte, Flaschen in so tiefer Tonlage zu hinreichend lautem, geräuschfreiem und gleichmäßigem Ansprechen zu bringen. Es wurde aber, wie wohl kaum besonders betont zu werden braucht, mit größter Sorgfalt darauf geachtet, daß die Gabeltöne stets mit gleicher Stärke und zu gleicher Zeit im Beobachtungsraume gehört wurden.

Tabelle I.
Beobachter St.

| Tonregion | 90 | 150 | 300 | 400 | 600 | 800 | 1000 | 1200 |
|-----------------------|----|------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Beginnende Unreinheit | 10 | 5 | 4 | 8 | 8,5 | 6,5 | 9 | 8 |
| Deutliche Unreinheit | 15 | 10 | 5 | 9 | 10 | 8 | 13 | 10 |
| Beginnende Zweiheit | 20 | 12,5 | 8 | 10 | 13 | 12 | 17 | 12 |
| Deutliche Zweiheit | 20 | 20 | 15 | 11 | 15 | 16 | 17 | 17 |

Tabelle II.
Beobachter Sch.

| Tonregion | 90 | 150 | 300 | 400 | 600 | 800 | 1000 | 1200 |
|-----------------------|----|-----|------|-----|-----|-----|------|-------|
| Beginnende Unreinheit | 15 | 7 | 7 | 4 | 5 | 7 | 7 | 10 |
| Deutliche Unreinheit | 20 | 10 | 9 | 7,5 | 10 | 9 | 9 | 13 |
| Beginnende Zweiheit | 20 | 20 | 11 | 9 | 16 | 13 | 15 | 15 |
| Deutliche Zweiheit | 30 | 25 | 11,5 | 10 | * | 19 | 19 | ca.20 |

Tabelle III.
Beobachter G.

| Tonregion | 90 | 150 | 300 | 400 | 600 | 800 | 1000 | 1200 |
|-----------------------|----|------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Beginnende Unreinheit | 10 | 10 | 3 | 4 | 7 | 6 | 9 | 13 |
| Deutliche Unreinheit | 15 | 10 | 5 | 6 | 7,5 | 7,5 | 11 | 15 |
| Beginnende Zweiheit | 20 | 13 | 9 | 9 | 9 | 9 | 15 | 17,5 |
| Deutliche Zweiheit | 23 | 17,5 | 15 | 10 | 11 | 9 | 16 | 21 |

Tabelle IV.
Beobachter v. H.

| Tonregion | 90 | 150 | 300 | 400 | 600 | 800 | 1000 | 1200 |
|-----------------------|----|-----|-----|------|-----|-----|------|------|
| Beginnende Unreinheit | 10 | 5 | 6 | 8 | 8 | 7 | 7 | 6 |
| Deutliche Unreinheit | 15 | 10 | 7 | 10,5 | 9 | 7,5 | 9 | 7 |
| Beginnende Zweiheit | 22 | 17 | 10 | 12,5 | 14 | 8 | 10 | 10 |
| Deutliche Zweiheit | 28 | 30 | 11 | 14 | * | 10 | 12,5 | 12 |

Anmerkung: An den mit * bezeichneten Stellen liefs sich wegen erheblicherer Urteilstschwankungen kein bestimmter Zahlenwert angeben.

Zu der Tabelle I ist zu bemerken, dafs bezüglich der Kolumne 1000 im ganzen drei Versuchsreihen vorliegen. Die beiden letzten derselben ergeben fast übereinstimmend die hier angegebenen Werte. Die Zahlen der ersten, mit der überhaupt die Mitwirkung dieses Beobachters an der Untersuchung begann, waren mehr als doppelt so hoch. Es handelte sich offenbar um eine rasch zunehmende Übung, die aber wohl mehr als eine Ge-

wöhnung an die Versuchsumstände denn als eine Steigerung der eigentlichen Unterschiedsempfindlichkeit aufzufassen sein dürfte. Bei SCH. zeigte sich ein ganz ähnliches Verhalten, dagegen war bei G. und v. H. von einer Übung so gut wie nichts zu konstatieren. Die ersten zur Einübung nötigen Versuchsreihen SCH.s sind ebensowenig wie die ST.s in den Tabellen berücksichtigt. Letztere sollen eben nur die für bestens geübte, mit Tönen in jeder Beziehung wohl vertraute Beobachter durchschnittlich gültigen Schwellenwerte darstellen.

In Anbetracht dessen, daß es sich um Schwellenbeobachtungen unter besonders schwierigen Umständen handelt, die manchen sogar zu der Behauptung führten, es sei hier jede experimentelle Untersuchung ausgeschlossen, stimmen die — aus mehr als 800 Einzelversuchen gewonnenen — Resultate unserer Versuchspersonen sowohl untereinander als auch mit den Angaben von BOSANQUET, STUMPF und KRÜGER im ganzen gut überein. Besonders die Tabellen I und III zeigen ein übersichtliches und gleichmäßiges Verhalten, das als maßgebend für die Schlüsse gelten darf.

Als erstes Ergebnis springt in die Augen, daß die absolute Unterschiedsempfindlichkeit für gleichzeitige Töne erheblich geringer ist als für aufeinanderfolgende. Daß STUMPF bei diotischer Verteilung der Tonquellen eine viel stärkere Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit mit wachsender Tonhöhe gefunden hat als wir, beruht wohl auf den zwischen monotischem und diotischem Hören bestehenden psychophysiologischen Unterschieden. Betrachten wir die Zahlen unserer Tabellen im einzelnen, so zeigt sich, daß die Zweiheitsgrenze in dem mittleren Teile der musikalischen Skala bei einer Tonhöhendifferenz von etwa 10 bis 20 Schwingungen liegt. In der eingestrichenen Oktave scheint die Unterschiedsempfindlichkeit am größten zu sein, wozu auch die Aussagen G.s und SCH.s, daß sie in dieser Region ihre Urteile mit besonderer Leichtigkeit und Sicherheit hätten abgeben können, stimmen würden. Nach der Tiefe zu findet jedenfalls ein deutliches Steigen der Schwelle statt. G. und v. H. haben auch noch einige Versuchsreihen mit Gabeln in der Höhe zwischen 50 und 90 Schwingungen angestellt, wobei sie einen Schwellenwert von 20 bis 30 Schwingungen fanden, doch waren die Beobachtungen wegen der Schwäche der Töne schwierig und sind einstweilen nicht weiter verfolgt worden. Von der eingestrichenen

Oktave bis zum d^3 zeigt die Unterschiedsempfindlichkeit eine gewisse, wenn auch nicht sehr ausgesprochene, Tendenz zur Abnahme, wie sie ja auch bei den früher erwähnten Versuchen am APPUNNSchen Tonmesser zu Tage trat. Weiter aufwärts muß diese Abnahme sich rasch vergrößern, denn Gabel-Zweiklänge aus der oberen Hälfte der vier- und dem Anfange der fünfgestrichenen Oktave wie $3200 + 3840$, $3840 + 4000$, $4000 + 4800$, bei denen die Differenz der Schwingungszahlen in die Hunderte geht, erscheinen durchaus als ein Ton; die beiden Teiltöne sind nicht zu trennen, trotzdem ihr Zusammenwirken sich dem Ohre dadurch dokumentiert, daß der Differenzton deutlich gehört wird.

Bekanntlich ist die absolute Unterschiedsempfindlichkeit für aufeinanderfolgende Töne in der Mitte des Tonreiches am größten und nahezu konstant, während sie in der Höhe und Tiefe umsomehr abnimmt, je mehr man sich den Grenzen der Skala nähert. Aus unseren Beobachtungen folgt also als wichtigstes Ergebnis, daß die absolute Unterschiedsempfindlichkeit für gleichzeitige Töne zwar nicht hinsichtlich ihrer Feinheit, wohl aber hinsichtlich ihrer Veränderungen in den verschiedenen Tonregionen ein ganz ähnliches Verhalten zeigt wie die für aufeinanderfolgende. Besonders instruktiv dürfte es in dieser Beziehung sein, die nachstehende Tabelle MAX MEYERS¹ für aufeinanderfolgende Töne zu vergleichen, da sie von derselben Versuchsperson stammt wie unsere Tabelle I.

| Ver- stimmung | 100 | 200 | 400 | 600 | 1200 |
|------------------|-----|-----|-----|-----|------|
| 0,35 | 71 | 83 | 80 | 84 | 67 |
| 0,65 | 74 | 91 | 92 | 90 | 70 |

Die Zahlen der obersten Horizontalreihe geben hierbei die Tonhöhenlage der Versuchsgabeln an. Die Ziffern der ersten Vertikalreihe bezeichnen die Schwingungszahldifferenz der jeweils zu vergleichenden beiden Töne und die übrigen Rubriken enthalten in Prozentzahlen ausgedrückt die richtigen Urteile über die Frage, welcher von beiden Tönen der höhere war.

In musikalischer Hinsicht ist vielleicht noch die folgende kleine Tabelle von Interesse, aus welcher hervorgeht, daß selbst in der kleinen Oktave gleichzeitige Töne vom Intervall einer Sekunde, mehr nach der Tiefe zu aber sogar Intervalle von der

¹ Diese Zeitschrift 16, S. 358.

Größe der Quarte und Quinte von durchaus musikalischen, geübten Personen nicht sicher unterschieden werden — ähnlich wie sich gegenüber aufeinanderfolgenden Tönen sehr Unmusikalische verhalten [STUMPF, Tonpsychologie I, S. 315 f.].

Tabelle V.

| Gegend des | Intervall, bei dem | |
|------------------------|--------------------------|----------------------------|
| | die Unreinheit beginnt | die Zweifelt deutlich wird |
| (Contra-G) | (—) | (Tritonus — Kl. Sexte) |
| <i>F</i> ^{is} | Ganzton | Kl. Terz — Quarte |
| <i>d</i> ⁰ | Halbton | Ganzton — Kl. Terz |
| <i>d</i> ¹ | } Viertelton und weniger | Halbton |
| <i>g</i> ¹ | | Viertelton — Halbton |

Dieses Verhalten hängt jedenfalls mit der weichen, dem musikalischen Ohre ungewohnten Klangfarbe der Stimmgabeln und Flaschentöne zusammen, die wir absichtlich wählten, um die Verhältnisse an möglichst einfachen Tönen zu studieren. Bei der Benutzung von Orgelpfeifen, bei denen der größeren Intensität wegen die Obertöne schon mehr hervortreten, konnte STUMPF, wie erwähnt, bereits die große Terz *CE* ohne weiteres als Zweiklang beurteilen, und noch größer als zwischen Gabeln und Orgelpfeifen ist der Unterschied zwischen den Gabeln und den Zungen des Harmoniums in der tiefen Region. (In der Mitte der Tonskala hat sich nach dem oben Mitgeteilten ein erheblicher Einfluß der Klangfarbe auf die Grenzwerte nicht gezeigt.) So konnten STUMPF¹ und G. ENGEL bei ihren Versuchen über Schwebungen und Zwischentöne am Harmonium Zusammenklänge wie *E*₁ *G*₁ und *C* *Cis* noch als Zweiklänge erkennen. Diese Urteile können nach dem Vorstehenden wohl nur als mittelbare, hauptsächlich durch die Unterscheidung der benachbarten Obertöne beider Klänge vermittelte, aufgefaßt werden, obwohl sie sich auch uns bei gelegentlicher Wiederholung am HELMHOLTZschen mathematischen Harmonium mit dem Charakter der Unmittelbarkeit aufdrängten.

¹ Tonpsychologie Bd. II, S. 482 f.

(Eingegangen am 17. März 1903.)