

Untersuchungen über die Auffassung von Tondistanzen.

Von

Carl Lorenz.

(Mit Tafel I und 2 Holzschnitten.)

Die Frage nach der Beziehung zwischen Reiz und Empfindungsschätzung, in welcher eine der Fundamentalaufgaben der experimentellen Psychologie besteht, schien im Gebiet der Tonempfindungen unmittelbar ihre Beantwortung zu finden durch die in der musikalischen Scala niedergelegte Thatsache, dass erstens zwischen den Schwingungszahlen zweier dasselbe musikalische Intervall bildender Töne, welche hier die Stelle der Reize vertreten, immer ein constantes Verhältniss besteht, welche Lage die beiden Töne in der stetigen Tonreihe auch haben mögen, und dass wir zweitens verhältnissmäßig leicht und sicher die gleichen Tonintervalle in den verschiedenen Höhen der Tonscala als solche wiedererkennen. Diese letztere Thatsache schien zu der Annahme zu berechtigen, die gleichen Intervalle seien als gleiche absolute Unterschiede der Tonempfindungen zu betrachten, und unter dieser Voraussetzung ließ die erstere Thatsache in der Fassung sich wiedergeben, dass gleichen absoluten Unterschieden der Tonempfindung gleiche relative Unterschiede der Schwingungszahlen entsprechen; unter dieser Voraussetzung ordnen sich also die Tonempfindungen dem Weber'schen psychophysischen Gesetze unter, und dieses schien im Gebiet der Tonempfindungen eine werthvolle Bestätigung zu finden.

Schon E. H. Weber, welcher bei Gewichtsversuchen fand, dass, um gleiche absolute Unterschiede der Empfindung zu erhalten, gleiche

relative Unterschiede der Gewichte nöthig waren, machte auf die übereinstimmende Beziehung bei den Tonempfindungen aufmerksam. Er sagt¹⁾: »Bei der Vergleichung der Höhe zweier Töne kommt nichts darauf an, ob beide Töne um sieben Tonstufen höher sind oder tiefer, wenn sie nur nicht an dem Ende der Tonreihe liegen, wo dann die genaue Unterscheidung kleiner Tonunterschiede schwieriger wird. Es kommt daher auch hier nicht auf die Zahl der Schwingungen an, die der eine Ton mehr hat als der andere, sondern auf das Verhältniss der Zahl der Schwingungen der beiden Töne, die wir vergleichen.«

Auch Fechner, welcher jenem von Weber begründeten Gesetze weitere Geltung verschaffte, war so sehr von der Gültigkeit desselben im Gebiet der Tonempfindungen überzeugt, dass er meinte, es bedürfe zur Bestätigung desselben nicht erst besonderer Versuche, da es die einfache und sozusagen notorische Aussage des musikalischen Gehörs sei, dass gleichen Verhältnissen der Schwingungszahlen eine als gleich groß empfundene Tondifferenz in verschiedenen Octaven entspreche²⁾.

Die Untersuchungen über Tonempfindungen von Helmholtz³⁾ haben indess wahrscheinlich gemacht, dass die Schätzung der Töne nach Intervallen nicht auf der unmittelbaren Auffassung des Höhenunterschiedes der beiden das Intervall bildenden Grundtöne, sondern auf der Wirkung der den Tönen gemeinsamen Partialtöne, auf der Klangverwandtschaft der Töne beruht. Da diese für dasselbe Intervall in jeder Höhe der Tonscala dieselbe ist, findet durch sie auch die leichte Wiedererkennung der Intervalle in den verschiedenen Tonregionen eine ganz befriedigende Erklärung, und es scheint die frühere Annahme, welche die Wiedererkennung der Intervalle darauf zurückführte, dass gleiche Intervalle gleichen absoluten Empfindungsunterschieden entsprechen, überflüssig zu sein.

Es liegt aber darin, dass die Auffassung der Intervalle und ihre Wiedererkennung sich durch Klangverwandtschaft erklären lassen, noch kein Grund zu der weiteren von Helmholtz gemachten An-

1) E. H. Weber, Tastsinn und Gemeingefühl, Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, S. 555.

2) Fechner, Elemente der Psychophysik, I, S. 182.

3) Helmholtz, Lehre von den Tonempfindungen. 3. Aufl. S. 407 f.

nahme, dass die Tonhöhenunterscheidung überhaupt nur auf der Klangverwandtschaft beruhe¹⁾, denn unter dieser Voraussetzung würden wir, wie Wundt hervorhebt, nicht im Stande sein, Intervalle, wie das des ganzen Tones, bei welchem von einer Wirkung der gemeinsamen Obertöne, da dieselben sehr hoch und außerordentlich schwach sind, nicht die Rede sein kann, mit einiger Sicherheit in verschiedenen Tonlagen wiederzuerkennen²⁾. Und doch gehört gerade dieses Intervall nach Untersuchungen von Preyer zu den bestunterscheidbaren³⁾. Dies weist darauf hin, dass wir unabhängig von der Klangverwandtschaft der Töne die Fähigkeit der messenden Vergleichung endlicher Empfindungsunterschiede besitzen⁴⁾.

Ob diese Annahme eines unmittelbar in der Empfindung gelegenen Maßes für endliche Tonhöhenunterschiede richtig ist, und ob dieses Maß dem Weber'schen Gesetze entspricht, oder ob zwischen ihm und den Schwingungszahlen der Töne irgend eine andere Gesetzmäßigkeit besteht, darüber kann aber nur die weitere Untersuchung Aufschluss geben.

Diese Untersuchung ist eingeleitet worden durch Preyer⁵⁾. Die vor ihm von Delezenne, Sauveur, Scheibler, Seebeck zum Theil ganz zufällig gemachten Beobachtungen über die Unterscheidungsfähigkeit für Töne, über welche Preyer in seiner Untersuchung »über die Unterschiedsempfindlichkeit von Tonhöhen« berichtet, zeigen einzeln genommen nur, worauf E. H. Weber bereits aufmerksam machte, dass die Feinheit des Ohres in der Unterscheidung benachbarter Eindrücke das Auge und den Tastsinn bei weitem übertrifft. Erst dadurch, dass Preyer die etwas bestimmter lautenden Angaben von Delezenne⁶⁾ und Seebeck⁷⁾ prüfte und die Unterschiedsempfindlichkeit für die gemachten Be-

1) Ebendas. S. 321, 451.

2) Wundt, *Physiol. Psychologie*. 3. Aufl. II., S. 48, ebend. I., S. 433.

3) Preyer, *Die Grenzen der Tonwahrnehmung*. S. 38 f. Vergl. hierzu Schischmanow, *Philos. Studien*, V., S. 588, 592.

4) Wundt, *Physiol. Psychologie*. 3. Aufl. I., S. 433.

5) Preyer, *Grenzen der Tonwahrnehmung*. Jena 1876.

6) Delezenne, *Recueil des travaux de la société des sciences etc. de Lille* 1826/27, pag. 4.

7) Seebeck, *Pogg. Ann.* Bd. 68. S. 462.

obachtungen berechnete, konnte er sie mit den Resultaten seiner eigenen Untersuchung in Beziehung setzen.

Preyer's Untersuchungen über die Unterschiedsempfindlichkeit für Töne erstrecken sich auf die beiden Tonhöhen von 500 und 1000 Schwingungen in der Secunde. Er stellte seine Versuche an mittelst eines nach seinen Angaben construirten, aus einer Reihe von Metallzungen bestehenden »Tondifferenzapparates«, dessen Töne um $\frac{1}{10}$ Schwingung differirten. Durch mehr als 1000 Einzelbestimmungen an 12 ausgesuchten Beobachtern, zu denen der im Unterscheiden von Tonhöhen ganz besonders geübte Akustiker G. Appunn aus Hanau gehörte, fand er, dass von solchen Personen Töne von 500 und 500,3, sowie 1000 und 1000,5 Schwingungen jedesmal als verschieden erkannt wurden. Durch Zusammenstellung dieser von ihm gefundenen Resultate und der daraus berechneten Werthe für die absolute und relative Unterschiedsempfindlichkeit mit den aus den Beobachtungen von Delezenne und Seebeck abgeleiteten Werthen erhielt Preyer die folgende Tabelle:

	n_1	n	$d = n_1 - n$	a	r
Delezenne:	120,209	119,791	0,418	2,39	287
Seebeck:	440	439,636	0,363	2,75	1212
Preyer:	$\left\{ \begin{array}{l} 500,3 \\ 1000,5 \end{array} \right.$	500	0,300	3,33	1666
		1000	0,500	2,00	2000

wo n_1 und n die Schwingungszahlen der verglichenen Töne, $d = n_1 - n$ die Unterschiedsschwelle, $a = \frac{1}{n_1 - n}$ und $r = \frac{n_1}{n_1 - n}$ die absolute und relative Unterschiedsempfindlichkeit bedeuten.

Hieraus folgert Preyer, dass innerhalb des Tongebiets von 120 bis 1000 Schwingungen die relative Unterschiedsempfindlichkeit r mit wachsender absoluter Tonhöhe zunimmt, und zwar ist sie an der oberen Grenze etwa 7 mal so groß als an der unteren. Die absolute Unterschiedsempfindlichkeit a dagegen nähert sich der Constanz, indem überall in dem angegebenen Tongebiete eine Differenz von 0,3 und 0,5 Schwingungen erkannt werden kann.

Diese Thatsachen widersprechen vollständig dem Weber'schen Gesetze; denn nach ihm müsste gerade die relative Unterschiedsempfindlichkeit constant sein, die absolute dagegen mit wachsender Tonhöhe abnehmen. Preyer glaubte daher durch seine Untersuchung

die Ungültigkeit dieses bis dahin im Gebiete der Tonempfindungen »widerspruchslos angenommenen Gesetzes« bewiesen zu haben.

Gegen diese Ergebnisse Preyer's ist jedoch eine Reihe von Bedenken geltend gemacht worden, welche ihre Beweisfähigkeit sehr in Zweifel stellen.

Fechner, der dieselben zuerst anerkannte und bedauerte, »die wichtige Stütze, welche das Weber'sche Gesetz durch den Ausdruck des musikalischen Gefühls im Gebiete der Tonhöhe bisher fand« durch Preyer's Versuche verloren gehen zu sehen, führt später gegen dieselben an, dass sie keine Gewähr bieten für die Constanz der Intensität der angewandten Tonempfindungen, und gibt der Vermuthung Raum, dass sich bei gleich erhaltener Intensität das Weber'sche Gesetz doch noch bestätigen könnte¹⁾.

Hierauf muss aber wohl mit Stumpf²⁾ geantwortet werden, »dass zur Vertheidigung einer bloßen Möglichkeit obendrein ein Strohalm ergriffen worden ist«. Wenn schon kaum bezweifelt werden kann, dass durch Verschiedenheiten der Intensität der Gesamteindruck einer Empfindungsqualität wesentlich beeinflusst wird, so ist gerade bei der Vergleichung von Tonhöhen dieser Einfluss nicht zu hoch anzuschlagen; wenigstens werden im Unterscheiden von Tonhöhen geübte Beobachter, wie Preyer sie namentlich zu seinen Versuchen heranzog, kaum wesentlich in ihrem Urtheil über die Höhe durch verschiedene Stärke beeinflusst werden. Uebrigens wird man bei psychologischen Versuchen ganz von selbst auf möglichste Constanz der nicht in Betracht kommenden Eigenschaften der zu vergleichenden Empfindungen halten, und wenn dies bei Tonhöhenvergleichen irgendwie erreicht werden kann, so ist es mit ziemlicher Sicherheit der Fall bei einem Apparat, wie Preyer ihn zur Erzeugung seiner Töne anwandte. Die beiden Metallzungen, welche die jedesmal zu vergleichenden, nur um 0,3 bis 0,5 Schwingungen differirenden Töne hervorbringen, müssen eine nahezu gleiche Gestalt und Masse besitzen und werden durch, wenigstens annähernd, denselben Luftdruck in Schwingungen versetzt, schwingen dem-

1) Fechner, In Sachen der Psychophysik, S. 168 f., und Revision der Hauptpunkte der Psychophysik, S. 173.

2) Stumpf, Tonpsychologie, S. 300.

entsprechend auch mit annähernd gleichen Amplituden und müssen also Töne von annähernd gleicher Intensität liefern¹⁾.

Mehr als dies Bedenken Fechner's fallen die von Wundt²⁾ und G. E. Müller³⁾ gegen die Beweiskraft der Preyer'schen Untersuchung erhobenen Einwände in die Wagschale. Die von Preyer zusammengestellten Resultate rühren von drei verschiedenen Forschern her und sind unter ganz verschiedenen Bedingungen und mittelst ganz verschiedener Tonquellen gewonnen worden. Aus einer Zusammenstellung derartiger Beobachtungen aber, die unter verschiedenen Umständen und mit Klängen von verschiedener Klangfarbe angestellt worden sind, Schlüsse zu ziehen, ist nicht statthaft, zum wenigsten sehr gewagt, namentlich bei psychophysischen Untersuchungen, in denen es sich um Auffindung eben merklicher oder, wie es hier geschah, eben übermerklicher Unterschiede handelt.

Ist hiernach die Preyer'sche Untersuchung über die Unterschiedsempfindlichkeit von Tonhöhen auch nicht im Stande, die Frage nach der Gültigkeit oder Ungültigkeit des Weber'schen Gesetzes in diesem Gebiete zu entscheiden, so hat sie, indem sie sich mit der bisherigen Annahme in Widerspruch setzt, doch den nicht zu unterschätzenden Werth, diese Frage von neuem angeregt und namentlich die weitere experimentelle Untersuchung derselben gegenüber der Meinung Fechner's, dass es hier besonderer Versuche zum Beweise der Gültigkeit dieses Gesetzes gar nicht bedürfe, als eine nothwendige herausgefordert zu haben.

Die weitere Untersuchung wurde im psychologischen Laboratorium des Herrn Professor Wundt durch E. Luft⁴⁾ aufgenommen.

Wie bei Preyer, so handelte es sich auch in diesen Versuchen um Bestimmung des eben merklichen Unterschiedes. Hatte aber das methodische Verfahren Preyer's Vieles zu wünschen übrig gelassen, so wurden diese Versuche in der sorgfältigsten Weise nach

1) Vergl. hierzu Luft, Ueber die Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen, Philos. Studien, IV, S. 514.

2) Wundt, Physiol. Psychol. 2. Aufl. I, S. 398 und 3. Aufl. I, S. 426.

3) G. E. Müller, Zur Grundlegung der Psychophysik, S. 291.

4) Luft, Ueber die Unterschiedsempfindlichkeit der Tonhöhen, Phil. Stud., IV, S. 511.

der Methode der Minimaländerungen unter genauer Beobachtung aller dabei in Betracht kommenden Regeln angestellt. Um möglichst einfache Töne zu erhalten, wurden dieselben mittelst Stimmgabeln auf abgestimmten Resonanzräumen erzeugt. Es kamen bei jeder Versuchsreihe zwei gleiche Töne ergebende Stimmgabeln zur Verwendung; während aber die eine constant blieb, konnte die andere durch ein an einer Millimetertheilung verschiebbares Laufgewicht verstimmt werden. Auf diese Weise wurde das ganze Tongebiet von 64 bis 2048 Schwingungen untersucht. Um einen Ueberblick über einen Theil der Ergebnisse von Luft's Versuchen zu geben, sei folgende Tabelle beigelegt:

<i>n</i>	Luft			v. Tschisch		
	<i>d</i>	$a = \frac{1}{d}$	$r = \frac{n}{d}$	<i>d</i>	$a = \frac{1}{d}$	$r = \frac{n}{d}$
64	0,149	6,711	430	0,433	2,309	147
128	0,159	6,289	805	0,333	3,003	384
256	0,232	4,310	1103	0,229	4,366	1118
512	0,251	3,984	2040	0,233	4,291	2197
1024	0,218	4,587	4697	0,202	4,950	5069
2048	0,362	2,762	5657			

Hierin bedeutet *n* die Schwingungszahl der constant erhaltenen Gabel, *d* den gefundenen mittleren Werth der Unterschiedsschwelle, $a = \frac{1}{d}$ die absolute und $r = \frac{n}{d}$ die relative Unterschiedsempfindlichkeit.

Wie aus Preyer's vorläufigen Resultaten, so ergibt sich auch aus diesen, dass die relative Unterschiedsempfindlichkeit von den tiefen zu den hohen Tönen beständig wächst, nur mit dem Unterschiede, dass die für dieselbe gefundenen Zahlen meist wesentlich größer sind als die entsprechenden bei Preyer. Dies hat seinen Grund darin, dass die Unterschiedsschwellen hier wesentlich kleiner, nur etwa halb so groß als in Preyer's Versuchen sind. Die absolute Unterschiedsempfindlichkeit ist, wenigstens in der mittleren Tonregion von 256 bis 1024 Schwingungen, nahezu constant; nur an der unteren und oberen Grenze finden größere Abweichungen von dem Durchschnittswerthe (etwa 4 bis 5) statt. In Bezug auf

das Weber'sche Gesetz fasst Luft seine Resultate in dem folgenden Satze zusammen:

»Auf das Gebiet der Tonqualitäten findet innerhalb der untersuchten Region von 64 bis 1024 Schwingungen das psychophysische Gesetz, wonach gleichen relativen Reizunterschieden gleiche absolute Empfindungsunterschiede entsprechen und also die relative Unterschiedsempfindlichkeit constant sein muss, keine Anwendung. Die Unterschiedsschwellen nähern sich im Gegentheil innerhalb des genannten Intervalls der constanten Durchschnittsgröße von 0,2 Schwingungen«¹⁾.

Diese in dem mittleren Tongebiet herrschende Constanz von Unterschiedsschwelle und absoluter Unterschiedsempfindlichkeit scheint, wie Wundt hervorhebt, auf eine nahezu vollständige Proportionalität zwischen den absoluten Unterschieden der Tonempfindung und den Unterschieden der Schwingungszahlen hinzudeuten²⁾.

Luft hat weiter noch mit Gabeln von 32 Schwingungen experimentirt. Dabei hat sich für seine Person eine Unterschiedsschwelle von 0,44 Schwingungen herausgestellt, ein Werth, der von den Zahlen 0,149 bei 64 und 0,159 bei 128 Schwingungen erheblich abweicht; diese bedeutende Abweichung ist wohl zum Theil auf die geringe Uebung im Vergleichen so außerordentlich tiefer Töne, zum Theil auf die schnelle Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit an den Grenzen des unserem Gehör zugänglichen Tonbereichs überhaupt zurückzuführen.

Hiermit darf die Ungültigkeit des Weber'schen Gesetzes im Gebiet der Tonempfindungen für kleine Tonhöhendifferenzen, wie sie bei Versuchen nach der Methode der Minimaländerungen in Betracht kommen, als bewiesen betrachtet werden.

Es ist anzunehmen, dass dasselbe auch keine Gültigkeit besitzt für große übermerkliche Tonhöhenunterschiede, wie sie uns in den musikalischen Intervallen entgegentreten. Immerhin könnte für diesen Fall, da gerade aus Thatsachen, welche an den musikalischen Intervallen beobachtet wurden, zunächst die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes abgeleitet worden ist, auch die entgegengesetzte Meinung vertreten werden. Es ließe sich denken,

1) a. a. O. S. 529.

2) Wundt, *Physiol. Psychol.* 3. Aufl. I, S. 427.

dass das, was für sehr kleine, eben merkliche Unterschiede als bewiesen gilt, nicht nothwendig Anwendung finden muss auf große übermerkliche Empfindungsdistanzen.

Um die Frage auch nach dieser Seite, die für die Vergleichung der Töne im praktischen Leben und für die Musik von größerer Wichtigkeit ist, ihrer Lösung entgegenzuführen, war es nothwendig, den mit eben merklichen Tonunterschieden angestellten Versuchen solche mit großen, übermerklichen Unterschieden, welche den in der musikalischen Tonscala enthaltenen Tonstufen entsprechen, zur Seite zu stellen.

Urtheile über solche übermerkliche Tonhöhendifferenzen oder Tondistanzen sind von Stumpf¹⁾ gesammelt worden.

Er benutzte bei seinen Versuchen Töne des Claviers und der Orgel. Die nach einander angegebenen Töne, welche verglichen werden sollten, bildeten die Intervalle der Quinte, großen und kleinen Terz, großen und kleinen Secunde bei den Versuchen, die mit Tönen des Claviers angestellt wurden, und des Tritonus und der großen Secunde bei den mit Orgeltönen ausgeführten Versuchen. Indem so die beiden zu vergleichenden Töne durch große, wohl unterscheidbare Distanzen getrennt waren, konnten von Stumpf musikalisch Ungeübte zu den Versuchen herangezogen werden, welche nach seiner Meinung (S. 300) zur Beurtheilung eben merklicher Unterschiede von Tönen wenig brauchbar sein sollen.

Die Versuche stellte Stumpf in der Weise an, dass er die beiden zu vergleichenden Töne zuerst in einer tiefen Region ($F_1 - F$), dann in einer mittleren ($g - g^1$) und endlich in einer hohen ($f^3 - f^4$) nach einander angab; bei den Versuchen mit Orgeltönen vermehrte er die Zahl der Regionen auf die folgenden fünf: $C - A_s$, $a - f^1$, $e^2 - c^3$, $e^3 - c^4$, $e^4 - c^5$. War es nun in den Preyer'schen Versuchen nur darauf angekommen, dass die beiden angegebenen Töne sicher als verschieden erkannt wurden, so verlangte Stumpf die bestimmtere Frage zu entscheiden, welcher der beiden Töne der höhere sei.

Auch Preyer hatte diese Fragestellung bei einer Anzahl von Versuchen angewendet. Er fand dabei, wie zu erwarten war, »dass

1) Stumpf, Tonpsychologie. Leipzig 1883. S. 313 f.

das Urtheil über den Ort eines Tones in der Tonlinie unsicherer ist, als das Urtheil darüber, ob zwei Töne an verschiedenen Punkten derselben liegen oder nicht«. Mehr als ein Drittel der Urtheile, die er hierüber sammelte, fielen falsch, 2,7% zweifelhaft aus, so dass sich als Verhältniss der richtigen Urtheile zur Gesamtzahl der Fälle ungefähr 3 : 5 ergibt. Er hatte allerdings Töne von sehr geringer Differenz benutzt, dabei aber die Urtheile von musikalisch Geübten abgeben lassen. Im Unterschiede hiervon wandte Stumpf Töne von ziemlich großen Differenzen an, dafür waren aber seine Beobachter unmusikalisch. Daher stellte sich auch bei seinen Versuchen eine große Anzahl falscher und zweifelhafter Urtheile ein. Doch betrug dieselbe nur etwa ein Viertel der Gesamtzahl, der Zuverlässigkeitswerth, d. h. das Verhältniss der richtigen zur Gesamtzahl der Fälle, also etwa 3 : 4.

Von den von Stumpf aufgestellten Tabellen führen wir nur die von S. 324 an, welche er aus den ursprünglichen (S. 319 und 320) durch Combination der Schätzungen der verschiedenen Beobachter gewonnen hat:

	Quinte		Große Terz		Kleine Terz		Kleine Secunde		Große Secunde		Große Secunde		Triton		
Region	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	III	IV	III	IV	Region
$F_1 - F$	22	29	17	14	12,5	7,5	13	17,5	19,5	15,5	28,5	—	29	—	$C - A_s$
$g - g^1$	47	47	22	23	22	23	15,5	17	17,5	21	40,5	42	53	52,5	$a - f^1$
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45	—	51	—	$e^2 - c^3$
$f^3 - f^4$	33	38	19	22	17	21,5	16,5	19	15	23	39	—	46	—	$e^3 - c^4$
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	38	—	49	$e^4 - c^5$
	unter je 48				unter je 24				unter je 54						

In derselben bedeuten die römischen Ziffern die Ordnungszahlen der Versuchsreihen, die arabischen die Zahl der richtigen Schätzungen unter der jedesmal unten angegebenen Gesamtzahl von Versuchen.

Diese Zusammenstellung der richtigen Urtheile für die verschiedenen Intervalle und in den verschiedenen Tonregionen zeigt mehrere interessante Thatsachen, von denen wir hier nur die wichtigsten hervorheben.

Es war a priori anzunehmen, dass die Zahl der richtigen Urtheile mit der Größe der Intervalle zwischen den beiden verglichenen Tönen abnehmen werde. Dies hat sich durch die Versuche Stumpf's jedoch nicht allgemein bestätigt; gerade für das größte Intervall, die Quinte, scheint hier eine Ausnahme stattzufinden, wenigstens in der tiefen und hohen Region, während in der mittleren das der Größe der Intervalle nach erwartete Verhältniss sich einstellt; bei den mit Orgeltönen angestellten Versuchen weist allerdings das der Quinte entsprechende Intervall, der Tritonus, durchweg eine größere Zahl richtiger Schätzungen auf als die große Secunde, welche hier die kleineren Intervalle vertreten soll. Worauf diese Abweichung bei der Quinte, die in der einen Versuchsreihe auch bei der kleinen Terz eintritt, beruht, ist nicht recht erklärlich. Die Meinung, dass vielleicht die Aehnlichkeit der Quintentöne durch den nahen gemeinsamen Oberton eine Störung herbeiführe, worin Stumpf eine Erklärung für diese Erscheinung zu finden glaubte (S. 322), hat er auf der nächsten Seite wieder fallen lassen, weil in der mittleren Region, wo die Störung der Obertöne sich noch mehr geltend machen müsste, als in der hohen, diese Abweichung nicht statt hat. Jedenfalls liegt der Grund dieser Erscheinung in der geringen Anzahl von Versuchen; eine Vermehrung derselben und die damit verbundene Zunahme der Uebung würde wahrscheinlich zum Ausgleich dieses abnormen Verhältnisses geführt haben.

Wichtiger als diese auf die Intervalle sich beziehende Erscheinung ist das Ergebniss, welches in Bezug auf die verschiedenen Tonregionen durch die Versuche Stumpf's ausgedrückt zu werden scheint. Er fasst dasselbe selbst zusammen in dem Satze, »dass die Zuverlässigkeit solcher Urtheile« (d. h. Urtheile darüber, welcher von zwei Tönen der höhere sei) »bei Unmusikalischen von der Tiefe bis zu einer mittleren Region (wahrscheinlich c^2) stark zunimmt und weiter hinauf innerhalb des musikalischen Gebietes nur wenig abnimmt« (S. 326). Nur bei den Secunden finden einige Abweichungen hiervon statt; es ist aber wahrscheinlich, dass diese Schwankungen nur davon herrühren, wie Stumpf selbst angibt (S. 325), »dass der constante Einfluss der Regionen, der sonst evident ist, hier durch zufällige überwogen wurde und wahrscheinlich erst bei weiterer Vermehrung der Fälle zum Vorschein gekommen wäre«.

Die Beurtheilungsfähigkeit zweier Töne hinsichtlich ihrer Lage in der Tonreihe scheint aber nach eigenen Versuchen von Stumpf nicht bei allen Individuen in gleicher oder auch nur annähernd gleicher Weise diesem Gesetze zu folgen. Bei einer älteren gebildeten Dame, die als »enorm unmusikalisch« bezeichnet wird, fand Stumpf gerade das Gegentheil ausgesprochen. Sie schätzte am sichersten, wenn die beiden angegebenen Töne in der tiefsten Region lagen; die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Urtheile nahm bedeutend ab in der Mitte und noch mehr in der Höhe. »Sie fühlte sich auch selbst viel sicherer in der Tiefe und gab die Antworten weit rascher und bestimmter; bei den hohen Tönen gestand sie, die richtigen Antworten eigentlich nur zufällig errathen zu haben«.

Da die Dame ziemlich viele Gleichheitsurtheile abgegeben hatte — bei den Secunden in der Mitte und Höhe ergaben sich nur zweifelhafte und Gleichheitsurtheile — stellte Stumpf mit ihr noch andere Versuche an, bei denen sie nur über Gleichheit oder Ungleichheit der beiden angegebenen Töne entscheiden sollte; er wollte dadurch die Grenze feststellen, bei welcher das Urtheil hierüber schwankend würde. Merkwürdigerweise stellte sich hierbei gerade das Umgekehrte von dem ein, was er erwartet hatte. In der Tiefe wurde von ihr eine Ganzstufe nicht mehr sicher als verschieden erkannt, in der Höhe aber Halbstufen noch sicher.

Bei einer anderen Dame, der Tochter der eben Erwähnten, welche sich an einem Theile dieser Versuche betheiligte, »weicht das Verhältniss der Regionen nur in sofern vom gewöhnlichen ab, als die Zuverlässigkeit in der Höhe gegen die in der Mitte bedeutend mehr als sonst zurücksteht und ungefähr derjenigen in der Tiefe gleichkommt«.

Aus alledem geht hervor, wie unsicher die Resultate sind, welche die Untersuchung Stumpf's zur Lösung der Frage nach der Beurtheilung von Tonhöhen geliefert hat. Diese Unsicherheit hat hauptsächlich ihren Grund in der geringen Anzahl von Versuchen. Es lässt sich allgemein behaupten, dass jede experimentelle Untersuchung erst dann wissenschaftlichen Werth erlangt, wenn die Zahl der gewonnenen Versuche hinreichend ist, um sichere Schlussfolgerungen daraus ziehen zu können. Dies zeigt sich schon bei physikalischen Untersuchungen, bei denen störende Einflüsse meist

noch leicht erkannt und eliminirt werden können. In viel höherem Maße gilt es aber von psychologischen Untersuchungen. Hier ist ein Erkennen constanter störender Einflüsse nur sehr schwer möglich, und die Elimination derselben kann nur gelingen, wenn die Zahl der Versuche eine große und die Anordnung derselben eine alle Möglichkeiten erschöpfende und systematische ist. Beides, die genügende Zahl und das methodische Verfahren, vermissen wir bei den Stumpf'schen Versuchen. Es kommt ihnen kaum ein größerer Werth zu als der einzelner interessanter Beobachtungen, welche immer nur Vermuthungen zulassen, aber keine exacten wissenschaftlichen Resultate liefern.

In diesem Sinne nur lassen sich auch die Folgerungen auffassen, welche Stumpf aus seinen Versuchsdaten zieht. Er schließt sich dabei in der Hauptsache an die Ergebnisse an, welche Preyer aus seiner Tabelle abgeleitet hat, und welche allerdings im wesentlichen durch die methodisch strenge Untersuchung von Luft bestätigt worden sind.

Preyer's Hauptergebniss war: Zunahme der relativen Unterschiedsempfindlichkeit mit wachsender Tonhöhe bis in die Gegend von 1000 Schwingungen, also etwa bis c^3 . Auch Stumpf hält dieses Verhalten der relativen Unterschiedsempfindlichkeit für den »wahrscheinlichsten Erklärungsgrund« für die durch seine Versuche angedeutete Verschiedenheit der Tonunterscheidung hinsichtlich der Regionen. Die Bevorzugung der mittleren Region vor der höheren glaubt er dadurch erklären zu können, »dass in der Mitte größere Uebung des Urtheils mitwirkt als in der Höhe«, und schließt daraus, »dass das Maximum der Unterschiedsempfindlichkeit nicht zusammen mit dem der Zuverlässigkeit (wahrscheinlich c^2 S. 324), sondern weiter nach oben fällt, vielleicht in die Gegend des c^3 (S. 334).« Darin fühlt sich Stumpf bestärkt durch Aeußerungen von Musikern, von denen einer »geradezu c^3 als Punkt der größten Empfindlichkeit vermuthete, ohne von dahin zielenden Untersuchungen zu wissen« (S. 335).

Auch darin stimmt sein Ergebniss mit dem von Preyer überein, »dass die Empfindlichkeit von der Tiefe zur Mitte viel stärker zunimmt, als von da bis zum c^3 .« Jenseits c^3 nahm Preyer eine langsame Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit an, vermuthete

aber nach Bemerkungen von Helmholtz in der viergestrichenen Octave, wahrscheinlich bei f_{54} ein nochmaliges Maximum des Unterscheidungsvermögens. Stumpf glaubt auch hierfür eine Bestätigung gefunden zu haben, indem die Zahl der richtigen Urtheile beim Triton in der viergestrichenen Octave die in der dreigestrichenen um 3 unter 54 übertrifft. Es ist aber auf dieses Zusammentreffen mit der Vermuthung Preyer's kaum ein Gewicht zu legen; Stumpf selbst thut es nicht; denn er drückt sich sehr vorsichtig so aus: »man könnte durch den erwähnten Gang der Zahlen die Vermuthung Preyer's bestätigt finden, wenn man denselben hier nicht als zufällig ansehen will« (S. 334).

Durch die Uebereinstimmung dieser Einzelheiten seiner Versuchsergebnisse mit denen Preyer's in der Annahme bestärkt, dass auch das Wachsen der Zuverlässigkeit der Urtheile über die relative Höhe zweier Töne von der Tiefe bis zu einer mittleren Region und das nur geringe Abnehmen derselben weiter hinauf innerhalb des musikalischen Gebietes auf der von Preyer gefundenen und später von Luft bestätigten Thatsache der mit der Tonhöhe bis etwa c^3 erfolgenden Zunahme der relativen Unterschiedsempfindlichkeit beruhe, folgert auch Stumpf, »dass das Weber'sche Gesetz constanter relativer Unterschiedsempfindlichkeit für Tonqualitäten keine Gültigkeit besitze« (S. 335).

Obwohl an der Richtigkeit dieser Behauptung kaum noch gezweifelt werden kann, so fragt es sich doch, ob dieselbe durch die Stumpf'schen Versuche eine weitere und genügende Begründung erfahren hat. Nach dem Vorhergehenden wird man diese Frage verneinend beantworten müssen. Wir haben mehrfach gesehen, und Stumpf selbst hat an einzelnen Punkten es zugegeben, dass durch eine Vermehrung der Versuche das Resultat ein bestimmteres und für seine Behauptung wahrscheinlich günstigeres geworden wäre, dass also die Zahl seiner Versuche unzureichend ist, namentlich da sie nach Art der Methode der richtigen und falschen Fälle angestellt sind, welche sich mehr als die anderen Methoden der experimentellen Psychologie auf das Gesetz der großen Zahlen stützt. Auch die Ausführung der Versuche ist mangelhaft; sie entbehrt der exacten Anwendung dieser Methode. Auf den Einfluss der Zeitlage ist gar keine Rücksicht genommen; es ist aber für das Urtheil

nicht gleichgültig, wie wir später sehen werden, ob der tiefere oder der höhere der zu vergleichenden Töne zuerst angegeben wird. Endlich erwecken die Folgerungen Stumpf's fast durchweg das Gefühl der Unsicherheit, was seinen Grund einerseits in der bereits erwähnten Unzulänglichkeit der Versuche, andererseits darin hat, dass seine Beobachtungen zum Theil nicht mit einander im Einklang stehen¹⁾.

Soll also die Frage der Tonhöhenunterscheidung bei übermerklichen Unterschieden weiter gefördert werden, so kann das nur auf Grund neuer, exact ausgeführter Versuche geschehen. Auf Vorschlag und unter Leitung des Herrn Professor Wundt habe ich daher in dessen psychologischem Laboratorium eine große Zahl von Versuchen angestellt, über die im folgenden berichtet werden soll.

Der Apparat, der zur Erzeugung der Töne diente, ist der von Wolfe benutzte Appunn'sche »Tonmesser«²⁾. Er besteht aus einem luftdichten mit expansiver Decke versehenen Kasten, der durch einen Blasebalg mit Luft erfüllt werden kann. In der unteren horizontalen Wand sind Oeffnungen eingeschnitten, in welchen kleine Metallzungen angebracht sind. Diese Oeffnungen sind durch Ventile geschlossen. Oeffnet man das einer Zunge zugehörige Ventil, so strömt die in dem Kasten befindliche, etwas comprimirt Luft durch die Oeffnungen aus und versetzt dabei die Metallzunge augenblicklich in Schwingungen, durch welche der ihr eigenthümliche Ton erzeugt wird. Wird das Ventil geschlossen, so verschwindet auch sofort der Ton wieder. Die Versuche erstrecken sich über die fünf Octaven von 32 bis 1024 Schwingungen, von denen die beiden tiefsten von 32 bis 128 Schwingungen von den drei höheren von 128 bis 1024 Schwingungen sich dadurch unterscheiden, dass bei ihnen die durch zwei benachbarte Zungen hervorgebrachten Töne nur um zwei Schwingungen in der Secunde verschieden sind, während bei den letzteren drei Octaven der Unterschied der Töne zweier benachbarter Zungen vier Schwingungen beträgt. Es hat sich allerdings, leider erst zum Schluss der Versuche, herausgestellt, dass bei den beiden Octaven von 256 bis 1024 Schwingungen kleine

1) Vergl. Luft, Philos. Studien, IV, S. 517 f.

2) Wolfe, Philos. Studien, III, S. 538. Beschreibung und Abbildung, Wundt, Physiol. Psychologie. 3. Aufl. I, S. 431.

Verstimmungen eingetreten waren, die früher trotz mehrfacher Prüfung nicht bemerkt wurden. Da aber, wie die Untersuchung durch Zählen der Schwebungen der benachbarten Töne gezeigt hat, diese Abweichungen meist nur sehr geringe Bruchtheile einer Schwingung betragen und nur bei einzelnen Tönen den Werth von einer Schwingung erreichten, können wir sie bei unseren Versuchen, bei denen es sich nicht um Schätzung kleiner eben merklicher, sondern ziemlich großer Tonunterschiede handelte, ohne Bedenken vernachlässigen, namentlich da sie wahrscheinlich erst gegen den Schluss der Untersuchung sich eingestellt haben. Bei der gleich näher zu beschreibenden Art und Weise, in der unsere Versuche angestellt worden sind, werden sie kaum einen Einfluss auf die abgegebenen Urtheile ausgeübt haben. Wir werden daher im Folgenden die Töne immer mit den ihnen ursprünglich zukommenden Schwingungszahlen bezeichnen und von diesen kleinen Verstimmungen ganz absehen.

Es sei hier gleich noch auf die Bevorzugung der Octave von 256 bis 512 Schwingungen aufmerksam gemacht, wie dieselbe aus den unten folgenden Tabellen ersichtlich wird. Innerhalb ihres Bereichs sind elf Versuchsreihen durchgeführt worden, während die übrigen Octaven meist nur mit je zwei Reihen bedacht sind. Der Grund dieser Bevorzugung liegt in erster Linie darin, dass sie uns beim Anfang der Versuche allein zur Verfügung stand; die anderen Octaven sind erst nachträglich angeschafft worden. Andererseits scheint eine genauere Untersuchung der Verhältnisse bei ihr auch dadurch geboten, dass sie gerade die Töne umfasst, die uns in der Natur am meisten umgeben. In ihrem Bereich liegen die Töne der meisten menschlichen Stimmen; auch bildet sie die Mitte der in der Musik gebrauchten Töne.

Ich wende mich nun der Darstellung der benutzten Methode zu. Wenn es sich ganz allgemein um die Unterscheidung von Tonhöhen handelt, so werden wir zunächst immer an zwei Töne denken und uns fragen, wie dieselben in den verschiedenen Tonregionen beschaffen sein müssen, damit sie von uns als verschieden erkannt werden. Die Beantwortung dieser Frage läuft auf eine Bestimmung der kleinsten eben merklichen Unterschiede von Tonhöhen hinaus und ist nach dem Vorhergehenden von Preyer und Luft erledigt

worden. Mit Rücksicht aber darauf, dass die Töne, die in der Musik verwendet werden, nicht nur um solche eben merkliche Größen verschieden sind, sondern übermerkliche Unterschiede darbieten, wendet sich unser Interesse mehr der Unterscheidung von Tönen nach übermerklichen Unterschieden zu.

Bei der Vergleichung von Empfindungen nach übermerklichen Unterschieden kann man nun in zweifacher Weise verfahren. Man kann die Methode der richtigen und falschen Fälle anwenden und speciell im Gebiet der Tonempfindungen Urtheile darüber sammeln, welcher von zwei gegebenen Tönen der höhere sei, wie Stumpf dies, allerdings in unzureichender Weise, gethan hat. Eine genügende Zahl von Einzelbestimmungen, welche methodisch in verschiedenen Höhen der Tonscala ausgeführt werden müssen, liefert sicherlich bestimmte Resultate, die zu einer Lösung der Frage nach der Unterscheidung der Tonhöhen führen werden.

Man kann aber auch übermerkliche Unterschiede der Empfindungen nach der von Plateau für psychophysische Untersuchungen vorgeschlagenen Methode der mittleren Abstufungen mit einander vergleichen¹⁾. Bei derselben werden drei Empfindungen der Vergleichung unterworfen. Von diesen wird im allgemeinen, wenn nicht gerade zwei derselben einander gleich sind, eine, die wir als die zweite bezeichnen wollen, vermöge ihrer Intensität bei gleicher Qualität oder vermöge ihrer Qualität bei gleicher Intensität zwischen der ersten und dritten eine mittlere Stellung einnehmen, und es lässt sich dann leicht entscheiden, ob sie der ersten oder der dritten näher liegt oder genau der Mitte zwischen beiden entspricht. Im ersten Falle, wenn sie also einer der Grenzepfindungen näher liegt, wird sie so lange nach der erforderlichen Richtung hin abgestuft, bis sie als Mitte zwischen den beiden anderen empfunden wird. Ist auf diese Weise der Reiz festgestellt, welcher als Mitte zwischen den Grenzepfindungen geschätzt wird, so lässt sich aus seiner Lage gegen die Grenzreize ein Schluss ziehen auf die Beziehung, welche zwischen unserer Empfindungsschätzung und den dabei in Betracht kommenden Reizunterschieden besteht. Fällt z. B. die Empfindungsmitte mit der absoluten Reizmitte zusammen,

1) Plateau, Bulletin de l'acad. royale de Belgique, t. XXXIII, p. 376, und Wundt, Physiol. Psych. 3. Aufl. I, S. 344 und 351.

so wird auf Proportionalität der Empfindungsänderung mit der Reizänderung geschlossen werden können. Liegt indess die Empfindungsmitte so, dass ihr Verhältniss zu den beiden Grenzpfindungen ein constantes ist, so kann die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes daraus gefolgert werden.

Diese Methode, welche dem im praktischen Leben bei Abschätzung von Empfindungen ausgeübten Verfahren am nächsten kommt, hat bisher in der Psychologie nur bei Versuchen über Lichtintensitäten¹⁾ Anwendung gefunden, »wo sich der in keinem andern Sinnesgebiete zu erreichende Vorzug darbietet, dass die Empfindungen annähernd simultan mit einander verglichen werden können«²⁾. Ob dieselbe auch in anderen Sinnesgebieten mit Erfolg angewendet werden kann, lässt sich von vornherein nicht entscheiden. G. E. Müller scheint es zweifelhaft zu sein³⁾. Stumpf hält Vergleichen von Empfindungsdistanzen, wie sie ja mittelst der Methode der übermerklichen Unterschiede geübt werden, in den verschiedenen Sinnesgebieten, im besonderen Beurtheilung von Tondistanzen hinsichtlich ihrer Größe nicht für unmöglich, überlässt die Entscheidung, namentlich über Gleichschätzung von Distanzen, aber dem Versuche⁴⁾. Um nun neben der eigentlich in Frage stehenden Untersuchung der Tonhöhenunterscheidung gleichzeitig einigen Aufschluss über die Anwendbarkeit genannter Methode bei der Vergleichung von Tonqualitäten zu erhalten, wurde sie auf Vorschlag des Herrn Professor Wundt zunächst unseren Versuchen zu Grunde gelegt.

Es wurden bei jedem Versuche drei Töne nach einander angegeben, ein tieferer *T*, ein mittlerer *M_v* und ein höherer *H*. Während in einer Versuchsreihe von etwa 30 Versuchen die beiden Grenztöne *T* und *H* dieselben blieben, wurde der mittlere variable Ton *M_v* so lange erhöht oder erniedrigt, bis er zwischen *T* und *H* genau in der Mitte zu liegen schien. Dabei wurde auf die verschiedenen Zeitfolgen Rücksicht genommen: in einer ersten Zeitfolge

1) Delboeuf, Étude psychophysique, Bruxelles 1873, p. 50; Alfr. Lehmann, Phil. Studien, III, S. 497.

2) Wundt, Physiol. Psychol. 2. Aufl. I, S. 325.

3) G. E. Müller, Zur Grundlegung der Psychophysik. S. 100 und 101.

4) Stumpf, Tonpsychologie. S. 123 f.

wurde jedesmal zuerst der tiefere, dann der mittlere, endlich der höhere der drei Töne angegeben; die Töne folgten sich also in der Richtung T, M_v, H ; in der zweiten Zeitfolge wurde die umgekehrte Reihenfolge H, M_v, T angewendet. Ferner wurde zwischen einem aufsteigenden und absteigenden Verfahren unterschieden, je nachdem man den mittleren Ton zuerst so gewählt hatte, dass er sicher dem tieferen Grenzton T näher lag und ihn allmählich erhöhte, oder dass er dem höheren Grenzton näher liegend empfunden und dann allmählich erniedrigt wurde.

Bei dieser Art der Anwendung der Methode zeigte sich schon nach wenigen Versuchsreihen, dass die Schätzungen über die Empfindungsmitte außerordentlich schwankend und unsicher waren. Es wurde nicht bloß ein Ton als Mitte zwischen den beiden Grenztönen empfunden, sondern oft eine ganze Reihe. Das ist indess nichts Befremdendes und Bedenkliches; man kann von diesen als Mitte geschätzten Tönen wieder den mittelsten als die eigentliche Empfindungsmitte betrachten. Es trat aber sehr oft der Fall ein, dass etwa beim aufsteigenden Verfahren, nachdem schon einige Töne als Mitte geschätzt worden waren, bei fortgesetzter Erhöhung des mittleren variablen Tones derselbe plötzlich wieder als dem tieferen näher liegend empfunden wurde, und umgekehrt beim absteigenden Verfahren. Der Grund hiervon könnte vielleicht in geringer Uebung der Beobachtenden im Schätzen von Tonhöhen gesucht werden. Dagegen lässt sich anführen, dass auch bei einem musikalisch geübten Beobachter diese Abnormitäten wiederholt eintraten. Ein anderer sicher ungünstig wirkender Umstand war der, dass wir die uns zur Verfügung stehenden Töne nicht in der erforderlichen Weise abstufen konnten. Die Abstufungen des mittleren Tones betrugten zufolge der Einrichtung unseres Apparates immer vier Schwingungen. Man empfand dabei zu deutlich einen Unterschied gegen den vorhergehenden Versuch, wenn man auch über die Richtung der Höhenänderung des mittleren Tones nicht klar wurde. Dies wirkte störend auf das Urtheil ein.

Nun folgt daraus, dass die Methode in dieser Form bei unseren Versuchen nicht zu sicheren Resultaten führte, noch nicht, dass damit ihre Anwendbarkeit überhaupt im Gebiet der Tonempfindungen oder gar in allen Sinnesgebieten außer im Gebiet des Gesichts-

sinnes ausgeschlossen sei. Es ist im Gegentheil wahrscheinlich, dass mittelst dieser Methode auch bei Tonqualitäten sich erfolgreiche Versuche erzielen lassen, wenn nur der variable Ton hinreichend fein abgestuft werden kann. Versuche mit Stimmgabeln z. B., bei denen man die den mittleren Ton erzeugende Gabel durch Verschiebung von Laufgewichten fein genug verstimmen kann, ergeben jedenfalls ziemlich rasch befriedigende Resultate. Die bei unseren Versuchen mit derselben gemachten Erfahrungen fielen jedoch ungünstig aus, und wir wurden daher nach kurzer Zeit veranlasst, die Methode in dieser Form aufzugeben. Doch wurde bei den weiteren Versuchen an dem Princip derselben theilweise festgehalten, indem sie mit der Methode der richtigen und falschen Fälle combinirt wurde. Darnach wurde in folgender Weise verfahren:

Es wurden wieder bei jedem Versuche drei Töne nach einander angegeben und zwar in Pausen von etwa einer Secunde, und es handelte sich darum, jedesmal zu entscheiden, ob der mittlere M , der drei Töne dem tieferen T oder dem höheren H näher lag, oder gerade die Mitte zwischen beiden hielt. Es kam dabei also nicht darauf an, den mittleren Ton so abzustufen, dass er als Mitte empfunden wurde, sondern es handelte sich nur darum, in jedem einzelnen Falle ein Urtheil über die Lage desselben gegen die beiden Grenztöne sich zu bilden. Das Urtheil wurde von jedem der Beobachter notirt mit u , o oder m ; d. h. dem unteren näher, oder dem oberen näher oder in der Mitte liegend. Auf einen ersten Versuch folgte nach etwa 3 bis 4 Secunden ein zweiter, bei welchem die beiden Grenztöne T und H dieselben blieben, der mittlere Ton M , aber ein anderer war. Wieder musste darüber entschieden werden, ob derselbe u , o oder m sei. In dieser Weise wurde fortgefahren. Nach etwa 30, später meist 50 Versuchen trat, um der etwaigen Ermüdung, die ja im Gebiet des Gehörsinns ohnedies geringer ist als in anderen Sinnesgebieten, vorzubeugen, eine Ruhepause von einigen Minuten ein. Innerhalb der gewöhnlichen Uebungszeit von zwei Stunden, welche in der Regel auf die Zeit von 2 bis 4 Uhr fiel, wurden gegen 300 Versuche ausgeführt. Im Ganzen sind über 110 000 einzelne Urtheile abgegeben worden.

Durch das Notiren der Urtheile wurde es möglich, dass mehrere

Personen gleichzeitig vollständig unabhängig von einander beobachten konnten. Die größte Zahl der Schätzungen rührt von Herrn Peisker (*P*) und mir (*Lz*) her. Später nahmen außer den beiden Genannten die Herren Reichardt (*R*) und Dr. Lehmann (*Ln*) an den Versuchen Theil; und in einer dritten Periode betheiligten sich außer *Lz* daran die Herren Marburg (*M*), Pisynos (*Ps*) und Bourdon (*B*). Von diesen Beobachtern war *P* musikalisch sehr gut beanlagt; er spielte Clavier und sang; auch *R* und *Ps* waren musikalisch gut beanlagt; *R* spielte zu seiner Unterhaltung Clavier, *Ps* Violine und Orgel. Weniger musikalisches Gehör besaßen *Lz*, *M* und *B*; ersterer hört zwar Musik gern, hat auch früher Clavierunterricht gehabt, jedoch ohne nennenswerthen Erfolg. Ziemlich unmusikalisch war *Ln*; er konnte anfangs kaum unterscheiden, welcher der beiden Grenztöne der höhere war. Ueber die Lage des mittleren der drei Töne eines Versuchs ein Urtheil abzugeben, war ihm zuerst ganz unmöglich; nach kurzer Zeit der Uebung, wobei ihm seine in anderen Sinnesgebieten ausgebildete Beobachtungsgabe sehr zu statten kam, konnte er wenigstens unterscheiden, ob der mittlere Ton dem ersten oder dem letzten der drei aufeinander folgenden Töne, nicht aber, ob er dem tieferen oder dem höheren näher lag. Später gelang ihm auch diese Unterscheidung bis zu einem gewissen Grade. Wiederum ein deutliches Beispiel dafür, mit welcher Schnelligkeit das Tonurtheil durch Uebung sich vervollkommnet¹⁾. Die Ausführung der Experimente, welche eine außerordentlich einfache war, wurde abwechselnd von einem der Theilnehmer besorgt. Theilweise wurden wir hierin unterstützt von Herrn Wolfe und Herrn Bobtschew. Allen diesen Herren sei an dieser Stelle dafür der verbindlichste Dank ausgesprochen.

Um die Versuche möglichst systematisch durchzuführen, habe ich vorher Tabellen entworfen, in denen die Aufeinanderfolge der Versuche fixirt und jeder Versuch mit einer Nummer versehen war. Der Experimentator las wie von einem Notenblatt die drei den Versuch bildenden Töne ab; vor jedem Versuch gab er immer die laufende Nummer desselben an, was gleichzeitig als Avertissement

1) Stumpf, Tonpsychologie, S. 79.

für den Beginn des Versuchs diene. Die Lage des mittleren Tones gegen die beiden Grenztöne änderte sich bei jedem Versuche, aber nicht nach einem bestimmten Princip, welches den Beobachtern hätte bekannt werden können, sondern ganz willkürlich. Doch wurde dabei, um den etwaigen Einfluss des vorangehenden Urtheils auf das folgende möglichst zu vermeiden, darauf geachtet, dass die mittleren variablen Töne in zwei aufeinander folgenden Einzelversuchen nicht zu nahe an einander lagen. Ferner wurde bei zwei aufeinander folgenden Versuchen fast immer die Zeitfolge gewechselt. War in dem einen Versuche zuerst der tiefere, dann der mittlere, endlich der höhere Ton angegeben worden, so war in dem darauf folgenden Versuche die Aufeinanderfolge meist die umgekehrte: voran der höhere, dann der mittlere, endlich der tiefere der drei Töne. Der seiner Höhe nach mittlere Ton war auch der Zeit nach immer der mittlere. Der leichteren Unterscheidung halber wollen wir die erste Folge, bei der der tiefere Ton vorangeht, also die Folge $T M_v H$ die Zeitfolge I , die andere Folge $H M_v T$ die Zeitfolge II nennen.

Um von dem Gang der Versuche einer Reihe ein klares Bild zu geben, sei eine Anzahl einzelner Versuche angeführt, wie dieselben bei der zu allererst untersuchten Reihe, deren Grenztöne 256 und 512 Schwingungen in der Secunde machten, wirklich aufeinander folgten:

1) 256	436	512	6) 512	328	256
2) 256	384	512	7) 256	432	512
3) 512	400	256	8) 512	408	256
4) 256	428	512	9) 256	384	512
5) 512	328	256	10) 512	428	256
			etc.	etc.	

Die Zahlen bedeuten die Schwingungszahlen der angegebenen Töne. Je drei nebeneinander stehende Töne bilden einen Versuch. Man sieht hieran sowohl, wie der mittlere der drei Töne eines Versuchs variiert, als auch wie in der Zeitfolge bei den aufeinander folgenden Versuchen gewechselt wurde. Es kam höchst selten vor, dass dieselbe Versuchsreihe, d. h. eine Reihe mit denselben beiden Grenztönen, an demselben Tage zweimal ausgeführt wurde. Geschah es,

so wurde doch die Aufeinanderfolge der Versuche in irgend einer Weise modificirt. Ueberhaupt wurde fast vor jeder Wiederholung einer Reihe, auch wenn dieselbe erst am nächsten Versuchstage erfolgte, die Form der Reihe geändert. Den Beobachtern war also die Aufeinanderfolge der Versuche sowie die Lage des mittleren Tones gegen die beiden Grenztöne vollständig unbekannt, das Verfahren somit ein unwissentliches.

Mit Rücksicht auf all diese im Vorangehenden mitgetheilten Vorsichtsmaßregeln, welche bei unseren Versuchen beobachtet wurden, darf wohl der höchste Grad objectiver Zuverlässigkeit der Urtheile vorausgesetzt werden. Störende einseitig wirkende Einflüsse, z. B. der der Erwartung, wie sie sich bei Versuchen, in denen die zu beurtheilenden Reize stetig in einer Richtung verändert werden, wohl immer geltend machen, scheinen mir hierbei vollständig ausgeschlossen, da ja bei jedem Versuche ein von dem vorhergehenden völlig unabhängiges neues Urtheil zu bilden ist. Allerdings lassen sich bei den einzelnen Versuchen der Einfluss der fortwährenden Schwankungen unseres Bewusstseins, sowie die Einflüsse, welche namentlich bei der Vergleichung aufeinander folgender Empfindungen ihre Wirkung ausüben, auch hier nicht vermeiden. Daher kommt es, dass die Urtheile über die Lage des mittleren Tones zu den beiden Grenztönen bei den einzelnen Versuchen nur zum Theil richtig ausgefallen sind, wie dies bei der Anwendung der Methode der richtigen und falschen Fälle oder einer mit ihr combinirten Methode immer der Fall sein wird. Nur in einem Theile der Fälle, in welchen im Laufe der Untersuchung ein und derselbe Ton als der mittlere zwischen denselben beiden Grenztönen auftrat, wurde richtig geschätzt, dass dieser Ton etwa dem tieferen Grenztone näher lag; in einem anderen Theile der Fälle wurde er fälschlich als dem höheren Grenzton näher liegend geschätzt; in einem dritten Theile der Fälle wurde er als Mitte zwischen den beiden Grenztönen empfunden. Zweifelhafte Fälle traten bei uns nur in den Vorversuchen auf; später wurden immer bestimmte Urtheile abgegeben. War einer der Beobachter jedoch nicht ganz sicher über sein bei einem Versuche abgegebenes Urtheil, so wurde auf seinen Wunsch dieser Versuch wiederholt.

Die auf diese Weise gewonnenen Resultate sind in den

folgenden Tabellen niedergelegt, zu deren Erläuterung Folgendes bemerkt sei:

Ueber jeder Tabelle sind die drei Töne T , M , H durch ihre Schwingungszahlen angegeben. Dabei bedeuten, wie früher, T und H die beiden Grenztöne, M die absolute Reizmitte, d. h. den Ton, der seiner Schwingungszahl nach gleichweit von den beiden Grenztönen entfernt liegt. Daneben ist in Klammern noch das durch die kleinsten ganzen Zahlen ausdrückbare Verhältniss der Schwingungszahlen dieser drei Töne verzeichnet. Die erste mit M_v bezeichnete Columne enthält die Schwingungszahlen der mittleren variablen Töne; in den weiteren mit P , Lz , R , Ln , M , Ps , B versehenen Columnen sind die Schätzungen der verschiedenen Beobachter angegeben. Jede dieser Columnen zerfällt in zwei kleinere durch I und II bezeichnete, welche die Schätzungen bei der ersten resp. zweiten Zeitfolge enthalten. Darunter befinden sich je drei Columnen, welche die Buchstaben u , m , o tragen. Sie enthalten die Zahlen, welche angeben, wie viel Mal jeder der in der ersten Columne aufgezeichneten variablen Töne als u , m oder o geschätzt wurde. Diese Zahlen sind alle auf 100 reducirt; dadurch wird die Vergleichung der Versuchsergebnisse wesentlich erleichtert. Dabei muss aber darauf geachtet werden, dass nicht allen diesen Zahlen der gleiche objective Werth zukommt. Die Zahlen, denen eine größere Zahl von Einzelbestimmungen zu Grunde liegt; gewähren offenbar einen größeren Grad von Sicherheit dafür, dass sie die Verhältnisse in der Weise ausdrücken, wie sie wirklich sind, als die, welche aus einer geringeren Zahl von Einzelbestimmungen gewonnen sind. Um sich von dem Grade der Genauigkeit der in den Tabellen enthaltenen Zahlen in jedem Falle eine klare Vorstellung machen zu können, ist in jeder Tabelle in den mit n bezeichneten Columnen die Zahl der Einzelbestimmungen angegeben, welche für jeden der variablen Töne unter M_v bei je einer Zeitfolge von jedem Beobachter ausgeführt wurden. Man sieht daraus, dass diese Zahlen nicht bei allen Tönen dieselben sind, dass meist die Reizmitte weitaus bevorzugt wurde. Es zeigte sich nämlich schon nach wenigen Versuchen, dass die Empfindungsmitte, d. h. der Ton, welcher unserer Empfindungsschätzung nach der Mitte zwischen den beiden Grenztönen entspricht, wahrscheinlich

Tabelle II.

T : M : H = 34 : 68 : 102 (= 1 : 2 : 3).

M _v	L _z						M						P ₈						B					
	I			II			I			II			I			II			I			II		
	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o
50	100	—	—	96	—	4	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	80	20	—	100	—	—
52	96	4	4	92	4	4	90	10	—	100	—	—	90	—	—	90	10	—	90	10	—	100	—	—
54	96	4	4	92	4	4	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	90	10	—	100	—	—
56	100	—	—	92	4	4	90	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	90	10	—	100	—	—
58	96	4	—	92	—	8	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	90	10	—	100	—	—
60	99	—	—	89	2	9	92	—	8	85	10	5	93	—	7	98	2	—	85	12	3	95	5	—
62	97	2	1	80	8	12	55	27	18	58	30	12	93	—	7	98	2	—	75	25	—	93	7	—
64	88	7	5	70	8	22	75	8	17	72	20	8	85	5	10	85	8	7	72	23	5	95	5	—
66	88	10	2	68	12	20	50	30	20	45	37	18	83	7	10	68	15	17	77	23	—	88	12	—
68	87	13	—	49	14	37	38	25	37	30	42	28	38	25	37	8	70	22	63	32	5	85	15	—
70	59	30	11	21	33	46	37	18	45	37	35	28	15	5	80	12	10	78	60	35	5	90	8	2
72	36	39	25	5	16	79	8	10	82	15	30	55	8	10	95	—	—	100	45	38	17	30	48	22
74	47	34	19	5	24	71	3	12	85	—	22	78	—	2	98	3	12	85	17	65	18	50	35	15
76	47	43	10	3	23	74	—	5	95	2	13	85	2	—	98	2	5	93	13	57	30	35	45	20
78	24	44	32	4	32	64	10	10	80	10	10	80	—	—	80	80	—	7	80	20	20	50	30	30
80	24	28	48	—	—	100	—	—	100	10	—	90	—	—	100	—	—	100	—	30	70	—	20	80
82	8	16	76	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	10	90	—	—	—	10	90	—	10	90
84	—	40	60	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	—	100	—	—	10	—	90	10	10	80
86	—	28	72	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	—	100	—	—	—	10	90	—	—	100

Tabelle III.

T : M : H = 40 : 84 : 128 (= 10 : 21 : 32).

M_r	I_z						M						F_8						B						
	I			II			I			II			I			II			I			II			
	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	
68	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	
70	100	—	—	92	4	4	90	10	—	90	10	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	
72	96	—	4	96	—	—	90	—	10	90	—	10	100	—	—	100	—	—	100	—	—	90	—	10	
74	96	4	—	96	—	4	90	10	—	90	10	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	
76	99	1	—	92	3	5	93	5	2	93	5	2	98	2	—	98	2	—	98	2	—	92	8	—	
78	100	—	—	85	7	8	88	2	10	63	32	5	98	2	—	93	5	2	93	5	2	90	10	—	
80	92	8	—	75	11	14	55	17	28	47	28	25	83	2	15	88	5	7	88	5	7	85	15	—	
82	73	26	1	34	19	47	25	38	37	20	35	45	68	2	30	55	25	20	55	25	20	50	45	2	
84	70	25	5	26	39	35	18	42	40	7	35	58	42	25	33	15	30	55	40	2	58	40	2	53	
86	64	30	6	14	30	56	13	30	57	—	33	67	22	18	60	10	42	48	43	42	15	35	45	20	
88	47	36	17	8	9	83	15	17	68	5	17	78	5	2	93	8	2	90	33	40	27	28	40	32	
90	23	43	34	1	2	97	5	2	93	2	8	90	2	—	98	5	5	90	32	35	33	8	25	67	
92	25	35	40	1	8	91	5	7	88	—	10	90	2	—	98	5	5	90	15	50	35	—	30	70	
94	8	20	72	—	—	100	20	10	70	—	—	100	10	—	90	—	—	100	50	50	50	—	20	80	
96	8	24	68	—	—	100	—	—	100	10	10	80	—	—	100	—	—	100	50	50	50	—	10	90	
98	4	32	64	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	30	70	70	—	10	90	
100	4	12	84	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	—	—	—	100	
102	8	12	80	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	30	70	70	—	—	—	100

Tabelle IV.

$T : M : H = 48 : 78 : 108 (= 8 \cdot 13 : 18)$.

M_0	Lz						n	M						n	P_8						n	B						
	I			II				I			II				I			II				I			II			
	u	m	o	u	m	o		u	m	o	u	m	o		u	m	o	u	m	o		u	m	o	u	m	o	
60	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	
62	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	
64	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	
66	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	
68	100	—	—	100	—	—	90	10	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	80	10	10	90	10	—	
70	93	6	1	93	—	7	90	10	—	90	5	5	90	5	5	90	5	5	90	5	5	78	22	—	95	5	—	
72	86	8	6	63	9	28	58	25	17	65	27	8	80	5	15	58	37	5	58	40	2	80	20	—	95	5	—	
74	91	7	2	94	3	3	67	15	18	47	28	25	68	5	27	68	10	22	75	25	—	95	5	—	95	5	—	
76	87	10	3	75	10	15	35	28	37	25	42	33	68	—	32	52	8	40	70	30	—	83	12	5	—	—	—	
78	73	20	7	49	29	22	10	38	52	18	52	30	27	18	55	32	10	58	55	45	—	65	20	15	—	—	—	
80	55	38	7	20	35	45	—	30	70	10	27	63	13	5	82	17	23	60	15	75	10	45	35	20	—	—	—	
82	17	44	39	5	24	71	—	5	95	5	12	83	7	3	90	2	18	80	2	53	45	15	40	45	—	—	—	
84	37	29	34	1	11	88	—	2	98	—	5	95	2	—	98	—	2	98	2	60	38	2	18	80	—	—	—	—
86	15	28	57	2	2	96	2	—	98	2	5	93	2	—	98	—	—	100	5	38	57	—	20	80	—	—	—	—
88	8	8	84	—	—	100	—	—	100	—	10	90	—	10	90	—	—	100	—	40	60	—	—	100	—	—	—	—
90	—	—	—	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	100	—	—	—	100	—	—	—	—
92	—	—	—	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	100	—	—	—	100	—	—	—	—
94	4	—	—	—	—	100	—	—	100	—	10	90	—	—	100	—	—	100	—	100	—	—	—	100	—	—	—	—

Tabelle VI.

T : M : H = 176 : 208 : 240 (= 11 : 13 : 15).

M ₀	P						Lz						R						Ln					
	I			II			I			II			I			II			I			II		
	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o
184	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—
188	98	—	2	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—
192	98	—	2	100	—	—	100	—	—	95	5	—	100	—	—	92	4	4	100	—	—	100	—	—
196	100	—	—	100	—	—	100	—	—	92	1	7	100	—	—	71	25	4	100	—	—	100	—	—
200	99	—	1	96	3	1	98	—	2	86	3	11	98	—	7	67	29	4	93	—	—	75	22	3
204	95	—	4	93	2	5	93	5	2	50	5	45	92	4	4	50	25	25	44	37	19	56	22	22
208	72	28	—	46	44	10	81	16	3	37	23	40	100	—	—	32	11	46	28	22	50	44	25	31
212	83	2	15	59	13	28	37	47	16	8	14	78	61	14	25	4	39	57	25	25	50	28	12	60
216	51	—	49	50	8	42	26	33	41	2	3	95	14	29	57	7	18	75	19	22	59	25	22	53
220	6	—	94	17	1	82	10	14	76	1	1	98	—	50	50	14	7	79	12	3	85	22	16	62
224	4	4	92	2	2	96	4	5	91	—	—	100	7	50	43	4	11	85	9	3	88	9	3	88
228	2	5	93	—	—	100	2	4	94	—	—	100	4	14	82	—	7	93	6	3	91	3	3	91
232	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	4	96	—	—	100	3	3	94	6	3	94
236	2	—	98	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	3	—	97	—	—	100

Tabelle VII.

T: M: H = 256 : 384 : 512 (= 2 : 3 : 4).

M _v	P						Iz						n
	I			II			I			II			
	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	
340	100	—	—	100	—	—	98	2	—	—	—	—	50
344	100	—	—	96	—	—	98	4	—	—	—	—	
348	98	—	2	100	—	—	98	—	4	—	—	—	
352	100	—	—	100	—	—	96	—	4	—	—	—	
356	100	—	—	96	—	—	82	4	14	88	4	8	
360	98	—	2	86	—	14	88	2	10	84	6	10	
364	98	—	2	96	—	4	78	8	14	94	2	4	
368	100	—	—	96	—	—	76	12	12	86	10	4	
372	90	2	8	80	12	8	44	16	40	50	46	4	
376	96	2	2	90	6	4	60	20	20	58	40	2	
380	86	14	—	62	32	6	40	26	34	52	32	16	
384	3	96	1	1	98	1	9	82	9	4	88	8	
388	46	34	20	54	12	34	10	74	16	6	80	14	
392	42	2	56	50	—	50	16	28	56	16	52	32	
396	16	—	84	—	—	100	4	14	82	8	24	68	
400	18	—	82	4	—	96	4	22	74	2	16	82	
404	4	—	96	2	—	98	6	6	88	2	18	80	
408	6	—	94	2	—	98	4	2	94	4	4	92	
412	2	—	98	—	—	100	2	4	94	2	12	86	
416	2	—	98	—	—	100	2	2	98	2	2	98	
420	2	—	98	—	—	100	6	6	88	—	2	98	
424	—	—	100	—	—	100	2	—	98	—	2	—	
428	—	—	100	—	—	100	2	—	98	—	—	—	

Tabelle VIII.

T: M: H = 264 : 396 : 528 (= 2 : 3 : 4).

M _v	P						Iz						n
	I			II			I			II			
	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	
356	100	—	—	100	—	—	100	—	—	—	—	—	20
360	100	—	—	100	—	—	100	—	—	—	—	—	
364	100	—	—	100	—	—	100	—	—	—	—	—	
368	100	—	—	100	—	—	100	—	—	—	—	—	
372	100	—	—	100	—	—	100	—	—	—	—	—	
376	100	—	—	100	—	—	100	—	—	—	—	—	
380	100	—	—	98	—	—	98	—	—	—	—	—	
384	98	—	2	97	—	—	97	—	—	—	—	—	
388	100	—	—	96	—	—	96	—	—	—	—	—	
392	98	1	1	96	4	—	96	4	—	—	—	—	
396	50	44	6	23	65	12	50	44	6	1	18	51	
400	27	39	34	13	71	16	40	24	67	9	4	45	
404	46	3	51	19	9	72	80	16	63	21	1	9	
408	13	—	87	2	—	98	60	8	50	42	2	7	
412	5	—	95	—	—	100	60	10	25	65	—	2	
416	—	—	100	—	—	100	40	30	70	—	—	—	
420	—	—	100	—	—	100	20	5	10	85	—	—	
424	—	—	100	—	—	100	20	5	5	90	—	—	
428	5	—	95	—	—	100	20	—	20	80	—	—	
432	—	—	100	—	—	100	20	—	100	—	—	—	
436	—	—	100	—	—	100	20	5	10	85	—	—	

Tabelle X.

$T : M : H = 256 : 320 : 384 (= 4 : 5 : 6)$.

M_p	P						I_x							
	I			II			I			II				
	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o		
	n			n			n			n				
288	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	70	
292	100	—	—	99	—	1	99	3	—	100	—	—	70	
296	100	—	—	100	—	—	100	4	2	100	—	—	70	
300	100	—	—	100	—	—	100	17	6	95	4	1	70	
304	100	—	—	100	—	—	100	23	8	97	2	1	70	
308	100	—	—	100	—	—	100	28	17	92	7	1	90	
312	98	1	1	93	6	1	110	40	10	83	14	3	110	
316	73	26	1	64	31	5	110	19	77	4	53	42	5	110
320	5	95	—	6	94	—	430	2	97	1	36	61	3	430
324	44	45	11	28	57	15	110	6	81	13	30	47	23	110
328	32	13	55	15	6	79	110	4	43	53	16	15	69	110
332	21	—	79	7	—	93	90	2	19	79	22	3	75	90
336	9	—	91	—	—	100	70	—	7	93	6	4	90	70
340	—	—	100	—	—	100	70	—	6	94	3	—	97	70
344	3	—	97	1	—	99	70	—	4	96	10	—	90	70
348	4	—	96	—	—	100	70	—	1	99	3	—	97	70
352	—	—	100	—	—	100	70	—	—	100	—	—	100	70

Tabelle IX.

$T : M : H = 300 : 400 : 500 (= 3 : 4 : 5)$.

M_p	P						I_x							
	I			II			I			II				
	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o		
	n			n			n			n				
368	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	20	
372	100	—	—	100	—	—	95	5	—	100	—	—	20	
376	97	3	100	—	—	40	100	—	—	97	3	—	40	
380	100	—	—	100	—	—	100	—	—	93	7	—	40	
384	100	—	—	98	2	60	98	2	—	87	6	7	60	
388	100	—	—	100	—	—	95	2	3	87	5	8	60	
392	100	—	—	99	—	1	80	76	21	3	59	32	9	80
396	88	6	6	84	12	4	80	37	58	5	24	40	36	80
400	54	42	4	43	47	10	100	18	79	3	15	30	55	100
404	54	29	17	27	33	40	80	6	84	10	4	4	92	80
408	35	22	43	9	1	90	80	6	65	29	6	3	91	80
412	7	5	88	7	—	93	60	2	30	68	7	3	90	60
416	3	—	97	—	—	100	60	8	—	92	—	—	100	60
420	—	—	100	—	—	100	40	—	—	100	—	—	100	40
424	5	—	95	—	—	100	40	—	—	100	—	—	100	40
428	—	5	95	—	—	100	20	—	—	100	—	—	100	20
432	—	—	100	—	—	100	20	—	—	100	—	—	100	20

Tabelle XII.

T : M : H = 340 : 408 : 476 (= 5 : 6 : 7).

M_v	P						Lz						n	
	I			II			I			II				
	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o		
372	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	20	
376	95	—	5	100	—	—	100	—	—	100	—	—	20	
380	95	—	5	100	—	—	100	—	—	100	—	—	20	
384	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	40	
388	98	—	2	100	—	—	100	—	—	100	—	—	40	
392	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	60	
396	98	—	2	100	—	—	100	—	—	100	—	—	60	
400	98	—	1	63	22	15	80	81	14	5	50	16	34	80
404	85	3	12	61	11	28	80	45	40	15	24	16	60	80
408	62	25	13	25	22	53	100	24	50	26	13	13	74	100
412	59	7	34	11	3	86	80	12	49	39	5	14	81	80
416	20	1	79	—	—	100	80	6	30	64	—	3	97	80
420	13	2	85	2	—	98	60	3	37	60	—	—	100	60
424	—	—	—	—	—	100	60	7	17	76	—	—	100	60
428	—	—	—	—	—	100	40	—	8	92	—	—	100	40
432	—	—	—	—	—	100	40	—	7	93	—	—	100	40
436	—	—	—	—	—	100	20	5	—	95	—	—	100	20
440	—	—	—	—	—	100	20	—	—	100	—	—	100	20
444	—	—	—	—	—	100	20	—	—	100	—	—	100	20
448	—	—	—	—	—	100	20	—	—	100	—	—	100	20

Tabelle XI.

T : M : H = 320 : 384 : 448 (= 5 : 6 : 7).

M_v	P						Lz						n	
	I			II			I			II				
	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o		
344	100	—	—	100	—	—	98	2	—	96	2	2	2	50
348	98	—	2	98	2	—	94	4	—	98	—	2	2	50
352	98	—	2	98	2	—	94	2	4	96	4	—	—	50
356	98	—	2	88	12	—	96	2	2	88	12	4	—	50
360	100	—	—	74	26	—	86	14	—	72	24	4	—	50
364	100	—	—	90	2	8	70	22	8	88	10	2	—	50
368	94	4	2	80	14	6	66	30	4	78	20	2	—	50
372	86	14	—	80	16	4	52	40	8	62	36	2	—	50
376	78	16	6	64	32	4	20	68	12	50	44	6	—	50
380	72	6	22	38	24	38	46	28	26	46	14	40	—	50
384	27	68	5	9	80	11	4	88	8	9	80	11	—	350
388	52	22	26	36	14	50	2	76	22	16	52	32	—	350
392	30	20	50	10	8	82	4	28	68	4	44	52	—	350
396	8	84	—	84	—	4	8	30	62	12	8	80	—	350
400	6	10	84	2	6	92	2	12	86	4	2	94	—	50
404	2	—	98	—	2	98	6	10	84	—	—	100	—	50
408	2	—	98	—	—	100	2	2	96	—	—	2	98	50
412	4	—	96	—	—	100	—	4	96	—	—	—	—	50
416	—	—	100	—	—	98	—	4	96	—	—	—	—	50
420	—	—	100	—	—	100	—	4	94	—	—	—	—	50

Tabelle XIII.

$T : M : H = 256 : 288 : 320 (= 8 : 9 : 10)$.

M_v	P						n	Lz						n
	I			II				I			II			
	u	m	o	u	m	o		u	m	o	u	m	o	
268	100	—	—	100	—	—	50	96	—	4	98	2	—	50
272	100	—	—	100	—	—		96	—	4	100	—	—	
276	100	—	—	96	4	—	250	94	4	2	94	4	2	250
280	96	4	—	88	12	—		80	6	14	82	16	2	
284	18	82	—	30	68	2	50	2	96	2	36	62	2	50
288	2	98	—	4	96	—		—	97	3	14	83	3	
292	20	74	6	44	50	6	50	—	86	14	20	72	8	50
296	54	4	42	62	2	36		16	8	76	26	12	62	
300	8	—	92	10	—	90	50	4	6	90	4	4	92	50
304	—	—	100	—	—	100		—	—	100	2	4	94	
308	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100		

Tabelle XIV.

$T : M : H = 256 : 272 : 288 (= 16 : 17 : 18)$.

M_v	P						n	Lz						n
	I			II				I			II			
	u	m	o	u	m	o		u	m	o	u	m	o	
260	100	—	—	100	—	—	50	100	—	—	100	—	—	50
264	100	—	—	100	—	—	50	100	—	—	98	—	2	50
268	66	32	2	82	4	14	50	46	40	14	82	14	4	50
272	29	68	3	44	42	14	200	1	89	10	29	59	12	200
276	18	62	20	12	60	28	50	2	64	34	12	60	28	50
280	—	4	96	2	14	84	50	—	22	78	—	—	100	50
284	—	—	100	—	—	100	50	2	—	98	2	—	98	50

Tabelle XV.

$T : M : H = 480 : 496 : 512 (= 30 : 31 : 32)$.

M_v	P						n	Lz						n
	I			II				I			II			
	u	m	o	u	m	o		u	m	o	u	m	o	
484	96	4	—	100	—	—	50	100	—	—	88	2	10	50
488	92	8	—	100	—	—	50	100	—	—	94	2	4	50
492	70	30	—	94	6	—	50	72	22	6	80	14	6	50
496	10	85	5	42	50	8	200	16	70	14	15	68	17	200
500	10	22	68	4	58	38	50	10	28	62	6	32	62	50
504	—	—	100	—	2	98	50	2	12	86	2	4	94	50
508	—	—	100	—	—	100	50	2	—	98	2	—	98	50

Tabelle XVI.

 $T : M : H = 296 : 360 : 424 (= 37 : 45 : 53).$

M_v	P						n	Lz						n
	I			II				I			II			
	u	m	o	u	m	o		u	m	o	u	m	o	
324	100	—	—	100	—	—	50	100	—	—	100	—	—	50
328	100	—	—	100	—	—		90	6	4	100	—	—	
332	100	—	—	98	2	—	90	8	2	98	2	—		
336	100	—	—	100	—	—	88	10	2	100	—	—		
340	100	—	—	90	4	6	50	58	36	6	94	6	—	50
344	100	—	—	90	6	4		72	18	10	82	12	6	
348	96	4	—	82	18	—	58	28	14	76	22	2		
352	88	12	—	54	40	6	18	74	8	64	32	4		
356	76	22	2	30	54	16	20	64	16	24	54	22		
360	20	79	1	3	88	9	400	2	94	4	9	67	24	400
364	18	56	26	10	48	42		2	94	4	8	54	38	
368	36	24	40	44	16	40	6	56	38	26	42	32		
372	20	26	54	—	—	100	10	34	56	16	14	70		
376	30	6	64	—	—	100	—	20	80	10	4	86		
380	4	—	96	4	—	96	50	2	8	90	2	—	50	
384	8	—	92	—	2	98		2	4	94	4	6		90
388	8	—	92	—	—	100	10	2	88	10	4	86		
392	—	—	100	—	—	100	—	2	98	—	4	96		
396	—	—	100	—	—	100	—	2	98	2	—	98		
400	—	—	100	—	—	100	2	—	98	—	—	100		

Tabelle XVII.

 $T : M : H = 388 : 428 : 468 (= 97 : 107 : 117).$

M_v	P						n	Lz						n
	I			II				I			II			
	u	m	o	u	m	o		u	m	o	u	m	o	
400	100	—	—	98	2	—	50	100	—	—	98	2	—	50
404	100	—	—	100	—	—		100	—	—	96	4	—	
408	100	—	—	98	—	2	96	—	4	86	12	2		
412	98	2	—	84	16	—	86	10	4	66	34	—		
416	92	8	—	56	40	4	78	18	4	24	70	6		
420	94	4	2	64	34	2	68	22	10	24	70	6		
424	58	34	8	70	22	8	50	44	6	24	68	8		
428	19	74	7	11	78	11	300	23	71	6	6	85	9	300
432	20	68	12	8	54	38		14	74	12	12	66	22	
436	16	56	28	—	52	48	12	48	40	—	74	26		
440	18	56	26	2	32	66	4	32	64	4	34	62		
444	4	18	78	2	12	86	50	—	12	88	2	14	84	50
448	2	2	96	—	—	100		—	—	100	—	6	94	
452	—	—	100	2	—	98	—	—	100	—	2	98		
456	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100		

Tabelle XIX.

T : M : H = 800 : 900 : 1000 (= 8 : 9 : 10).

M _v	P						Lz						R						Ln						n
	I			II			I			II			I			II			I			II			
	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	
840	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	85	15	—	92	—	—	8
844	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	92	23	15	92	—	—	8
848	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	61	8	31	100	—	—	8
852	100	—	—	100	—	—	96	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	92	8	84	8	—	—	8
856	96	4	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	69	8	23	85	15	—	—
860	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	77	8	15	100	—	—	—
864	100	—	—	100	—	—	96	4	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	70	15	15	100	—	—	—
868	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	46	23	31	92	—	—	8
872	96	—	4	100	—	—	96	—	4	96	—	4	96	—	4	96	—	4	77	7	15	100	—	—	—
876	98	1	1	99	—	—	90	6	4	98	1	1	98	1	1	98	1	1	73	21	6	71	19	10	8
880	94	4	2	94	5	1	90	7	3	95	2	3	95	2	3	95	2	3	58	36	6	56	36	8	11
884	97	3	—	83	17	—	60	32	8	90	3	7	90	3	7	90	3	7	45	53	2	40	54	6	14
888	86	8	6	83	16	1	56	37	7	95	4	1	95	4	1	95	4	1	36	62	2	36	62	2	14
892	64	34	2	63	37	—	50	45	5	78	16	6	78	16	6	78	16	6	15	77	8	11	81	8	14
896	78	21	1	79	19	2	27	72	1	81	10	9	81	10	9	81	10	9	11	87	2	23	73	4	—
900	56	36	8	70	26	4	20	77	3	77	13	10	77	13	10	77	13	10	11	85	4	29	67	4	—
904	51	38	11	65	25	10	18	74	8	64	19	17	64	19	17	64	19	17	4	86	10	14	67	19	32
908	55	26	19	67	12	21	15	59	26	59	10	31	59	10	31	59	10	31	8	71	21	19	45	36	32
912	63	10	27	66	4	30	10	58	32	49	17	34	49	17	34	49	17	34	8	54	38	21	44	35	53
916	42	18	40	56	2	42	10	44	46	38	11	51	38	11	51	23	62	12	15	23	62	12	30	58	42
920	16	—	84	31	—	69	3	18	79	27	6	67	27	6	67	15	10	75	15	10	75	10	12	78	44
924	7	—	93	18	—	82	6	8	86	21	3	76	21	3	76	13	8	79	13	8	79	10	2	88	61
928	8	—	92	16	—	84	8	12	80	8	—	82	8	—	82	16	8	84	16	—	84	31	—	69	38
932	12	—	88	12	—	88	—	—	100	12	—	88	—	—	88	16	—	84	8	—	84	8	—	92	62
936	4	—	96	4	—	96	—	—	100	4	—	96	—	—	96	—	—	84	—	—	100	—	—	100	54
940	—	—	100	8	—	92	—	—	96	—	—	100	—	—	100	—	—	92	—	—	100	—	—	100	62
944	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	8	—	100	—	—	100	72
948	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	92	—	—	100	—	—	100	62
952	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	92	—	—	100	—	—	100	77
956	4	—	96	—	—	96	—	—	96	—	—	100	—	—	96	—	—	100	—	—	100	—	—	100	85
960	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	92	—	—	8	—	—	15	100

Tabelle XX.

$T : M : H = 64 : 160 : 256 (= 2 : 5 : 8)$.

M_v	I_x						n	M								
	I			II				I			II					
	u	m	o	u	m	o		u	m	o	u	m	o			
124	100	—	—	100	—	—	10	—	—	—	100	—	—	10		
128	100	—	—	100	—	—	40	—	—	—	100	—	—	40		
132	100	—	—	100	—	—	10	—	—	—	100	—	—	10		
136	100	—	—	100	—	—	10	—	—	—	100	—	—	10		
140	95	3	2	93	—	7	—	—	—	—	100	—	—	—		
144	100	—	—	95	5	—	—	—	—	—	100	—	—	—		
148	90	8	2	93	2	5	—	—	—	—	98	—	2	—		
152	90	10	—	83	5	12	—	—	—	—	90	8	2	—		
156	50	38	12	63	10	27	—	—	—	—	88	8	4	—		
160	48	38	14	38	13	49	—	—	—	—	55	38	28	34		
164	54	33	13	20	8	72	—	—	—	—	20	25	15	7		
168	47	25	28	12	15	73	—	—	—	—	18	32	50	25	28	47
172	40	40	20	8	2	90	—	—	—	—	8	30	62	20	13	67
176	17	25	58	2	8	90	—	—	—	—	2	8	84	10	15	75
180	22	30	48	—	3	97	—	—	—	—	2	8	90	8	8	84
184	30	—	70	—	—	100	10	—	—	—	2	96	2	—	98	—
188	20	—	80	—	—	100	10	—	—	—	10	90	—	—	100	10
192	—	—	100	—	—	100	40	—	—	—	—	93	—	—	100	40
196	10	—	90	—	—	100	10	—	—	—	—	100	—	—	100	10

Tabelle XXI.

$T : M : H = 128 : 320 : 512 (= 2 : 5 : 8)$.

M_v	I_x						n	M									
	I			II				I			II						
	u	m	o	u	m	o		u	m	o	u	m	o				
256	100	—	—	100	—	—	40	—	—	—	98	—	—	2	100	—	40
260	100	—	—	100	—	—	10	—	—	—	90	—	—	10	100	—	10
286	100	—	—	100	—	—	10	—	—	—	60	20	20	100	—	—	10
300	96	2	2	83	5	12	—	—	—	—	50	15	35	93	2	5	—
304	98	—	—	95	5	—	—	—	—	—	50	5	45	87	—	13	—
308	93	5	2	92	3	5	—	—	—	—	40	20	40	83	2	15	—
312	93	5	2	63	12	25	—	—	—	—	47	10	43	80	10	10	—
316	73	22	5	55	20	25	—	—	—	—	35	—	65	83	5	12	—
320	62	30	8	35	13	52	—	—	—	—	30	13	57	75	17	8	—
324	70	25	5	13	30	57	—	—	—	—	13	13	74	58	15	27	—
328	60	27	13	5	27	68	—	—	—	—	8	10	82	52	18	30	—
332	50	32	18	17	23	60	—	—	—	—	2	15	83	30	15	55	—
336	8	50	42	—	10	90	—	—	—	—	2	8	90	35	27	38	—
340	40	27	33	2	15	83	—	—	—	—	5	10	85	27	28	45	—
344	10	40	50	—	—	100	10	—	—	—	10	40	50	20	20	60	10
348	20	—	80	—	—	100	10	—	—	—	—	—	100	40	30	30	10
352	5	—	83	—	—	100	40	—	—	—	—	—	100	20	15	65	40
356	—	—	100	—	—	100	10	—	—	—	—	—	100	10	—	90	10

Tabelle XXII.

$$T : M : H = 256 : 640 : 1024 (= 2 : 5 : 8).$$

M_v	Lz						n	M						n
	I			II				I			II			
	u	m	o	u	m	o		u	m	o	u	m	o	
588	100	—	—	100	—	—	10	100	—	—	100	—	—	10
596	100	—	—	100	—	—	10	80	—	20	100	—	—	10
604	100	—	—	100	—	—	10	90	—	10	100	—	—	10
608	90	10	—	100	—	—	20	75	5	20	95	—	5	20
612	100	—	—	100	—	—	10	100	—	—	100	—	—	10
616	100	—	—	80	20	—	10	80	—	20	90	—	10	10
620	96	2	2	75	5	20	40	78	2	20	88	7	5	40
624	100	—	—	85	7	8		75	5	20	97	—	3	
628	85	13	2	75	17	8		68	7	25	80	12	8	
632	90	10	—	52	13	35		68	17	15	85	2	13	
636	82	8	10	15	27	58		53	10	37	82	5	13	
640	78	17	5	32	13	55		8	12	80	35	25	40	
644	87	8	5	40	20	40		18	10	72	30	15	55	
648	75	13	12	15	17	68		25	17	58	57	10	33	
652	63	20	17	—	15	85		32	10	58	50	8	42	
656	30	28	42	—	13	87		5	2	93	23	20	57	
660	32	15	53	—	2	98	7	8	85	30	20	50		
664	30	—	70	10	30	60	10	—	10	90	20	—	80	10
668	20	—	80	—	—	100	10	—	10	90	—	—	100	10
672	—	10	90	—	—	100	20	—	15	85	—	20	80	20
676	30	—	70	—	—	100	10	—	20	80	40	—	60	10
684	—	—	100	—	—	100	10	—	—	100	—	—	100	10
692	10	—	90	—	—	100	10	—	—	100	—	—	100	10

mit der Reizmitte, d. h. dem Tone, der seiner absoluten Schwingungszahl nach gleichweit von dem tiefen und hohen Grenzton entfernt ist, zusammenfalle oder ihr wenigstens sehr nahe liege. Daher wurde in jeder Versuchsreihe die Reizmitte öfter als die anderen variablen Töne der Vergleichung unterworfen (vgl. in Tabelle VII, XI, XIII bis XVII die Zahlen unter n). Später ist die Versuchsordnung in der Weise modificirt worden, dass nicht blos die Reizmitte, sondern auch die ihr nahe liegenden Töne zu wiederholten Malen in derselben Versuchsreihe auftraten (vgl. Tabelle I—VI, XII, XVIII—XXII). Dadurch wurde in verhältnissmäßig kürzerer Zeit eine größere Zahl von solchen Einzelbestimmungen gewonnen, welche für die Beurtheilung der Verhältnisse namentlich maßgebend sind und daher größeren Werth besitzen, als die Schätzungen, welche sich auf die den Grenztönen einer Reihe näher liegenden variablen Töne beziehen. Die Versuche mit den letzteren wurden

nur ausgeführt, um sie zwischen die mit den in der Nähe der Reizmitte liegenden Tönen angestellten Versuche einzuschieben und dadurch die Beeinflussung eines Urtheils durch das vorangehende möglichst zu vermeiden (S. 47).

Noch sei erwähnt, dass die hier vorliegende Ordnung der Tabellen nicht mit der zeitlichen Ordnung ihrer Entstehung übereinstimmt. Ihrer zeitlichen Entstehung nach sind dieselben in folgende vier Perioden zu ordnen:

1. Periode: Tabelle VII bis XVII.
2. Periode: Tabelle V und VI, XVIII und XIX.
3. Periode: Tabelle I bis IV.
4. Periode: Tabelle XX bis XXII.

Diese zeitliche Anordnung war dadurch bedingt, dass uns zunächst wie schon S. 41 erwähnt wurde, nur die Töne der mittleren Region zur Verfügung standen; erst später wurden die «Tonmesser» für die tieferen und höheren Regionen hergestellt und angeschafft. Die Versuche der vierten Periode wurden noch hinzugefügt, um dieselben auch über größere Tonstrecken, als solche innerhalb einer Octave möglich sind, nämlich über Tondistanzen, die zwei Octaven umfassen, auszudehnen. Die hier gegebene Anordnung der Tabellen ist, wie leicht ersichtlich, nach den Tonregionen, von der Tiefe zur Höhe fortschreitend, vorgenommen worden, so aber, dass die Versuche, die über zwei Octaven sich erstrecken, in den Schlusstabellen XX bis XXII verzeichnet sind.

Nach diesen auf die äußere Einrichtung der Tabellen sich beziehenden Bemerkungen gehen wir zu den Folgerungen über, welche sich aus denselben ziehen lassen.

Es handelte sich, wie im Vorhergehenden auseinander gesetzt wurde, bei unseren Versuchen darum zu entscheiden, welche Lage in der Empfindung der mittlere von drei nach einander angegebenen Tönen zu den beiden Grenztönen hatte. Man sieht leicht ein, dass das Urtheil hierüber keine Schwierigkeit hat, wenn der mittlere der drei Töne nahe an einem der Grenztöne liegt; es lässt sich dann leicht entscheiden, ob er dem tiefen oder dem hohen Grenztöne näher liegt. Es giebt aber zwischen den beiden Grenztönen sicher einen Ton, welcher unserer Empfindung nach die Mitte bildet. Liegt der mittlere variable Ton eines Versuches in der Nähe dieser

Empfindungsmitte, so wird das Urtheil über seine Lage zu den beiden Grenztönen schwieriger und daher schwankend; er wird bald näher dem oberen Grenztone (o), bald näher dem unteren (u), bald als in der Mitte (m) liegend geschätzt werden.

Ein Blick auf die Tabellen zeigt, dass im allgemeinen der aus ihnen ersichtliche Gang der Zahlen diese Verhältnisse zum Ausdruck bringt. Wir sehen, dass bei den der unteren Grenze am nächsten liegenden Tönen M_v die Zahl der u -Schätzungen meist 100 beträgt. Analoges gilt von den der oberen Grenze am nächsten liegenden Tönen M_v ; sie werden in den meisten Fällen richtig als o geschätzt, oder was dasselbe aussagt, die Zahl der o -Schätzungen ist auch hier meist 100. Die kleinen Abweichungen, die hier und da auftreten und in Folge der Reduction der Zahlen auf 100 vielfach bedeutender erscheinen, als sie in Wirklichkeit sind, können wir ohne Bedenken dem Gebiet des Zufalls zuweisen.

Wichtiger als diese den Grenztönen einer Versuchsreihe näher liegenden Gebiete der Töne M_v ist die von ihnen eingeschlossene mittlere Zone, in welcher das Urtheil vielfachen Schwankungen unterworfen ist. Wir sehen zunächst, dass im allgemeinen die u -Schätzungen abnehmen, je mehr sich der Ton M_v von der unteren Grenze entfernt. Diese Abnahme geht aber in vielen Fällen nicht stetig vor sich. Mehrfach zeigt es sich, dass bei einem Tone in der Mitte, meist mit der Reizmitte zusammenfallend, die Zahl der u -Schätzungen eine auffallend geringe geworden ist, dass sie aber, wenn dieser Punkt überschritten ist, oft wieder zu einer ziemlich hohen Zahl ansteigt. Diese Erscheinung macht sich namentlich, doch nicht ausschließlich, bei einer Anzahl von denjenigen Versuchsreihen, meist in beiden Zeitfolgen, bemerklich, in denen die absolute Reizmitte harmonische Intervalle mit den beiden Grenztönen bildet, wie in Tabelle V, VII, VIII, X, XI, XIII, aber auch in Tabelle XVI, wo harmonische Verhältnisse nicht vorliegen. Am deutlichsten ist hier diese Erscheinung wieder zu beobachten bei den musikalisch beanlagteren Beobachtern P und R ; z. B. wird in Tabelle VII, Zeitfolge I von P der Ton $M_v = 384$ Schwingungen, welcher die Reizmitte bildet, unter 100 Versuchen nur 3 mal, der Ton $M_v = 388$ aber 46 mal, der Ton $M_v = 392$ 42 mal etc. als u geschätzt: nicht so auffällig ist die Erscheinung bei dem musikalisch

weniger beanlagten Lz in derselben Tabelle. Ein analoges Verhalten tritt meist bei denselben Versuchsreihen in Bezug auf die o -Schätzungen zu Tage. Mit der größeren Entfernung des Tones M_v von der oberen Grenze nimmt die Zahl der o -Schätzungen ab, erreicht in der Mitte oft einen sehr geringen Werth, steigt aber wieder, trotzdem der Ton M_v sich weiter von der oberen Grenze entfernt, oft zu einer nicht unbedeutenden Höhe; doch ist dieselbe meist geringer als die entsprechende Zahl der u -Schätzungen.

Versuchen wir für diese Erscheinungen eine Erklärung zu geben, so haben wir einerseits auf die Thatsache selbst, andererseits auf den Umstand zu achten, dass diese Erscheinung bei den musikalisch beanlagteren Beobachtern und bei den Reihen, in denen harmonische Intervalle in Betracht kommen, deutlicher hervortritt, als bei den anderen Beobachtern und Versuchsreihen. Die Thatsache selbst deutet darauf hin, dass bei diesen Tönen, bei welchen die u - und o -Schätzungen in so auffallender Weise zurücktreten, die m -Schätzungen also eine sehr hohe Zahl erreichen, die Empfindung der Mitte zwischen den beiden Grenztönen ziemlich scharf ausgeprägt ist, während bei den Nachbartönen die Empfindung, dass sie die Mitte selbst nicht sind, vorherrscht, das Urtheil aber, ob sie oberhalb oder unterhalb derselben liegen, ziemliche Schwierigkeit verursacht und daher sehr schwankend wird, wie dies ja vor auszusehen war. Der andere Umstand, wonach die erwähnte Erscheinung hauptsächlich bei Reihen mit harmonischen Intervallen und hier wieder am deutlichsten bei den musikalischen Beobachtern auftritt, weist auf einen Einfluss hin, der seinen Grund in dem hat, wodurch die in der Musik gebräuchlichen harmonischen Intervalle vor den nicht harmonischen Intervallen ausgezeichnet sind, nämlich auf den Einfluss der Klangverwandtschaft, auf welchen wir später noch zurückkommen werden.

Von besonderem Interesse sind für uns weiter die Schätzungen m ; denn sie werden in erster Linie in Frage zu ziehen sein bei der Bestimmung desjenigen Tones, der als Empfindungsmitte zwischen den beiden Grenztönen einer Versuchsreihe aufgefasst werden kann. Von der Lage dieses Tones aber zu den beiden Grenztönen hängt die Entscheidung über die Gültigkeit oder Ungültigkeit des Weber'schen Gesetzes im Gebiet der Tonqualitäten ab. Verfolgen wir

hiernach den Gang der auf die Schätzungen m bezüglichen Zahlen, so zeigt sich, dass dieselben anfangs nur vereinzelt auftreten; allmählich nehmen sie zu und erreichen ein Maximum, um dann wieder abzunehmen und ganz zu verschwinden. Dieses Maximum der Schätzungen m fällt in den meisten Fällen mit der absoluten Reizmitte M zusammen. Unter den Ausnahmen, welche sich darin äußern, dass dieses Maximum auf einen oberhalb oder unterhalb der Reizmitte, gewöhnlich jedoch nicht weit von derselben entfernt gelegenen Ton zu liegen kommt, ist die erstere vorherrschend, dass nämlich das Maximum der m -Schätzungen oberhalb der eigentlichen Reizmitte liegt. Darin liegt bereits ausgesprochen, dass es in einer Anzahl von Fällen immerhin auf einen Ton unterhalb der Reizmitte fällt; dies gilt z. B. durchweg für dieses Maximum der Schätzungen m bei der in Tabelle XVIII dargestellten Versuchsreihe. Solche Schwankungen um einen bestimmten Ton, die Reizmitte, können nicht befremden; sie liegen im Charakter dieser experimentellen Untersuchung begründet und zeigen, dass die Neigung zu Schätzungen m nicht nach einer bestimmten Richtung von der Reizmitte abweicht. Im allgemeinen kann nach unseren Versuchen also behauptet werden, dass das Maximum der Schätzungen m , wenn es nicht mit der Reizmitte zusammenfällt, doch auf einen in ihrer Nähe gelegenen Ton zu liegen kommt. Es ist damit noch nicht gesagt, dass der Ton, der das Maximum der Schätzungen m aufweist, auch immer der Empfindungsmitte entspricht. Es kommt mehrfach vor, dass der Ton, der die meisten Schätzungen m trägt, viel häufiger u als o geschätzt worden ist oder umgekehrt. Z. B. wurde bei der Versuchsreihe 300 : 400 : 500 (Tabelle IX) von P , Zeitfolge I der Ton $M_v = 400$ 54 mal als u , 42 mal als m und nur 4 mal als o geschätzt. 42 ist das Maximum der Schätzungen m , welche hier auf die Töne M_v kommen; es wäre aber jedenfalls nicht richtig, deshalb diesen Ton nach unseren Versuchen als die Empfindungsmitte anzusehen. Die weit überwiegende Zahl der Schätzungen u gegenüber den Schätzungen o nöthigt zu der Annahme, dass derselbe noch unterhalb der Empfindungsmitte liegt, während das Maximum der Schätzungen m einerseits als ein Hinweis darauf angesehen werden kann, dass er der Empfindungsmitte nahe liegt, anderer-

seits aber auch als ein Hinweis darauf, dass die zwischen diesem Tone und den Grenztönen bestehende Klangverwandtschaft das Urtheil beeinflusst hat. Weitere derartige Beispiele sind unschwer in unseren Versuchstabellen zu finden. Jedenfalls geht daraus hervor, dass bei der Bestimmung der Empfindungsmitte außer den Schätzungen m auch die Schätzungen u und o in Rücksicht gezogen werden müssen.

Dies beachtend könnte man nun aus den vorangehenden Tabellen den Ton bestimmen, der nach den Versuchszahlen für m und dem Verhältniss zwischen den Schätzungen u und o als Empfindungsmitte betrachtet werden könnte. In manchen Fällen, in denen mehreren Tönen das gleiche Recht, als Empfindungsmitte angesehen zu werden, zukommt, würde man davon den mittleren zu wählen haben. Diese Bestimmung würde aber im einzelnen Falle sehr von der subjectiven Auffassung, welche man den Zahlen bezüglich ihrer Bedeutung für die Empfindungsmitte entgegenbringt, abhängen.

Etwas exacter wird diese Bestimmung unter gleichzeitiger Berücksichtigung der vorangehenden Erörterungen auf Grund der folgenden Betrachtungsweise unserer Versuche ausgeführt werden können.

Die Beurtheilung der Lage des mittleren der drei in jedem Versuche angegebenen Töne zu den beiden Grenztönen kann angesehen werden als eine Vergleichung von zwei an einander stoßenden Tondistanzen, der Distanz, welche zwischen dem tiefen Grenztone und dem mittleren variablen Tone einerseits, und der Distanz, welche zwischen diesem und dem hohen Grenztone andererseits liegt. Fassen wir die Versuche aber in diesem Sinne auf, so lassen sich die gefundenen Zahlen der Schätzungen m , u , o nach der Methode der richtigen und falschen Fälle behandeln. Dazu wird es zunächst nothwendig, die Schätzungen u , m , o in Fälle r und f einzutheilen. Da bei unseren Versuchen der Ton, welcher die absolute Reizmitte bildet, als der Gleichheitspunkt für die beiden zu vergleichenden Distanzen anzusehen ist, so werden wir, wenn der mittlere variable Ton unterhalb der Reizmitte liegt, die Schätzungen u , wenn derselbe oberhalb der Reizmitte liegt, die Schätzungen o als richtige Urtheile r aufzufassen haben; die

Schätzungen o im ersten und die Schätzungen u im letzten Falle sind dann natürlich als falsche Urtheile f zu betrachten. Die dabei auftretenden Schätzungen m sind als Gleichheitsurtheile oder als »Nullfälle«, wie Fechner sie nennt, zu behandeln und nach der Fechner'schen Angabe zur Hälfte den richtigen, zur Hälfte den falschen Urtheilen zuzurechnen. Indem wir auch hier alle Zahlen auf 100 beziehen, genügt es, die Zahl der richtigen Fälle, die wir in der üblichen Weise mit $r' = r + \frac{m}{2}$ bezeichnen, anzugeben; die Fälle $f' = f + \frac{m}{2}$ sind dann einfach $100 - r'$. Für den absoluten Gleichheitspunkt der beiden verglichenen Distanzen würden als richtige Urtheile die Schätzungen m anzusehen sein. Dabei würde aber eine Berücksichtigung der Schätzungen u und o , die auf diesen Ton, die Reizmitte, kommen, und die gerade hier betreffs der Bestimmung der Empfindungsmitte nicht außer Acht zu lassen sind, ausgeschlossen sein. Daher haben wir auch für die Reizmitte die Schätzungen m zur einen Hälfte den Schätzungen u , zur anderen Hälfte den Schätzungen o zugetheilt, und in den folgenden Tabellen als Fälle r' bei der Reizmitte die Zahl der Schätzungen $u + \frac{m}{2}$ angeführt. Über jeder Tabelle sind wieder die Grenztöne und die Reizmitte angegeben. In der ersten Columne sind dann die mittleren variablen Töne in Schwingungszahlen, in der zweiten und dritten die jedesmal mit einander verglichenen Distanzen, ebenfalls in Schwingungszahlen, eingetragen. Man sieht, wie die untere Distanz d_u von Ton zu Ton zu-, die obere Distanz d_o abnimmt. In dem oberen Theile jeder Tabelle von der Reizmitte aus gerechnet ist die tiefere Distanz d_u die kleinere, die obere Distanz d_o die größere; in der unteren Hälfte umgekehrt. In den weiteren Columnen sind die Schätzungen r' für die verschiedenen Beobachter in den Zeitfolgen I und II und daneben noch die Werthe r' , die als arithmetische Mittel aus diesen beiden sich ergeben, unter $\frac{I+II}{2}$ angegeben. Bei ihnen ist der Einfluss der Zeitfolgen, auf den wir später noch zu sprechen kommen, zum großen Theil zum Ausgleich gekommen; sie lassen daher die Ab- und Zunahme der richtigen Urtheile, welche mit

Tabelle XXIII.

$T : M : H = 32 : 60 : 88 (= 8 : 15 : 22).$

M_v	d_u	d_o	r'											
			Lz			M			P_s			B		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
50	18	38	100	96	98	100	100	100	100	100	100	95	100	97,5
52	20	36	100	95,5	97,75	96	96,5	96,25	100	98	99	86,5	95	90,75
54	22	34	99	94	96,5	94	95,5	94,75	100	100	100	93	100	96,5
56	24	32	97,5	93	95,25	77,5	78	77,75	83	81,5	82,25	85,5	97,5	91,5
58	26	30	94,5	86	90,25	58	70,5	64,25	63,5	60	61,75	89	96	92,5
60	28	28	90,5	72,5	81,5	44,5	60	52,25	25	40	32,5	74,5	94	84,25
62	30	26	15	49,5	32,25	64	61,5	62,75	94	88	91	41	21,5	31,25
64	32	24	32,5	66	49,25	80	71,5	75,75	95,5	95	95,25	36,5	21	28,75
66	34	22	41	83,5	62,25	94	85	89,5	99	95	97	36,5	40	38,25
68	36	20	53,5	93,5	73,5	98,5	90	94,25	100	100	100	34	39,5	36,75
70	38	18	72	98	85	95	95	95	100	100	100	50	70	60
72	40	16	92	100	96	100	100	100	100	100	100	90	90	90
74	42	14	88	100	94	100	100	100	100	100	100	95	90	92,5

Tabelle XXIV.

$T : M : H = 34 : 68 : 102 (= 1 : 2 : 3).$

M_v	d_u	d_o	r'											
			Lz			M			P_s			B		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
58	24	44	98	92	95	100	85	92,5	100	100	100	95	100	97,5
60	26	42	99	90	94,5	92	90	91	93	99	96	91	97,5	94,25
62	28	40	98	84	91	68,5	73	70,75	93	99	96	87,5	96,5	92
64	30	38	91,5	74	82,75	79	82	80,5	87,5	89	88,25	83,5	97,5	90,5
66	32	36	93	74	83,5	65	63,5	64,25	86,5	75,5	81	88,5	94	91,25
68	34	34	95,5	56	74,75	50,5	51	50,75	50,5	43	46,75	79	92,5	85,75
70	36	32	26	62,5	44,25	54	45,5	49,75	82,5	83	82,75	22,5	6	14,25
72	38	30	44,5	87	65,75	87	70	78,5	95	100	97,5	36	46	41
74	40	28	36	83	59,5	91	89	90	99	91	95	50,5	32,5	41,5
76	42	26	31,5	85,5	58,5	97,5	91,5	94,5	98	95,5	96,75	58,5	42,5	50,5
78	44	24	54	80	67	85	85	85	90	96,5	93,25	60	55	57,5
80	46	22	62	100	81	100	90	95	100	100	100	85	90	87,5
82	48	20	84	100	92	100	100	100	95	100	97,25	95	95	95

Tabelle XXVII.

$T : M : H = 132 : 176 : 220 (= 3 : 4 : 5).$

M_v	d_u	d_o	r'											
			P			Lz			R			Ln		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$									
156	24	64	100	100	100	100	92	96	94	88	91	93	93	93
160	28	60	100	97	98,5	98,5	87,5	93	93,5	88	90,75	71,5	83,5	77,5
164	32	56	100	100	100	95	73	84	92,5	83	87,75	75,5	84,5	80
168	36	52	100	97	98,5	95,5	64,5	80	89,5	74	81,75	79,5	87,5	83,5
172	40	48	98,5	88,5	93,5	89	76	82,5	59	53	56	57,5	76,5	67
176	44	44	90	69	79,5	80,5	47,5	64	50	48	49	60,5	66	63,25
180	48	40	15,5	15,5	15,5	18	67,5	42,75	48,5	64	56,25	39	37	38
184	52	36	30	44	37	31,5	91,5	61,5	52,5	83,5	69	59,5	40,5	50
188	56	32	68	87	77,5	76,5	99	87,75	76	93,5	84,75	70	40,5	55,25
192	60	28	96	96	96	92	99,5	95,75	80	94,5	87,25	77	58,5	67,75
196	64	24	100	100	100	100	100	100	100	94	97	93	68,5	80,75

Tabelle XXVIII.

$T : M : H = 176 : 208 : 240 (= 11 : 13 : 15).$

M_v	d_u	d_o	r'											
			P			Lz			R			Ln		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$									
192	16	48	98	100	99	100	97,5	98,75	100	94	97	94	100	97
196	20	44	100	100	100	100	92,5	96,25	93	83,5	88,25	80	86	83
200	24	40	99	97,5	98,25	98	87,5	92,75	82,5	81,5	82	62,5	78,5	70,5
204	28	36	95,5	94	94,75	95,5	52,5	74	94	62,5	78,25	62,5	67	64,75
208	32	32	86	68	77	89	48,5	68,75	73	55	64	39	56,5	47,75
212	36	28	16	34,5	25,25	39,5	85	62,25	32	76,5	54,25	62,5	66	64,25
216	40	24	49	46	47,5	57,5	96,5	77	71,5	84	77,75	70	64	67
220	44	20	94	82,5	88,25	83	98,5	90,75	75	82,5	78,75	86,5	70	78,25
224	48	16	94	97	95,5	93,5	100	96,75	68	90,5	79,25	89,5	89,5	89,5
228	52	12	95,5	100	97,75	96	100	98	89	96,5	92,75	92,5	97	94,75

Tabelle XXIX.

$$T : M : H = 256 : 384 : 512 (= 2 : 3 : 4).$$

M_v	d_u	d_o	r'					
			P			Lz		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
352	96	160	100	100	100	95	98	96,5
356	100	156	100	96	98	84	90	87
360	104	152	98	86	92	89	87	88
364	108	148	98	96	97	82	95	88,5
368	112	144	100	96	98	82	91	86,5
372	116	140	91	86	88,5	52	73	62,5
376	120	136	97	93	95	70	78	74
380	124	132	93	78	85,5	53	68	60,5
384	128	128	51	50	50,5	50	48	49
388	132	124	37	40	38,5	53	54	53,5
392	136	120	57	50	53,5	70	58	64
396	140	116	84	100	92	89	80	84,5
400	144	112	82	96	89	85	90	87,5
404	148	108	96	98	97	91	89	90
408	152	104	94	98	96	95	94	94,5

Tabelle XXX.

$$T : M : H = 264 : 396 : 528 (= 2 : 3 : 4).$$

M_v	d_u	d_o	r'					
			P			Lz		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
372	108	156	100	100	100	100	95	97,5
376	112	152	100	100	100	100	91,5	95,75
380	116	148	100	98	99	100	88	94
384	120	144	98	97	97,5	97	83,5	90,25
388	124	140	100	96	98	95,5	76,5	86
392	128	136	98,5	98	98,25	79	68,5	73,75
396	132	132	72	55,5	63,75	81,5	43,5	62,5
400	136	128	53,5	51,5	52,5	42,5	73,5	58
404	140	124	52,5	76,5	64,5	52,5	94,5	73,5
408	144	120	87	98	92,5	67	94,5	80,75
412	148	116	95	100	97,5	77,5	99	88,25

Tabelle XXXI.

$T : M : H = 300 : 400 : 500 (= 3 : 4 : 5)$.

M_v	d_u	d_o	r'					
			P			Lz		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
384	84	116	100	98	99	99	90	91,5
388	88	112	100	100	100	96	89,5	92,75
392	92	108	100	99	99,5	86,5	75	80,75
396	96	104	91	90	90,5	66	44	55
400	100	100	75	66,5	70,75	57,5	30	43,75
404	104	96	31,5	56,5	44	52	94	73
408	108	92	54	90,5	72,25	61,5	92,5	77
412	112	88	90,5	93	91,75	83	91,5	87,25
416	116	84	97	100	98,5	92	100	96

Tabelle XXXII.

$T : M : H = 256 : 320 : 384 (= 4 : 5 : 6)$.

M_v	d_u	d_o	r'					
			P			Lz		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
300	44	84	100	100	100	85,5	97	91,25
304	48	80	100	100	100	80,5	98	89,25
308	52	76	100	100	100	69	95,5	82,25
312	56	72	98,5	96	97,25	70	90	80
316	60	68	86	79,5	82,75	57,5	74	65,75
320	64	64	52,5	53	52,75	50,5	66,5	58,5
324	68	60	33,5	43,5	38,5	53,5	46,5	50
328	72	56	61,5	82	71,75	74,5	76,5	75,5
332	76	52	79	93	86	88,5	76,5	82,5
336	80	48	91	100	95,5	96,5	92	94,25

Tabelle XXXIII.

 $T : M : H = 320 : 384 : 448 (= 5 : 6 : 7).$

M_v	d_u	d_o	r'					
			P			Lz		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
352	32	96	98	99	98,5	95	98	96,5
356	36	92	98	94	96	97	94	95,5
360	40	88	100	87	93,5	93	84	88,5
364	44	84	100	91	95,5	81	93	87
368	48	80	96	87	91,5	81	88	84,5
372	52	76	93	88	90,5	72	80	76
376	56	72	86	80	83	54	72	63
380	60	68	75	50	62,5	60	53	56,5
384	64	64	61	49	55	48	49	48,5
388	68	60	37	57	47	60	58	59
392	72	56	60	86	73	82	74	78
396	76	52	88	98	93	77	84	80,5
400	80	48	89	95	92	92	95	93,5
404	84	44	98	99	98,5	89	100	94,5
408	88	40	98	100	99	97	99	98

Tabelle XXXIV.

 $T : M : H = 340 : 408 : 476 (= 5 : 6 : 7).$

M_v	d_u	d_o	r'					
			P			Lz		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
388	48	88	98	100	99	96,5	100	98,25
392	52	84	100	100	100	93	98	95,5
396	56	80	99	98	98,5	92	86,5	89,25
400	60	76	98,5	74	86,25	88	58	73
404	64	72	86,5	66,5	76,5	65	32	48,5
408	68	68	74,5	36	55,25	49	19,5	34,25
412	72	64	37,5	87,5	62,5	63,5	88	75,75
416	76	60	79,5	100	89,75	79	98,5	88,75
420	80	56	86	98	92	78,5	100	89,25
424	84	52	100	100	100	84,5	100	92,25
428	88	48	100	100	100	96	100	98

Tabelle XXXV.

$T : M : H = 256 : 288 : 320 (= 8 : 9 : 10).$

M_v	d_u	d_o	r'					
			P			Lz		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
276	20	44	100	98	99	96	96	96
280	24	40	98	94	96	83	90	86,5
284	28	36	59	64	61,5	50	67	58,5
288	32	32	51	52	51,5	48,5	55,5	52
292	36	28	43	31	37	57	44	50,5
296	40	24	44	37	40,5	80	68	74
300	44	20	92	90	91	93	94	93,5

Tabelle XXXVI.

$T : M : H = 256 : 272 : 288 (= 16 : 17 : 18).$

M_v	d_u	d_o	r'					
			P			Lz		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
264	8	24	100	100	100	100	98	99
268	12	20	82	84	83	66	89	77,5
272	16	16	63	65	64	45,5	58,5	52
276	20	12	51	58	54,5	66	58	62
280	24	8	98	91	94,5	89	100	94,5
284	28	4	100	100	100	98	98	98

Tabelle XXXVII.

$T : M : H = 480 : 496 : 512 (= 30 : 31 : 32).$

M_v	d_u	d_o	r'					
			P			Lz		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
488	8	24	96	100	98	100	95	97,5
492	12	20	85	97	91	83	87	85
496	16	16	52,5	67	59,75	51	49	50
500	20	12	79	67	73	76	78	77
504	24	8	100	99	99,5	92	96	94
508	28	4	100	100	100	98	98	98

Tabelle XXXVIII.

$$T : M : H = 296 : 360 : 424 (= 37 : 45 : 53).$$

M_v	d_u	d_o	r'					
			P			Lz		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
336	40	88	100	100	100	93	100	96,5
340	44	84	100	92	96	76	97	86,5
344	48	80	100	93	96,5	81	88	84,5
348	52	76	98	91	94,5	72	87	79,5
352	56	72	94	74	84	55	80	67,5
356	60	68	87	57	72	52	51	51,5
360	64	64	59,5	47	53,25	49	42,5	45,75
364	68	60	54	66	60	51	65	58
368	72	56	52	48	50	66	53	59,5
372	76	52	67	100	83,5	73	77	75
376	80	48	67	100	83,5	90	88	89
380	84	44	96	96	96	94	98	96
384	88	40	92	99	95,5	96	93	94,5

Tabelle XXXIX.

$$T : M : H = 388 : 428 : 468 (= 97 : 107 : 117).$$

M_v	d_u	d_o	r'					
			P			Lz		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
408	20	60	100	98	99	96	92	94
412	24	56	99	92	95,5	91	83	87
416	28	52	96	76	86	87	59	73
420	32	48	96	81	88,5	79	59	69
424	36	44	75	81	78	72	58	65
428	40	40	56	50	53	58,5	48,5	53,5
432	44	36	46	65	55,5	49	55	52
436	48	32	56	74	65	64	63	63,5
440	52	28	54	82	68	80	79	79,5
444	56	24	87	92	89,5	94	91	92,5
448	60	20	97	100	98,5	100	97	98,5

Tabelle XL.

$T : M : H = 620 : 744 : 868 (= 5 : 6 : 7).$

M_v	d_u	d_o	r'											
			P			Lz			R			Ln		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$									
716	96	152	98	100	99	92	84	88	92	100	96	79	86	82,5
720	100	148	94	94	94	82,5	81,5	82	77,5	67	72,25	67,5	74	70,75
724	104	144	95,5	92,5	94	73,5	71,5	72,5	76,5	64,5	70,5	59	66	62,5
728	108	140	96,5	87,5	92	75	72	73,5	65	66	65,5	55,5	72,5	64
732	112	136	94,5	80,5	87,5	66	60,5	63,25	57,5	60,5	59	56,5	65	60,75
736	116	132	80,5	66,5	73,5	60,5	55,5	58	57,5	52	54,75	49	55,5	52,25
740	120	128	75,5	62	68,75	55,5	39	47,25	57	50	53,5	52,5	58,5	55,5
744	124	124	77,5	60,5	69	51,5	38	44,75	57,5	54	55,75	56	61	58,5
748	128	120	49,5	77,5	63,5	61	84,5	72,75	60	69	64,5	68	48,5	58,25
752	132	116	72	85,5	78,75	72	97,5	84,75	70	74,5	72,25	73	56	64,5
756	136	112	79	94,5	86,75	83	96,5	89,75	89	74,5	81,75	55	53	54
760	140	108	88,5	97,5	93	94	100	97	80	87	83,5	84,5	74	79,25
764	144	104	92,5	99	95,75	88	99	93,5	85	81	83	59	59,5	59,25
768	148	100	97	100	98,5	94	99	96,5	88	81	84,5	81,5	79,5	80,5
772	152	96	92	96	94	100	100	100	96	77	86,5	93	71	82

Tabelle XLI.

$T : M : H = 800 : 900 : 1000 (= 8 : 9 : 10).$

M_v	d_u	d_o	r'											
			P			Lz			R			Ln		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$									
868	68	132	100	100	100	100	100	100	92	92	92	77,5	100	88,75
872	72	128	96	100	98	96	96	96	77	92	84,5	57,5	92	74,75
876	76	124	98,5	99	98,75	93	98,5	95,75	83,5	80,5	82	63	85	74
880	80	120	96	96,5	96,25	93,5	96	94,75	76	74	75	68,5	80,5	74,5
884	84	116	98,5	91,5	95	76	91,5	83,75	71,5	67	69,25	46,5	78,5	62,5
888	88	112	90	91	90,5	74,5	97	85,75	67	67	67	53	90	71,5
892	92	108	81	81,5	81,25	72,5	86	79,25	53,5	51,5	52,5	52	76,5	64,25
896	96	104	88,5	88,5	88,5	63	86	74,5	54,5	59,5	57	47	71,5	59,25
900	100	100	74	83	78,5	58,5	83,5	71	53,5	62,5	58	39,5	71,5	55,5
904	104	96	30	22,5	26,25	45	26,5	35,75	53	52,5	52,75	61,5	53,5	57,5
908	108	92	32	27	29,5	55,5	36	45,75	56,5	63	59,75	58,5	50,5	54,5
912	112	88	32	32	32	61	42,5	51,75	65	57	61	84	60,5	72,25
916	116	84	49	43	46	68	56,5	62,25	73,5	73	73,25	82,5	59,5	71
920	120	80	84	69	76,5	88	70	79	80	84	82	82,5	61,5	72
924	124	76	93	82	87,5	90	77,5	83,75	83	89	86	84,5	66	75,25
928	128	72	92	84	88	86	92	89	84	69	76,5	85	42	63,5
932	132	68	88	88	88	100	88	94	84	92	88	88	73,5	80,75
936	136	64	96	96	96	100	96	98	100	100	100	88,5	61,5	75

Tabelle XLII.

$$T : M : H = 64 : 160 : 256 (= 2 : 5 : 8).$$

M_v	d_u	d_o	r'					
			Lz			M		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
136	72	120	100	100	100	100	100	100
140	76	116	96,5	93	94,75	100	100	100
144	80	112	100	97,5	98,75	84	98	91
148	84	108	94	94	94	80	94	87
152	88	104	95	85,5	90,25	76,5	92	84,25
156	92	100	69	68	68,5	70,5	85,5	78
160	96	96	67	44,5	55,75	32,5	52	42,25
164	100	92	29,5	76	52,75	66	61	63,5
168	104	88	40,5	80,5	60,5	77	73,5	75,25
172	108	84	40	91	65,5	88	82,5	85,25
176	112	80	70,5	94	82,25	94	88	91
180	116	76	63	98,5	80,75	97	98	97,5
184	120	72	70	100	85	95	100	97,5
188	124	68	80	95	87,5	100	100	100

Tabelle XLIII.

$$T : M : H = 128 : 320 : 512 (= 2 : 5 : 8).$$

M_v	d_u	d_o	r'					
			Lz			M		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
296	168	216	100	100	100	70	100	85
300	172	212	97	85,5	91,25	57,5	94	75,75
304	176	208	98	97,5	97,75	52,5	87	69,75
308	180	204	95,5	93,5	94,5	50	84	67
312	184	200	95,5	69	82,25	52	85	68,5
316	188	196	84	65	74,5	35	85,5	60,25
320	192	192	77	41,5	59,25	36,5	83,5	60
324	196	188	17,5	72	44,75	80,5	34,5	57,5
328	200	184	26,5	81,5	54	87	39	63
332	204	180	34	71,5	52,75	90,5	62,5	76,5
336	208	176	67	95	81	94	51,5	72,75
340	212	172	46,5	90,5	68,5	90	59	74,5
344	216	168	70	100	85	70	70	70
348	220	164	80	100	90	100	45	72,5

Tabelle XLIV.

$$T : M : H = 256 : 640 : 1024 (= 2 : 5 : 8).$$

M_v	d_u	d_o	r'					
			Lz			M		
			I	II	$\frac{I+II}{2}$	I	II	$\frac{I+II}{2}$
612	356	412	100	100	100	100	100	100
616	360	408	100	90	95	80	90	85
620	364	404	97	77,5	87,25	79	91,5	85,25
624	368	400	100	88,5	94,25	77,5	97	87,25
628	372	396	91,5	83,5	87,5	71,5	86	78,75
632	376	392	95	58,5	76,75	76,5	86	81,25
636	380	388	86	28,5	57,25	58	84,5	71,25
640	384	384	86,5	38,5	62,5	14	47,5	30,75
644	388	380	9	50	29,5	77	62,5	69,75
648	392	376	18,5	76,5	47,5	66,5	38	52,25
652	396	372	27	92,5	59,75	63	46	54,5
656	400	368	56	93,5	74,75	94	67	80,5
660	404	364	60,5	99	79,75	89	60	74,5
664	408	360	70	75	72,5	95	80	87,5
668	412	356	80	100	90	95	100	97,5

der Ab- und Zunahme der verglichenen Distanzen parallel geht, in symmetrischerer Gestalt erscheinen, als die Zahlen bei den einzelnen Zeitfolgen selbst.

In Bezug auf die Bedeutung der Zahlen r' in diesen Tabellen sei hinzugefügt, dass dieselben ihrer Entstehung nach angeben, wieviel mal unter 100 Fällen die ihrer Schwingungszahl nach kleinere der beiden verglichenen Distanzen wirklich für die kleinere gehalten wurde. In dem Falle, wo der mittlere variable Ton von der absoluten Reizmitte gebildet wird, sind die beiden mit einander verglichenen Distanzen ihrer Schwingungszahl nach gleich; von einer kleineren und größeren Distanz kann hier also nicht die Rede sein; die Zahl r' bezieht sich in diesem Falle auf die tiefere der beiden Distanzen, sie gibt an, wie oft unter 100 Fällen diese als die kleinere aufgefasst wurde. Bei der Betrachtung der Tabellen ist also darauf zu achten, dass die Zahl r' in dem oberen Theile jeder Tabelle bis zur Reizmitte einschließlich sich auf die Distanz d_u bezieht und angibt, wie oft diese im Vergleich mit der zugehörigen Distanz d_o als kleiner geschätzt wurde; in dem unteren Theile jeder Tabelle gilt dies für die Distanz d_o . Damit

diese Scheidung möglichst in die Augen falle, ist unterhalb der Reizmitte die Horizontallinie gezogen worden.

Gehen wir hiernach zur Bestimmung der Empfindungsmitte, d. h. desjenigen Tones M_v , welcher zwischen den jedesmaligen beiden Grenztönen unserer Schätzung nach die Mitte bildet, für welchen also die beiden mit einander verglichenen Distanzen als gleich aufgefasst werden, über, so werden dafür die folgenden Überlegungen maßgebend sein.

So lange die eine der beiden mit einander verglichenen Distanzen in der Mehrzahl der Fälle als die kleinere geschätzt wird, ist anzunehmen, dass zwischen ihr und der mit ihr verglichenen unserer Empfindung nach ein Unterschied von merklicher Größe besteht, welcher das Urtheil nach der einen Seite hin beeinflusst. Gleichheit der beiden verglichenen Distanzen wird erst dann anzunehmen sein, wenn der Empfindungsunterschied derselben Null oder so gering geworden ist, dass durch denselben eine einseitige Beeinflussung des Urtheils nicht mehr stattfindet, wenn also die eine Distanz ebenso oft als kleinere wie als größere, die andere entsprechend ebenso oft als größere wie als kleinere beurtheilt wird. Dieser Fall ist bei unseren Versuchen vorhanden, wenn die Zahl r' den Werth 50 erreicht. Als Empfindungsmitte werden wir also den Ton zu betrachten haben, für welchen $r' = 50$ ist, wobei auf Abweichungen um eine bis zwei Einheiten von diesem theoretischen Werthe bei Zahlen, die durch Versuche gefunden sind, kein besonderes Gewicht zu legen ist. Wohl aber ist darauf zu achten, dass die Werthe r' für die der Empfindungsmitte benachbarten Töne soweit als möglich den Verhältnissen entsprechen; im allgemeinen muss also r' zu beiden Seiten der Empfindungsmitte zunehmen und zwar für Töne, die tiefer liegen als die Empfindungsmitte, muss das auf die Distanz d_u bezügliche r' größer als 50 (das auf die Distanz d_o bezügliche r' demnach < 50), für Töne oberhalb der Empfindungsmitte dagegen das auf d_o bezügliche r' größer als 50 sein. In vielen Fällen, in denen der Werth $r' = 50$ oder ein angenäherter Werth r' in den Tabellen nicht auftritt, ist als Empfindungsmitte ein Ton anzunehmen, für welchen der Wahrscheinlichkeit nach r' diesen oder einen angenäherten Werth erreichen würde. Eine solche Interpolation wird z. B. vor-

zunehmen sein in Tabelle XXIII bei *Lz I*: Bis zum Tone von 66 Schwingungen wird in der überwiegenden Zahl der Fälle $d_u < d_o$, vom Tone von 68 Schwingungen ab aber wird $d_o < d_u$ geschätzt, der Ton M_v , für welchen beide Distanzen voraussichtlich als gleich aufgefasst werden, muss hiernach zwischen 66 und 68 Schwingungen liegend angenommen werden: es wird hier also als Empfindungsmitte etwa der Ton von 67 Schwingungen anzusehen sein; die Berücksichtigung von Bruchtheilen von Schwingungen, welche bei der genauen Interpolation sich ergeben würden, hat bei unseren Versuchen keinen Sinn. In manchen Fällen treten weitere Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Empfindungsmitte auf, so z. B. in Tabelle XXIX bei *P II*. Hier ist $r' = 50$ sowohl für den Ton von 384 Schwingungen als auch für den Ton von 392 Schwingungen, während für den dazwischen liegenden Ton von 388 Schwingungen $r' = 40$ ist. In den ersten beiden Fällen wird also $d_u = d_o$, in dem letzten für einen dazwischen liegenden Ton $d_u < d_o$ geschätzt. Der Grund dieser merkwürdigen Erscheinung ist nicht recht zu erkennen. Dass beim Tone von 388 Schwingungen in der überwiegenden Zahl der Fälle $d_u < d_o$ beurtheilt wurde, ist möglicherweise in der Versuchsordnung begründet; es gehen nach den ursprünglichen Versuchsprotokollen den Versuchen 512 388 256 wiederholt Versuche voraus, bei welchen der mittlere Ton höher liegt als der Ton von 388 Schwingungen; es ist nicht unwahrscheinlich, dass durch den im vorhergehenden Versuche enthaltenen höher gelegenen mittleren Ton das Urtheil über den im folgenden Versuche auftretenden tiefer liegenden mittleren Ton von 388 Schwingungen so beeinflusst wurde, dass in einer größeren Zahl von Versuchen $d_u < d_o$ erschien, als es sonst der Fall gewesen sein würde. Aehnliche ungünstige Umstände mögen wohl auch mitgewirkt haben bei der Beurtheilung der Versuche 512 392 266, sodass hier $d_u = d_o$ sich ergeben hat. Dass dieses Resultat nicht den normalen Verhältnissen entspricht, geht auch daraus hervor, dass bei den Versuchen mit dem nächst höheren Tone von 396 Schwingungen, also bei den Versuchen 512 396 256, ausnahmslos $d_o < d_u$ geschätzt wurde. Nach diesen Erörterungen kann die Entscheidung über die Empfindungsmitte in diesem Falle nur auf den Ton von 384 Schwingungen fallen, was auch dadurch bestätigt wird, dass

nach Tabelle VII, aus welcher Tabelle XXIX hervorgegangen ist, dieser Ton unter 100 Versuchen 98 mal thatsächlich als m geschätzt wurde. Dazu kommt, dass dieses Resultat aus 500 Einzelbestimmungen hervorgegangen ist, während für die übrigen Töne nur je 50 Einzelversuche vorliegen. Allerdings ist noch auf die harmonische Beziehung dieses Tones zu den beiden Grenztönen hinzuweisen, ihrem Einflusse ist jedenfalls ein Theil der hohen Zahlen der Schätzungen m zuzuschreiben.

Aehnliche Erwägungen sind auch in den übrigen kritischen Fällen bei Feststellung der Empfindungsmitten maßgebend gewesen. Vielfach haben dabei Gesichtspunkte, welche aus den ursprünglichen Tab. I bis XXII sich ergeben, wie Maximum der Schätzungen m oder Genauigkeitsgrad der Beobachtungen, der aus den Zahlen n (vergl. S. 49) hervorgeht, den Ausschlag gegeben. Es würde zu weit führen, für jeden einzelnen Fall diese Ueberlegungen zu wiederholen. Wir beschränken uns daher darauf, das Ergebniss derselben in der folgenden Tabelle (S. 85) zusammenzustellen.

Dazu sei noch bemerkt, dass es dabei nicht auf den Ton von der bestimmten hier angegebenen Schwingungszahl ankommt; es soll damit gewissermaßen nur ein fester Punkt angegeben werden, wie er sich aus den gewonnenen Versuchszahlen ergibt, in dessen Nähe die Empfindungsmitte innerhalb des Gebiets der Grenztöne zu suchen ist.

Ueberblickt man diese Tabelle, so ergibt sich, dass in mehreren Fällen, sowohl in der Zeitfolge *I* als auch *II*, sowie unter $\frac{I+II}{2}$ die durch Schätzungen gewonnene Empfindungsmitte mit der absoluten Reizmitte unter M zusammenfällt. In den übrigen Fällen liegt dieselbe theils unterhalb, theils oberhalb der Reizmitte, wobei die letztere Lage in der überwiegenden Zahl der Fälle vorkommt.

Es sei hierbei noch auf folgendes aufmerksam gemacht. In den Fällen der vollständigen Coincidenz von Empfindungs- und Reizmitte wurde die Entscheidung namentlich durch die überwiegende Zahl der Schätzungen m , durch die bei weitem vorherrschende Gleichschätzung der beiden Distanzen TM und MH herbeigeführt; die Verhältnisse der Schätzungen u und o waren hierbei derartige, dass sie die aus den Schätzungen m erhaltene

Tabelle XLV.
Zusammenstellung der Empfindungsmitteln.

Nr.	$t : m : h$	$T : M : H$	I	II	$\frac{I+II}{2}$	R									
I	8 : 15 : 22	32 : 60 : 88	59	61	60	67	62	64	59	59	59	66	66	66	53
II	1 : 2 : 3	34 : 68 : 102	68	68	68	77	69	71	68	68	68	74	77	76	58,9
III	10 : 21 : 32	40 : 84 : 128	81	81	81	89	84	87	85	83	83	90	88	88	71,3
IV	8 : 13 : 18	48 : 78 : 108	76	76	76	81	79	80	77	77	77	80	81	81	72
V	3 : 4 : 5	132 : 176 : 220	186	185	185	185	176	181	176	176	176	182	190	184	160,4
VI	11 : 13 : 15	176 : 208 : 240	216	217	217	214	208	211	214	209	211	206	209	207	205,5
VII	2 : 3 : 4	256 : 384 : 512	384	384	384	384	384	384	384	384	384	—	—	—	362,3
VIII	2 : 3 : 4	264 : 396 : 528	399	399	399	403	395	398	403	398	398	—	—	—	373,3
IX	3 : 4 : 5	300 : 400 : 500	407	403	405	404	395	398	404	395	398	—	—	—	387,3
X	4 : 5 : 6	256 : 320 : 384	326	325	325	325	320	324	325	320	324	—	—	—	318,5
XI	5 : 6 : 7	320 : 384 : 448	390	384	389	384	384	384	384	384	384	—	—	—	378,6
XII	5 : 6 : 7	340 : 408 : 476	413	406	409	408	402	404	408	402	404	—	—	—	402,3
XIII	8 : 9 : 10	256 : 288 : 320	288	288	288	286	293	290	286	288	286	—	—	—	286,2
XIV	16 : 17 : 18	256 : 272 : 288	275	275	275	271	274	273	271	274	273	—	—	—	271,5
XV	30 : 31 : 32	480 : 496 : 512	496	498	497	496	496	496	496	496	496	—	—	—	495,7
XVI	37 : 45 : 53	296 : 360 : 424	362	359	361	362	357	358	362	357	358	—	—	—	354,2
XVII	97 : 107 : 117	388 : 428 : 468	434	428	430	432	428	430	432	428	430	—	—	—	426,1
XVIII	5 : 6 : 7	620 : 744 : 868	748	745	746	744	737	739	746	737	739	745	748	746	733,6
XIX	8 : 9 : 10	800 : 900 : 1000	916	917	917	906	914	912	906	914	912	894	903	902	894,4
XX	2 : 5 : 8	64 : 160 : 256	158	161	159	173	159	163	173	159	163	—	—	—	128
XXI	2 : 5 : 8	128 : 320 : 512	310	330	322	334	318	326	334	318	326	—	—	—	256
XXII	2 : 5 : 8	256 : 640 : 1024	637	639	638	655	634	649	655	634	649	—	—	—	512

Bestimmung der Empfindungsmitte nicht wesentlich beeinträchtigten. In den übrigen Fällen aber, in denen die Empfindungsmitte von der Reizmitte abweicht, waren bei der Bestimmung der Empfindungsmitte wesentlich ausschlaggebend die Verhältnisse der Schätzungen u und o . Das Vorherrschen der Schätzungen u in der Gegend der Reizmitte bewirkte die Verschiebung der Empfindungsmitte nach oben, das Vorherrschen der Schätzungen o die Verschiebung derselben nach unten. Daraus, dass die Lage der Empfindungsmitte nach unserer Tabelle in der überwiegenden Zahl der Fälle von der Reizmitte nach oben zu abweicht, geht demnach hervor, dass in der Mehrzahl der Fälle die Töne M_v in der Gegend der Reizmitte als u geschätzt wurden, dass also die tiefer gelegene Distanz $T M_v$, selbst wenn dieselbe ihrer absoluten Schwingungszahl nach der höher gelegenen Distanz $M_v H$ gleich oder größer als letztere war, in der weitaus größeren Zahl für kleiner gehalten wurde, als die ihrer Schwingungszahl nach gleiche oder sogar kleinere, aber höher gelegene Distanz $M_v H$. Die tiefere Distanz $T M_v$ wurde somit ihrer absoluten Schwingungszahl nach gegenüber der höher gelegenen $M_v H$ unterschätzt. Das Vorherrschen dieser Erscheinung lässt vermuthen, dass ein constanter Einfluss auf das Urtheil eingewirkt hat. In der That ist es eine bekannte Beobachtung, dass hohe Töne bei gleicher Reizstärke eine größere Empfindungsstärke besitzen, d. h. einen intensiveren Eindruck auf das Bewusstsein ausüben, als tiefe.

Verschiedenheiten in der Einwirkung der Töne auf das Ohr haben sich bei unseren Versuchen, namentlich bei den Versuchen mit Tönen der hohen Region, wo die Abweichungen der Empfindungsmitte von der Reizmitte ja auch am bedeutendsten sind, mehrfach bemerklich gemacht; dafür sprechen wiederholt in dieser Hinsicht gethane Aeußerungen der Beobachter. Diese meist nur undeutlich zum Bewusstsein gekommenen Verschiedenheiten der zu vergleichenden Tonempfindungen sind jedenfalls auf die größere Empfindungsstärke der hohen Töne zurückzuführen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass dieser Unterschied in der Empfindungsstärke auf das ohnehin unsichere Urtheil über die Lage des mittleren Tones M_v gegen die Grenztöne in der Gegend der Reizmitte oder auf das Urtheil über die gegenseitige Größe der zu vergleichenden,

nur wenig verschiedenen Distanzen in der Weise eingewirkt hat, dass die höhere Distanz $M_v H$ im allgemeinen in ihrer Größe überschätzt, also eine an sich kleinere Distanz vermöge der größeren Empfindungsstärke ihrer Töne, namentlich des Tones H , mit einer an sich größeren, in Folge der tieferen Lage ihrer Töne aber mit geringerer Empfindungsstärke ausgestatteten als gleich beurtheilt wurde. Erkennt man diese Beeinflussung des Urtheils an, so ist damit eine ganz plausible Erklärung für die eben besprochene Erscheinung der vorwiegend nach oben stattfindenden Abweichungen der Empfindungsmitten von den Reizmitten gefunden. Mit Rücksicht auf diese Erörterungen scheint dann aber die Schlussfolgerung gerechtfertigt, dass die Abweichungen der Empfindungsmitten von den Reizmitten, die ja überdies meist nur wenige Schwingungen betragen, bloß in den Bedingungen der experimentellen Untersuchung ihren Grund haben, dass also in Wirklichkeit ein Unterschied zwischen Empfindungsmitte und absoluter Reizmitte gar nicht existirt, oder dass zwei mit einander verglichene Tondistanzen dann als gleiche Empfindungsunterschiede zu betrachten sind, wenn auch die absoluten Unterschiede der Schwingungszahlen der sie bildenden Töne gleich sind.

Die Frage nach der Beziehung zwischen Empfindungsschätzung und Reiz im Gebiet des Tonsinns erhält hiernach die sehr einfache Lösung, dass gleichen Unterschieden der Tonempfindungen gleiche absolute Unterschiede der Schwingungszahlen entsprechen, oder dass die Aenderungen der Tonempfindungen den Aenderungen der Schwingungszahlen proportional sind.

Die Folgerung ist allerdings unter der Voraussetzung gewonnen worden, dass die oben angestellten Erörterungen richtig sind, wofür nach unseren Versuchszahlen große Wahrscheinlichkeit vorhanden ist, aber ein strenger Beweis nicht geliefert werden kann. Selbst wenn übrigens diese Erwägungen keine Anerkennung finden sollten, wenn also eine vollständige Proportionalität zwischen Empfindung und Reiz bei Tönen nicht zugegeben wird, so lässt sich nicht leugnen, dass dieselbe wenigstens angenähert in der Mehrzahl der Fälle aus unseren Versuchen resultirt. Mit Bestimmtheit kann aber behauptet werden, dass die relative Beziehung

zwischen Tonempfindung und Schwingungszahl, wie dieselbe aus der Beurtheilung der Töne nach Intervallen gefolgert worden ist, nicht stattfindet. Denn nach derselben müsste die Empfindungsmitte mit einem Tone zusammenfallen, dessen Schwingungszahl R mit den Schwingungszahlen der beiden Grenztöne T und H ein constantes Verhältniss bildet, d. h. es müsste für die Empfindungsmitte die Schwingungszahl R so beschaffen sein, dass

$$T : R = R : H,$$

oder dass

$$R = \sqrt{T \cdot H}$$

wäre. Berechnet man aber nach dieser Formel die Schwingungszahlen R für die Versuchsreihen mit den von uns benutzten Grenztönen, so ergeben sich für diese relative Mitte die Werthe, welche in Tabelle XLV in der letzten Columnne unter R verzeichnet sind.

Abgesehen von den Fällen, in denen diese relative Mitte R der absoluten Mitte M sehr nahe kommt, zeigt der Vergleich der durch Schätzung erhaltenen Empfindungsmitten mit den Werthen R , dass an ein Zusammenfallen derselben nicht zu denken ist. Die Abweichungen der geschätzten Mitten von den relativen Mitten R sind bis auf wenige Ausnahmen größer als die von den absoluten Mitten M und finden durchweg nach derselben Seite, nämlich nach oben zu statt; die relative Mitte liegt nahezu in sämtlichen Fällen tiefer als die geschätzte Mitte. Am deutlichsten erkennt man diesen Unterschied zwischen Empfindungs- und relativer Mitte bei den Versuchsreihen Nr. XX bis XXII (Tab. XLV), welche sich über zwei Octaven erstrecken. Nach dem Gesetz der Relativität zwischen Empfindung und Reiz müssten hier als gleiche Tonunterschiede die beiden an einander stoßenden Octaven geschätzt werden; nach den Versuchen wird aber die tiefer gelegene Octave für entschieden kleiner gehalten als die höher gelegene, während die bei diesen Versuchen geschätzten Distanzen in hohem Grade auf das Bestehen der Proportionalität zwischen Empfindung und Reiz hindeuten. Diese Thatsache widerspricht vollständig der früheren Annahme, dass die gleichen Intervalle gleichen Empfindungsunterschieden entsprechen.

Noch in anderer Weise wird diese frühere Annahme durch unsere Versuche widerlegt. Bei der Versuchsreihe II (34 : 68 : 102

= 1 : 2 : 3) wird von zwei Beobachtern durchweg die Octave der höheren Quinte gleich, von den beiden anderen Beobachtern sogar die Octave kleiner als die Quinte geschätzt; ebenso wird bei den Versuchsreihen VII und VIII die Quinte der folgenden Quarte gleich oder sogar kleiner als diese, bei den Versuchsreihen V und IX die Quarte der großen Terz gleich und kleiner als diese beurtheilt u. s. f. Diese Thatsachen beweisen unstreitig die Ungültigkeit des Weber'schen Gesetzes der Relativität zwischen Empfindung und Reiz im Gebiet der Tonqualitäten.

Dieses Resultat, welches zuerst von Preyer aus seiner noch mit manchen Mängeln behafteten Untersuchung mittelst eben merklicher Unterschiede hergeleitet wurde, für welches dann Stumpf durch seine Versuche mit übermerklichen Unterschieden neues, aber, wie wir gesehen haben, nicht zureichendes Material lieferte, ist in überzeugender Weise durch die Versuche von Luft für den Fall kleiner eben merklicher Unterschiede bewiesen worden. Noch fehlte es aber an einem genügenden Beweise dieser Behauptung für den Fall endlicher Empfindungsunterschiede, welcher von um so größerem Interesse ist, als gerade die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes für Tonempfindungen auf Grund der Intervallschätzung, also auf Grund von Thatsachen, bei welchen es sich um endliche übermerkliche Unterschiede handelt, gefolgert worden war. Diese Lücke glauben wir durch unsere Versuche ausgefüllt zu haben; sie bestätigen auf das entschiedenste das durch die früheren Untersuchungen gewonnene Resultat auch für den Fall endlicher Tondistanzen, und zwar nicht bloß für den Fall, dass diese Distanzen beliebige unharmonische Intervalle bilden, sondern auch gerade für den Fall, wo dieselben durch harmonische Intervalle gebildet werden¹⁾.

1) Zu dem gerade entgegengesetzten Resultate, dass »das Weber'sche Gesetz im allgemeinen für alle Theile der musikalischen Tonleiter mit Ausnahme der höchsten und tiefsten Töne gilt«, führte eine in neuester Zeit in Glasgow erschienene Untersuchung von J. Kerr Love über »die Grenzen des Hörens«, welche in dem einen Abschnitte auch die Frage nach der »Wahrnehmung kleiner Höhenunterschiede« behandelt. Nach einem Berichte der »Naturwissenschaftlichen Rundschau« 1889, Nr. 14, welcher sich auf einen Abriss dieser Arbeit im »Journal of Anatomy and Physiology«, 1889, Vol. XXIII, p. 336 stützt, »wurden

Damit ist aber weiter ein directer Beweis dafür geliefert, dass die Beurtheilung der Töne nach Intervallen durchaus nicht auf der unmittelbaren Auffassung derselben beruht, sondern auf andere Eigenthümlichkeiten der Töne oder besser Klänge, nämlich auf die Klangverwandtschaft, wie von Helmholtz gefunden worden ist, zurückgeführt werden muss. Nach der unmittelbaren Auffassung beurtheilen wir die Töne vielmehr so, dass zwischen den absoluten Unterschieden der Tonempfindungen und den Unterschieden der Schwingungszahlen nahezu vollständige Proportionalität zu bestehen scheint¹⁾.

Dieses Resultat findet schon durch die Luft'schen Versuche, wenigstens für das mittlere Tongebiet durch die dort herrschende angenäherte Constanz der absoluten Unterschiedsschwelle, seine Begründung; aber auch durch unsere Versuche wird dasselbe mit ziemlicher Sicherheit für das ganze von uns untersuchte Tongebiet bestätigt; den als gleich geschätzten Distanzen entsprechen auch nahezu gleiche Unterschiede der Schwingungszahlen, wie dies oben hinreichend auseinandergesetzt worden ist.

die Versuche mit zwei gedeckten Orgelpfeifen angestellt, welche durch bewegliche Stopfen beliebig verlängert und verkürzt werden konnten; die Verschiebung der Stopfen geschah durch sorgfältig gearbeitete Schrauben, welche Längenänderungen von 3 Zoll bis $\frac{1}{420}$ oder $\frac{1}{340}$ Zoll gestatteten. Die Pfeifen wurden durch Bälge angeblasen, welche bei stets gleichem Gewicht immer nur etwa 2 Zoll zusammenfielen, so dass dieselbe Stärke, Dauer, Qualität und Stetigkeit der einzelnen Töne gesichert war. Das zu prüfende Individuum befand sich in stets gleicher Entfernung und hatte nur anzugeben, ob zwei sich folgende Töne gleich, eventuell ob der zweite höher oder tiefer sei als der erste. Im Ganzen wurden gegen hundert Individuen untersucht, darunter unmusikalische und musikalisch sehr fein ausgebildete Ohren«. Diese Angaben sind jedoch zu kurz, um daraus eine klare Vorstellung über die Art der Ausführung der Versuche und besonders darüber, ob die Methode der Minimaländerungen mit den nöthigen Vorsichtsmaßregeln angewendet worden ist, gewinnen zu können. Der Bericht im »Journal of Anat. etc.« sowie auch die Originalarbeit waren mir nicht zugänglich; daher ist es unmöglich, über den Grund des Widerspruchs, der zwischen dem Ergebniss dieser Arbeit einerseits und den Ergebnissen sowohl der Luft'schen und der früheren Untersuchungen, als auch der unserigen andererseits besteht, etwas auszusagen. Dieser Umstand, sowie der andere, dass die Versuche nicht mit Stimmgabeln, also nicht mit relativ einfachen Tönen ausgeführt worden sind, lässt es gerechtfertigt erscheinen, bei dem Ergebniss der sehr sorgfältigen Luft'schen Arbeit, welches durch unsere in ganz anderer Weise ausgeführten Versuche vollständig bestätigt worden ist, stehen zu bleiben.

1) Wundt, Phys. Psychologie. 3. Aufl. I. S. 425.

Auch über den weiteren Seite 28 erwähnten streitigen Punkt, ob die Unterscheidung der Tonhöhen nur auf der Klangverwandtschaft beruhe, wie Helmholtz behauptet, oder ob wir außerdem ein unmittelbar in der Empfindung gelegenes, von der Klangverwandtschaft unabhängiges Maß für endliche Tonhöhenunterschiede besitzen, was Wundt's Ansicht ist, geben unsere Versuche Aufschluss. Die Beurtheilung der Lage des mittleren Tones M_v zu den beiden Grenztönen T und H , welche den Gegenstand unserer Versuche bildete, ist, wie dies im Vorhergehenden schon geschehen ist, im eigentlichen Sinne als eine Vergleichung der beiden aneinanderstoßenden Distanzen TM_v und M_vH aufzufassen. Diese Distanzen werden aber in den meisten Fällen von Tönen gebildet, bei denen an eine Klangverwandtschaft nicht zu denken ist. Die Beurtheilung derselben hinsichtlich ihrer gegenseitigen Größe kann also unmöglich auf die Klangverwandtschaft zurückgeführt werden; dieselbe kann wenigstens in den weitaus meisten Fällen nicht im Spiele gewesen sein. Der Umstand, dass trotzdem ziemlich bestimmte Urtheile, soweit dieselben nach der Natur der Sache erwartet werden können, abgegeben worden sind, beweist die Richtigkeit der von Wundt vertretenen Meinung, »dass wir unabhängig von der Unterscheidung der Töne nach der Klangverwandtschaft die Fähigkeit der messenden Vergleichung endlicher Empfindungsunterschiede besitzen«. Allerdings entspricht dieses in der Empfindung gelegene Maß nicht dem Weber'schen Gesetze, wie früher angenommen wurde, sondern scheint der absoluten Schwingungszahl proportional zu sein, wie wir oben gesehen haben.

Gleichzeitig wird durch unsere Versuche gezeigt, dass es im Tongebiet nicht nur möglich ist, ziemlich scharf zu beurtheilen, ob die eine von zwei mit einander verglichenen Distanzen größer ist als die andere, sondern dass wir, wie in anderen Sinnesgebieten, auch hier die Fähigkeit besitzen, zwei Distanzen als gleich zu beurtheilen; dafür legen die zahlreichen Schätzungen m , welche diese Gleichheitsurtheile darstellen, und welche nach der Art, wie sie auftreten, nicht den Charakter der Zufälligkeit tragen, ein deutliches Zeugniß ab¹⁾.

1) Vergl. Stumpf, Tonpsychologie. I. S. 123 f.

In Bezug auf die Frage, »ob es zur Schätzung einer Distanz nothwendig sei, die Empfindungen, welche zwischen den beiden die Distanz bildenden Empfindungen liegen, oder den Uebergang zwischen ihnen in der Phantasie vorzustellen«, welche vielfach bejaht, von Stumpf¹⁾ aber auf Grund allgemeiner Erwägungen verneint wird, können wir nach den bei unseren Versuchen gemachten Wahrnehmungen uns vollständig der Meinung Stumpf's anschließen. Eine Vorstellung der jedesmal zwischen T und M_v oder M_v und H liegenden Empfindungen ist uns wenigstens durchaus nicht zum Bewusstsein gekommen, geschweige denn dass eine solche Vorstellung von dem Uebergang von einer zur anderen Empfindung erst das Urtheil möglich gemacht hätte. Bei einer solchen stufenweisen Ueberführung der einen Empfindung in die andere wäre jedenfalls eine viel größere Zeit zur Bildung des Urtheils nothwendig gewesen, als sie bei unseren Versuchen erforderlich war, namentlich wenn es sich um Vergleichung so großer Distanzen handelte, wie sie von uns mehrfach angewendet wurden. Das Urtheil war in der Regel unmittelbar nach Beendigung des Versuches, nach Angabe also des dritten Tones fertig.

Was den Einfluss der absoluten Größe der verglichenen Distanzen auf die Zuverlässigkeit der Urtheile anlangt, so lassen sich nach unseren Versuchen nur wenige und unbestimmte Angaben hierüber machen. Wie es scheint, nimmt mit der Zunahme der Distanzen die Sicherheit der Urtheile ab; die Fehlerzonen, d. h. die mittleren Gebiete zwischen den jedesmaligen Grenztönen T und H , innerhalb deren Schwankungen des Urtheils vorkommen, sind, sowohl was die Urtheile u und o oder, in Bezug auf die Distanzen, die Urtheile $d_u \leq d_o$, als auch was die Gleichheitsurtheile m betrifft, bei den Versuchsreihen, in denen nur kleine Distanzen verglichen wurden, von geringerem Umfange, als in den Fällen der Vergleichung größerer Distanzen. Die Gleichheitsurtheile m treten dabei, wenn es sich um größere Distanzen handelt, in ziemlich geringer Zahl auf, was auf die erschwerte Beurtheilung schließen lässt. Das zeigen namentlich die Versuche, welche sich

1) Ebendas. S. 126 f.

über zwei Octaven erstrecken. Nach den begleitenden subjectiven Gefühlen zu schließen, ließen sich am leichtesten die Distanzen von einer gewissen mittleren Größe, wie auch Stumpf angibt (S. 129), vergleichen; die Vergleichung der kleineren Distanzen machte insofern Schwierigkeiten, als hier die objectiven Variationen von M_v verhältnissmäßig nur sehr gering genommen werden konnten; bei den größeren Distanzen dagegen wirkte erschwerend auf das Urtheil, dass die Töne, welche die Distanzen bildeten, d. h. die Grenztöne T und H , sehr verschiedenen Höhenlagen angehörten. Um hierüber bestimmte Resultate zu erhalten, namentlich um zu erfahren, welche Distanzen am zuverlässigsten beurtheilt werden, würden daher besondere darauf hinielende Versuche anzustellen sein, welche fremde Einflüsse, wie den Einfluss der verschiedenen Höhe, die Unterschiede der harmonischen Beziehungen u. s. w., möglichst vermeiden.

Auch über den Einfluss der Regionen können wir sichere Schlüsse aus unseren Versuchen nicht ziehen, da sich immer gleichzeitig die verschiedentlichen anderen Einflüsse bei der Beurtheilung geltend gemacht haben. Am leichtesten und sichersten waren die Schätzungen in der mittleren Tonregion von 256 bis 512 Schwingungen auszuführen, was jedenfalls seinen Grund darin hat, dass uns die Töne derselben durch ihr häufigeres Vorkommen in der Musik und im Gesange vertrauter geworden sind. Weniger sicher wurden die Urtheile bei den Versuchen in den höheren und tieferen Regionen abgegeben. Die Thatsache der länger dauernden Urtheilbildung bei den tiefen Tönen, welche in dem langsameren An- und Abklingen derselben ihren Grund hat¹⁾, machte sich auch bei unseren Versuchen sehr bemerklich, namentlich bei den sehr tiefen Tönen zwischen 32 und 128 Schwingungen. Bei den Versuchen mit den hohen Tönen wirkte die verschiedene Empfindungsstärke derselben störend auf das Urtheil ein. Diese Momente lassen sich einigermaßen aus unseren Versuchszahlen wiedererkennen. Die Abweichungen der geschätzten Empfindungsmitten von den absoluten Reizmitten, mit welchen erstere jedenfalls zusammenfallen würden, wenn alle beim Versuch auftretenden störenden Factoren sich beseitigen ließen, sind im allgemeinen in der mittleren

1) Vergl. Stumpf, Topsyologie. I. S. 211.

Region von 256 bis 512 Schwingungen geringer als in den tieferen und höheren und finden nahezu ebenso oft nach der Tiefe wie nach der Höhe zu statt; sie sind dagegen größer und vielfach nur nach der einen Seite, meist nach der Höhe zu gelegen bei den Versuchsreihen der höheren und tieferen Regionen, am größten bei der Versuchsreihe XIX, bei welcher die Töne zwischen den Grenzen von 800 bis 1000 Schwingungen liegen (vergl. Tabelle XLV, S. 85). Wieviel davon auf den Einfluss der Region, oder auf den Einfluss der Größe der Distanzen zu rechnen ist, lässt sich leider nach unseren Versuchen nicht feststellen. In Bezug auf die Gleichschätzungen m kann noch erwähnt werden, dass dieselben im allgemeinen in der mittleren Region in größerer Zahl auftreten, als in den tieferen und höheren Regionen, die Maxima der Schätzungen m liegen dort meist höher als hier.

Im Vorhergehenden ist ferner wiederholt der Klangverwandtschaft Erwähnung gethan worden. Es wurde gezeigt, dass dieselbe im allgemeinen bei der Auffassung und Unterscheidung der Töne eine Rolle nicht spiele, dass sie nur da in Betracht kommen kann, wo die zu vergleichenden Töne klangverwandt sind, d. h. gewisse von den Grundtönen nicht zu sehr entfernt gelegene Partialtöne gemeinsam haben, oder wo zwischen den Schwingungszahlen der zu vergleichenden Töne die einfachen harmonischen Verhältnisse bestehen. Wenn nun auch die meisten der von uns verglichenen Distanzen harmonischen Intervallen nicht entsprechen, so kommen doch auch solche vor, welche von entschieden klangverwandten Tönen gebildet werden. Solche durch Klangverwandtschaft ausgezeichnete Distanzen treten in den Versuchsreihen auf, welche in den Tabellen II, V, VII bis XII, XVIII, XX bis XXII dargestellt sind. Hier bildet die Reizmitte mit beiden oder wenigstens mit einem der Grenztöne harmonische Intervalle. Bei einigen dieser Versuchsreihen (Tab. II: $Ps II$; Tab. V: $P II$ und $R I$ und II ; Tab. VII: $P I$ und II und $Lz I$ und II ; Tab. X: $P I$ und II und $Lz I$; Tab. XI: $P I$ und II und $Lz I$ und II) scheint der Einfluss der Klangverwandtschaft auch in den gewonnenen Versuchszahlen seinen Ausdruck gefunden zu haben. Darauf deutet, wie ich glaube, die große Zahl der Schätzungen m hin, welche hier auf die Reizmitte fallen, während

die der Reizmitte unmittelbar benachbarten Töne M_v nur eine verhältnissmäßig geringe Anzahl von Malen als m empfunden wurden. Am auffälligsten zeigt sich diese Erscheinung bei dem musikalisch sehr begabten Beobachter P ; von ihm wurde z. B. der Ton $M = 384$ Schwingungen in Tabelle VII, der die Reizmitte bildet und zu dem tiefen Grenztone im Verhältniss $3 : 2$, also der Quinte, zu dem hohen Grenztone im Verhältniss $3 : 4$, also der Quarte steht, bei der Zeitfolge I 96 Mal, bei der Zeitfolge II 98 Mal als m geschätzt. Die unmittelbar daneben liegenden Töne $M_v = 380$ und $M_v = 388$ Schwingungen aber wurden nur 14 resp. 34 Mal bei der Zeitfolge I und 32 resp. 12 Mal bei der Zeitfolge II als m beurtheilt. Sehr deutlich ist dies auch zu beobachten bei dem musikalisch ebenfalls gut beanlagten R in Tabelle V; weniger auffällig, aber immerhin bemerkenswerth tritt diese Erscheinung bei dem musikalisch weniger beanlagten Lz auf. Auch an einzelnen anderen Stellen scheint dieser Einfluss sich nachweisen zu lassen. So wurde bei der Versuchsreihe Tab. XI der Ton $M_v = 360$ Schwingungen bei der Zeitfolge II von P und Lz gegenüber den Nachbartönen auffallend oft als m geschätzt. Derselbe bildet mit dem tieferen Grenztone das Verhältniss $9 : 8$, mit dem höheren das von $45 : 56$, d. i. nahezu $4 : 5$, also das Verhältniss der großen Terz. Da diese letztere Distanz bei der Zeitfolge II immer zuerst angegeben wurde, so scheint die Annahme, dass diese Erscheinung auf den Einfluss der genannten harmonischen Beziehung zurückzuführen sei, nicht unwahrscheinlich. Hierher kann ferner der Fall Tabelle IV $M_v = 72$ Schwingungen gerechnet werden; dieser Ton steht zu den beiden Grenztönen im Verhältniss der Quinte. Diesem Umstande sind mit großer Wahrscheinlichkeit die Abweichungen der für diesen Ton gewonnenen Versuchszahlen von den für die Nachbartöne gefundenen zuzuschreiben. Nicht so sehr in's Auge springend, aber immerhin bemerkbar sind die von der Nachbarschaft abweichenden Zahlenverhältnisse in Tabelle XVI (besser ersichtlich in der correspondirenden Tabelle XXXVIII) beim Tone $M_v = 368$ Schwingungen. Dieser Ton bildet mit der unteren Grenze von 296 Schwingungen nahezu das Verhältniss der großen Terz $5 : 4$ (genau besteht dieses Verhältniss zwischen dem nur 2 Schwingungen höheren Tone von 370 und dem Tone von 296 Schwingungen). Mit dieser harmo-

nischen Beziehung mag jedenfalls die immerhin hohe Zahl der Schätzungen m , wie auch die hohe Zahl der Schätzungen u gegenüber den Schätzungen o , welche dieser Ton aufweist, zusammenhängen. Auffällig ist es, dass in der Zeitfolge *II* bei P die Schätzungen o von 100 beim Tone von 372 Schwingungen auf 40 beim Tone von 368 Schwingungen herabsinken und 44 Schätzungen u beim Tone von 368 Schwingungen gegenüber nur 10 solcher beim noch tieferen Tone von 364 Schwingungen auftreten. Nicht unbeachtet wollen wir lassen, dass auch die ausgezeichnete Stellung des Intervalls des ganzen Tones, das nicht zu den harmonischen Intervallen gerechnet wird, sich in der einen Versuchsreihe, nämlich in Tabelle XIII, auf diese Weise deutlich wiedererkennen lässt. In der Versuchsreihe Tab. XIX, in welcher ebenfalls $T : M = 8 : 9$ ist, kann von einem Einfluss dieses Verhältnisses des ganzen Tones allerdings nach den Versuchsergebnissen nicht die Rede sein. Vielleicht hat hier der Einfluss der absoluten Größe der Distanzen diesen Einfluss compensirt. Auch in einigen anderen Versuchsreihen, in denen die Schwingungszahlen von $T : M : H$ harmonische Verhältnisse, und zwar zum Theil sehr günstige und leicht erkennbare, wie in Tabelle VIII und IX, zum Theil solche von geringerem Grade der Klangverwandtschaft, wie in Tabelle XII, XVIII, XX bis XXII, bilden, ist der Einfluss dieser harmonischen Beziehungen aus den Versuchszahlen entweder gar nicht, oder doch nicht in so auffallender Weise zu erkennen, d. h. die für die Reizmitte M erhaltenen Versuchsreihen sind zum Theil immer noch ausgezeichnet durch das Maximum der Schätzungen m oder durch das Verhältniss der Schätzungen u und o , sie stehen aber nicht mehr in einem so auffälligen Contraste zu den Versuchszahlen der Nachbartöne, wie bei den im Vorhergehenden erwähnten Reihen. Möglicherweise hat auch hier die absolute Größe der Distanzen der Klangverwandtschaft entgegengewirkt. Jedenfalls zeigen diese Fälle, dass die Klangverwandtschaft, wenn sie auch an manchen Stellen einen Einfluss ausgeübt zu haben scheint, sich doch nicht überall geltend macht, wo die Verhältnisse der Schwingungszahlen es ihr gestatten. Damit wird um so deutlicher die Thatsache bewiesen, dass für die Auffassung der Töne in erster Linie nicht die Verhältnisse ihrer Schwingungs-

zahlen, sondern die absoluten Unterschiede der Schwingungszahlen in Betracht kommen. Dafür spricht auch, dass ähnliche Verhältnisse wie bei einigen der harmonischen auch bei einigen der vollständig unharmonischen Reihen, z. B. in Tabelle XIV, XV, XVII, wo allerdings nur verhältnissmäßig kleine Distanzen zur Vergleichung kamen, sich beobachten lassen. Besonders bemerkenswerth ist, dass die bei einigen harmonischen Reihen zu beobachtenden Erscheinungen, wie schon mehrfach erwähnt, bei den musikalisch beanlagten Beobachtern, denen die harmonischen Intervalle von ihrer Beschäftigung mit der Musik her am geläufigsten sind, sich am deutlichsten zeigen.

Es erübrigt nun noch, die Unterschiede, welche aus unseren Versuchen hinsichtlich der Zeitfolgen *I* und *II* hervorgehen, zu untersuchen.

Diese Untersuchung wird am einfachsten zu führen sein und am leichtesten verstanden werden, wenn wir uns der graphischen Darstellung der gewonnenen Versuchszahlen bedienen; durch dieselbe wird gleichzeitig manche der früher besprochenen Erscheinungen, wie z. B. die Lage der Empfindungsmitte und relativen Mitte zu einander, zur Veranschaulichung gelangen. Es ist dazu nicht nöthig, alle in den Tabellen enthaltenen Versuchszahlen darzustellen; es genügt vollkommen, einige charakteristische Beispiele auszuwählen.

In Figur 1 und 2 sind zunächst die beiden Versuchsreihen wieder dargestellt, welche in Wundt's Physiol. Psychol. 3. Aufl. B. I S. 428 und 429 bereits zum Abdruck gelangt sind; sie stellen die in Tabelle VII und XVI verzeichneten, bei den Versuchsreihen $T : M : H = 256 : 384 : 512$ ($= 2 : 3 : 4$) und $T : M : H = 296 : 360 : 424$ ($= 37 : 45 : 53$) von *P* abgegebenen Schätzungen *m* dar.

Die Curven sind in der Weise entstanden, dass die als Reize dienenden Schwingungszahlen der Töne als Abscissen, die ihnen entsprechenden Procentzahlen von Schätzungen *m* als Ordinaten aufgetragen und die gefundenen Endpunkte der Ordinaten durch gerade Linien verbunden wurden. Dabei entspricht die unterbrochen gezeichnete Curve der I. Zeitfolge $T M_v H$, die punktirt gezeichnete der II. Zeitfolge $H M_v T$, während die in der Mitte verlaufende ausgezogene Curve die Mittelwerthe aus beiden Zeit-

folgen wiedergibt. Die absolute Reizmitte M ist in den Figuren noch durch die verticale ausgezogene Linie markirt; die mit dieser parallel gehende unterbrochene Linie gibt die Lage der relativen Mitte R zwischen den beiden Grenztönen T und H an.

$$T:M:H = 256:384:512 \quad (-2:3:4)$$

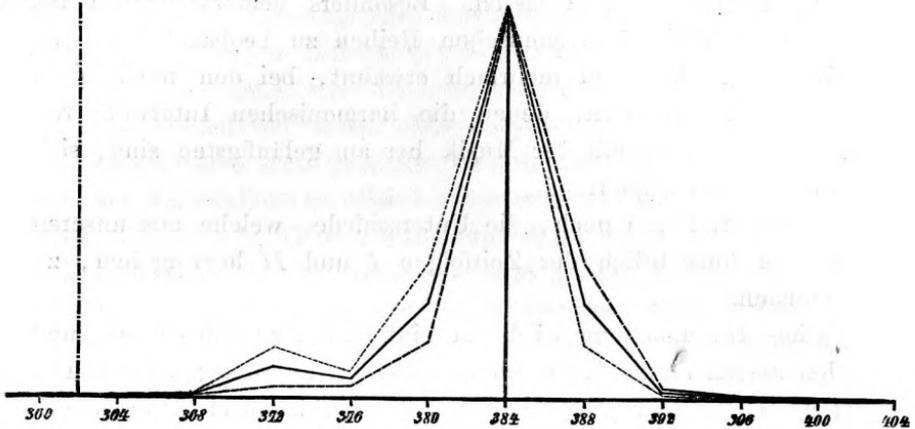


Fig. 1.

$$T:M:H = 296:360:424 \quad (-32:45:53)$$

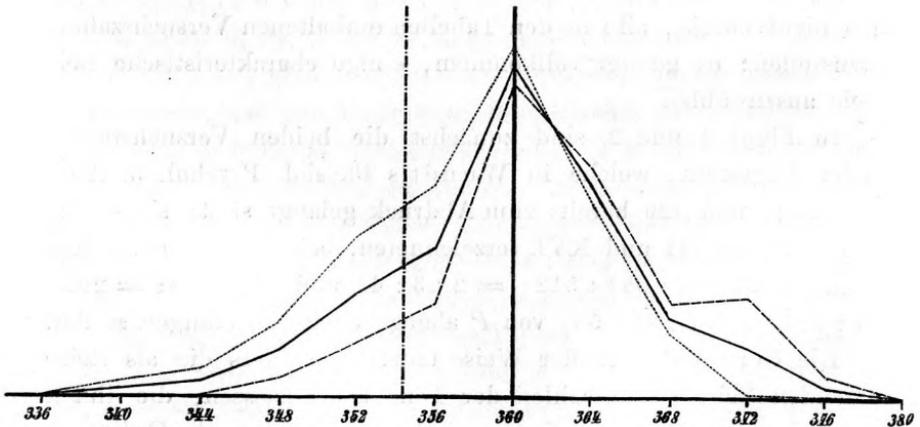


Fig. 2.

In derselben Weise sind auch die übrigen Zeichnungen (Tafel I) hergestellt worden; in Figur 3 wurden, um auch die Verhältnisse der Schätzungen u und o an einem Beispiel zur Darstellung zu bringen, den Curven der Schätzungen m noch die der Schätzungen

u und o beigefügt, und zwar verlaufen im oberen Theile dieser Figur die Curven der Schätzungen o , in der Mitte die Curven der Schätzungen m , darunter die Curven der Schätzungen u . Hierbei repräsentirt Figur 3 die Schätzungen von P bei der Versuchsreihe $T : H : M = 256 : 320 : 384$ ($= 4 : 5 : 6$) (Tab. X). Die übrigen Figuren 4 bis 12, welche durchweg nur die Schätzungen m veranschaulichen, sind jedesmal mit der Bezeichnung der Versuchsreihe $T : M : H$ versehen. Darunter ist noch in Klammern die Tabelle, in der die Zahlen aufgezeichnet sind, nebst der Bezeichnung des Beobachters, von welchem die Schätzungen herrühren, angegeben. Wie aus diesen Bezeichnungen ersichtlich, wurde bei der Auswahl dieser Beispiele Rücksicht genommen sowohl auf die verschiedenen Beobachter, als auch auf die verschiedenen Tonregionen, sowie auch darauf, dass harmonische und unharmonische Reihen vertreten seien.

Die Figuren zeigen zunächst, dass das Maximum der Schätzungen m in den meisten Fällen mit der absoluten Reizmitte zusammenfällt (vergl. S. 68), dass ferner die Linie der relativen Reizmitte meist in große Entfernung von diesem Maximum der Schätzungen m zu liegen kommt. Wenn nun auch das Maximum der Schätzungen m nicht allein maßgebend ist für die Bestimmung der Empfindungsmitte (vergl. S. 82), so bildet es doch einen wesentlichen Factor dabei; und so wird durch diese Figuren also auch veranschaulicht, dass die Empfindungsmitte jedenfalls nicht mit der relativen, sondern annähernd mit der absoluten Reizmitte coincidirt, und somit nicht das Weber'sche, sondern das Gesetz der Proportionalität im Gebiet der Tonempfindungen Geltung besitzt.

Der Unterschied zwischen den harmonischen und unharmonischen Versuchsreihen wird aus diesen Darstellungen in der Weise ersichtlich, dass die Curven in den Fällen der unharmonischen Reihen langsamer zum Maximum ansteigen, dass also zu beiden Seiten der absoluten Mitte eine verhältnissmäßig große Zahl der Schätzungen m sich vorfindet, was auf eine ungenauere Schätzung in diesen Fällen schließen lässt. Allerdings muss hinzugefügt werden, dass auch im Falle harmonischer Intervalle die Curven nicht überall so symmetrisch gegen die absolute Reiz-

mitte liegen, wie in Fig. 1; das zeigen die in den übrigen Figuren gegebenen Darstellungen.

Auch zwischen den musikalischen und unmusikalischen Beobachtern kann der Unterschied constatirt werden, dass im allgemeinen, wie es ja von vornherein zu erwarten ist, bei den ersteren der Verlauf der Curven ein viel regelmäßiger ist, als bei den letzteren.

Was den Einfluss der Zeitfolgen anlangt, so ist derselbe aus dem verschiedenen Verlaufe der unterbrochenen und punktirten Curven ziemlich deutlich zu erkennen; die Abweichungen dieser Curven von einander, sowie auch von den die Mittelwerthe darstellenden ausgezogenen Curven sind zum Theil nicht unbedeutende, zeigen aber eine gewisse Gesetzmäßigkeit, welche die Annahme der bloßen Zufälligkeit als ausgeschlossen erscheinen lässt. Allerdings treten vielfach Unterschiede sowohl zwischen den verschiedenen Versuchspersonen als auch bei ein und derselben Versuchsperson zwischen den verschiedenen Versuchsreihen auf. Solche Verschiedenheiten hinsichtlich des Einflusses der Zeitlage sind auch bei früheren Untersuchungen beobachtet worden, z. B. bei den Versuchen über Schallstärkenvergleiche von Renz und Wolf¹⁾. Der Einfluss der Zeitfolge ist also bei unseren Versuchen trotz gewisser regelmäßig wiederkehrender Abweichungen nicht ein derartiger, dass er einem einzigen Gesetze sich unterordnen ließe. Wir beschränken uns daher darauf, die bezüglichen Erscheinungen hier anzuführen.

Achten wir zunächst nur auf die Curven der Schätzungen m , so ist das Lagenverhältniss der unterbrochenen und punktirten Curven bei P in den meisten Fällen so, dass unterhalb der absoluten Mitte die erstere Curve unter der zweiten, oberhalb der absoluten Mitte umgekehrt die erstere über der letzteren verläuft, wie Fig. 1 und 2 es zeigen; in einer kleineren Anzahl von Fällen (Tabelle V, VI und VIII) aber liegt die punktirte Curve nahezu in ihrem ganzen Verlaufe oberhalb der unterbrochenen, wie in Fig. 3 und 6; in einigen weiteren Fällen (Tab. XIII, XIV, XV) liegt die punktirte Curve in dem größten Theile ihres Verlaufs unterhalb der unterbrochenen,

1) Vierordt's Archiv für physiol. Heilkunde. 1856. S. 192.

ähnlich wie in Fig. 5 und 8. Die Schätzungen m treten also in den meisten Fällen bei P in der ersten Zeitfolge, der aufsteigenden, unterhalb der absoluten Mitte in geringerer Zahl, oberhalb der absoluten Mitte in größerer Zahl auf als in der zweiten, der absteigenden Zeitfolge. Das Bereich der Mittenschätzungen erleidet in diesen Fällen bei jeder Zeitfolge eine Verschiebung nach der der Folge der Töne entsprechenden Seite, bei aufsteigender Folge nach oben, bei absteigender nach unten. In den übrigen Fällen überwiegt die Zahl der Schätzungen m bei der absteigenden Zeitfolge die bei der aufsteigenden oder umgekehrt im ganzen Bereich der Schätzungen m ; die Schätzungen m gruppieren sich dabei entweder symmetrisch zu beiden Seiten der Reizmitte, oder zeigen eine kleine Verschiebung ihres Gebiets meist nach oben, vereinzelt aber auch nach unten.

Die Curven der Schätzungen m von Lz zeigen im allgemeinen eine größere Gesetzmäßigkeit als die von P ; fast durchgängig verlaufen die unterbrochenen Curven oberhalb der punktirten, wie in Fig. 8 und 11. Die Zahl der Schätzungen m bei der aufsteigenden Zeitfolge übersteigt also die bei der absteigenden Zeitfolge; der Unterschied ist vielfach ein recht beträchtlicher (Fig. 11). Die Ursache dieser Erscheinung ist vielleicht darin zu suchen, dass wir die Töne mit Vorliebe in aufsteigender Folge aufzufassen pflegen und durch diese Gewohnheit eine größere Sicherheit in der Beurteilung derselben bei aufsteigender Folge erlangt haben¹⁾. Die größere Zahl von Mittenschätzungen oder, was dasselbe ist, von Gleichheitsschätzungen der verglichenen Distanzen würde darnach auf einen größeren Grad von Sicherheit im Urtheil zurückgeführt werden, was ganz erklärlich erscheint; denn die Entscheidung darüber, ob zwei Distanzen gleich sind, erfordert jedenfalls ein schärferes Urtheil, als die, ob die eine derselben größer oder kleiner als die andere ist; diese letzteren Urtheile sind es aber, welche hier bei der absteigenden Folge vorherrschen und die geringe Zahl von Mittenschätzungen veranlassen. In einigen Fällen findet aber auch bei Lz eine Ausnahme von dieser Lage der unterbrochenen und punktirten Curve gegen einander statt. In Fig. 9 wird ein Fall veranschaulicht, in welchem die punktirte Curve größtentheils

1) Vergl. Stumpf, Tonpsychologie. S. 149.

oberhalb der unterbrochenen liegt, das Verhältniss also gerade umgekehrt ist wie oben. Die aufsteigende Zeitfolge liefert hier weniger Mittenschätzungen als die absteigende. Dasselbe Resultat hat sich auch bei der in Tabelle VII dargestellten Versuchsreihe für *Lz* ergeben. Es kommt ferner vor, z. B. in Tabelle VI, IX, dass unterhalb der absoluten Mitte die punktirte Curve über die unterbrochene greift, dass also unterhalb der Reizmitte die absteigende Folge mehr Schätzungen *m* ergeben hat als die aufsteigende. Die Unterschiede sind allerdings hierbei ziemlich geringe. Gleichzeitig beobachtet man in diesen Fällen eine Verschiebung des Bereichs der Mittenschätzungen bei aufsteigender Folge nach oben, bei absteigender nach unten, wie in den analogen Fällen bei *P* (Fig. 7).

Die Curven der Schätzungen *m* bei den übrigen Beobachtern verlaufen in ähnlicher Weise wechselnd; bald liegt die punktirte Curve unter der unterbrochenen, so in den meisten Fällen bei *R* (Fig. 5 und 10), bald die unterbrochene unter der punktirten, namentlich bei *Ps* und in einigen Fällen bei *M*, bald durchkreuzen sich die unterbrochene und punktirte Curve, sodass zu einem Theile die punktirte, zum andern Theile die unterbrochene oberhalb der anderen verläuft, worüber man sich nach den Tabellen I bis VI und XVIII und XIX ein Bild machen kann.

Analoges gilt auch von den Schätzungen *u* und *o*. In vielen Fällen verläuft bei den Schätzungen *u* die unterbrochene Curve unterhalb der punktirten, bei den Schätzungen *o* umgekehrt, die unterbrochene Curve oberhalb der punktirten, wie Fig. 3 es zeigt; in anderen Fällen ist das Verhältniss ein umgekehrtes; in noch anderen Fällen findet zwischen der unterbrochenen und punktirten Curve sowohl bei den Schätzungen *u* als auch *o* ein mehrfaches Durchkreuzen statt u. s. w. Auch hier ist also eine durchgängige Gesetzmäßigkeit nicht zu entdecken.

Der Einfluss der Zeitfolge ist sonach zwar deutlich zu erkennen; er macht sich aber in so verschiedener Weise geltend, dass es unmöglich ist, wie schon gesagt wurde, ein einheitliches Gesetz über seine Wirkung aufzufinden und die Ursachen desselben festzustellen. Jedenfalls sind die Ursachen sehr verschiedene; zu dieser Annahme wurde auch Fechner¹⁾ durch seine Gewichtsver-

1) Elemente II, S. 124, 142 f.; vergl. Stumpf, Tonpsychologie. I. S. 364.

suche, bei denen ein in gewissen Grenzen constanter Einfluss der Zeitlage ebenfalls zu beobachten war, geführt.

Wir fassen zum Schluss die Ergebnisse unserer Versuche nochmals kurz zusammen:

Erstens liefern sie einen directen Beweis dafür, dass wir die Fähigkeit besitzen, endliche Tonhöhenunterschiede unabhängig von der Klangverwandtschaft mit einander zu vergleichen und an einander zu messen.

Zweitens zeigen sie, dass dieses unmittelbar in der Empfindung gelegene Maß für Tonhöhenunterschiede nicht dem Weber'schen Gesetz entspricht, dass also die gleichen harmonischen Intervalle nicht gleiche absolute Unterschiede der Empfindung darstellen, sondern zwischen den absoluten Unterschieden der Tonempfindung und den Unterschieden der Schwingungszahlen eine nahezu vollständige Proportionalität besteht.

Drittens ist durch unsere Versuche dargethan, dass die Methode der übermerklichen Unterschiede, wenigstens in der Form, wie sie hier benutzt worden ist, nämlich in Verbindung mit der Methode der richtigen und falschen Fälle, auch im Gebiet der Tonempfindungen Anwendung finden kann und nicht beschränkt bleibt auf ihre bisherige Anwendung bei der Vergleichung von Lichtintensitäten, wie dies mehrfach vermuthet wurde.

