

# Untersuchungen über die Schätzung von Schallintensitäten nach der Methode der mittleren Abstufungen.

Von

**Frank Angell.**

Mit Tafel I.

---

## I. Die Verhältnishypothese und die Methode der doppelten Reize.

Der eigentlichen Untersuchung der Methode der mittleren Abstufungen bei Schallreizen lassen wir eine Prüfung der von Dr. Julius Merkel vorgeschlagenen Methode der doppelten Reize<sup>1)</sup> vorausgehen, mit welcher erstere in logischem und sachlichem Zusammenhange steht.

In seinen umfangreichen und anregenden Arbeiten über die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindungsschätzung<sup>2)</sup> hat Merkel die Methode der doppelten Reize in Anwendung gebracht, und im Zusammenhange mit der Methode der Minimaländerungen und der Methode der mittleren Abstufungen hat er insbesondere versucht, eine Entscheidung zu treffen zwischen den Ansprüchen der Verhältniss- und der Unterschiedshypothese in Bezug auf die Abhängigkeit der Empfindung vom Reiz. Es sollte übrigens hier eher die Rede sein von einer Verhältnishypothese als von der Hypothese, da die unter einander abweichenden Auffassungen der Verhältnishypothese beinahe so zahlreich sind als deren Vertreter, obgleich diese Auffassungen im allgemeinen mit einander übereinstimmen, insofern sie alle geltend machen, dass das Verhältniss von Empfindung

---

1) Phil. Stud. IV, S. 545.

2) Phil. Stud. IV, S. 541; V, S. 245, 499.

bez. Empfindungsschätzung und Empfindungszuwachs das gleiche bleibt, wenn das Verhältniss der Reize gleich bleibt.

Plateau war der Erste, bei dem sich diese Auffassung findet, aber auf Grund der Delboeuf'schen Scheibenversuche ließ er sie späterhin fallen. Brentano hat eine Ansicht geltend gemacht, welche von Fechner auf die Plateau'sche Formel reducirt worden ist<sup>1)</sup>; doch haben Fechner<sup>2)</sup> und G. E. Müller<sup>3)</sup> hervorgehoben, dass die Thatsache, welche Brentano anführt zur Bestätigung seiner Deutung des Weber'schen Gesetzes — nämlich dass »die Zunahme eines Zolles um eine Linie ungleich merklicher ist als die Zunahme eines Fußes um dieselbe Länge« — nur eine Thatsache des Gesetzes selber sei. Die consequenteste Durchführung der Verhältnisshypothese ist von Arwid Grotenfelt in seiner werthvollen Arbeit »Ueber das Weber'sche Gesetz und die psychische Relativität« (Helsingfors 1888) gegeben worden. Von dem Hering'schen Satze der Relativität als Grundprincip ausgehend — von dem Satze nämlich, »es sei ein einem jeden Denkenden mehr oder weniger klar bewusster Umstand, dass es, wie in der ganzen Welt überhaupt, so auch in der Welt des psychischen Geschehens immer nur auf Verhältnisse ankommen kann, weil es ein absolutes Maß der Dinge nicht gibt« — sucht Grotenfelt die Ergebnisse des Gefühls- und Empfindungslebens im Sinne der Verhältnisshypothese zu deuten. Die Thatsachen des Weber'schen Gesetzes seien nur exacte Ausdrücke des allgemeinen Beziehungsgesetzes, und ein wichtiger Stützpunkt dieser Auffassung sei in Laplace's Formulirung der Beziehung von »la fortune morale« zu »la fortune physique« enthalten. Der Verfasser macht auch geltend, dass unter den Forschern in der Psychophysik stillschweigend eine Darstellungsweise allgemein geworden ist, welche die von ihm sogenannte »rein psychologische Deutung« ausschließt, während diese Forscher doch bei vielerlei Voraussetzungen und Annahmen den Grundsatz der Relativität benutzen<sup>4)</sup>.

Die Ergebnisse der Methode der mittleren Abstufungen betrachtet man im allgemeinen als den schlagendsten Beweis gegen

---

1) In Sachen der Psychophysik, S. 24.

2) a. a. O. S. 25.

3) Zur Grundlegung der Psychophysik, S. 387.

4) Grotenfelt, Das Weber'sche Gesetz, S. 21.

die Verhältnisshypothese; so z. B. sagt Wundt: »Wenn wir drei Empfindungen  $a$ ,  $b$  und  $c$  so abstufen, dass  $b$  genau die Mitte zwischen  $a$  und  $c$  hält, so müssen wir selbstverständlich die absolute Größe des Unterschiedes zwischen  $a$  und  $b$  gleichsetzen der absoluten Größe des Unterschiedes zwischen  $b$  und  $c$ «<sup>1)</sup>. Gleichermassen betrachtet Köhler, in seiner Arbeit über die Formulierungen des Weber'schen Gesetzes<sup>2)</sup>, die ebenmerklichen Unterschiede zweier benachbarter Empfindungen als psychische Einheiten, und wie oben erwähnt worden ist, ließ Plateau, auf Grund von Delboeuf's Scheibenversuchen, die Verhältnisshypothese fallen. Dagegen behauptet Grotenfelt, dass die Ergebnisse der Methode der mittleren Abstufungen keineswegs als Beweisgrund gegen seine »rein psychologische« Deutung des Weber'schen Gesetzes angeführt werden können: »sie stehen, näher betrachtet, mit derselben in voller Harmonie«. Zur Begründung dieser Ansicht will der Verfasser eine Unterscheidung machen zwischen »gleichen Merklichkeitsgraden der Unterschiede« oder »Empfindungen, welche gegen einander gleich fühlbar contrastiren« einerseits und »einer directen vergleichenden Schätzung der Unterschiede« andererseits<sup>3)</sup>.

Hierin scheint mir ein Beispiel des herrschenden Gesichtspunktes bei der Auffassung der Verhältnisshypothese enthalten zu sein: aus der durch Erfahrung gewonnenen Kenntniss der physischen Größe der Reizunterschiede scheint den Vertretern der Verhältnisshypothese ein der Größe der Reizunterschiede entsprechender Intensitätsunterschied der Empfindungen nothwendig hervorzugehen, oder, von der psychischen Seite aus betrachtet, dass Unterschiede von stärkeren Empfindungen größer sein müssen, als entsprechende Unterschiede von schwächeren Empfindungen. So z. B. sagt Grotenfelt: »Das Bewusstsein wird in größerem oder geringerem Maße in Anspruch genommen, je nach der Intensität der Einwirkungen. In dem einen Falle wird der Zuschuss wahrgenommen als mit einer starken Empfindung innigst verschmolzen, in dem anderen Falle mit einer schwachen«<sup>4)</sup>. Alsdann

1) Phil. Stud. II, S. 25.

2) Phil. Stud. III, S. 577.

3) Das Weber'sche Gesetz, S. 107.

4) a. a. O. S. 95.

bemerkt er, an den Hering'schen Relativitätssatz anlehnd, es sei unmöglich zuzugeben, »dass die ebenmerklichen Unterschiede in diesen zwei Fällen gleich groß, absolut geschätzt, seien«.

Aus dem Gebrauch des Ausdruckes »Unterschiedsempfindungen«, »empfundene Unterschiede«, sowie aus Fechner's Ableitung seiner Maßformel durch Integrierung aus der Fundamentalformel, wobei eine gegebene Empfindung als eine aus der Summe unendlich vieler Differentialempfindungen entstandene betrachtet wird, erklärt es sich vielleicht, dass man dazu gekommen ist, Intensitätsunterschiede von Empfindungen gewissermaßen auch als eine Art von Empfindungen anzusehen und ihnen die Empfindungsbestimmungen beizulegen. Aber die vergleichende Auffassung der Ungleichheit zwischen gleichartigen Empfindungen ist keineswegs zu verwechseln mit den Bewusstseinscomponenten, welche sie in Zusammenhang bringt. Sie hat weder Gefühlston noch intensive Größe: sie ist die rein intellectuelle Seite der Empfindung und existirt nur insoweit, als sie in einem Urtheil gegeben ist. Fechner selbst hat ausdrücklich hervorgehoben, dass sie ein höherer Bewusstseinsact sei als die Auffassung einer Empfindung<sup>1)</sup>. Die einzige Größe, die man von der Differenz zweier Empfindungsintensitäten prädiciren kann — wenn Größe in dieser Beziehung überhaupt prädicirbar ist — ist eine Merklichkeitsgröße. Ich weiß, dass es hier ziemlich schwer zu argumentiren ist, ohne den Fehler einer *petitio principii* zu begehen: schon in dem Worte Unterschied ist der Begriff einer Unterscheidung, ja einer Beurtheilung eingeschlossen; ich suche nur hier zu betonen, dass die Bestimmungen der Empfindungen — besonders die ihrer intensiven Größe — nicht auf die Beziehungen der Empfindungen zu übertragen sind.

Somit kann ich nicht mit Grotenfelt übereinstimmen in der Behauptung, dass die Unterschiedshypothese als ein Apperceptionsgesetz nur eine im Grunde willkürlich gewählte Bezeichnungswiese<sup>2)</sup> sei; vielmehr sehe ich sie als eine genaue Zusammenfassung des thatsächlichen Bestandes an, nach der einzigen Form, in welcher dieser Thatbestand uns gegeben ist oder gegeben sein kann.

---

1) Psychophysik II, S. 86.

2) Das Weber'sche Gesetz, S. 101.

John Stuart Mill sagt: »Our judgments and the assertions which express them do not enunciate our mere mode of mentally conceiving things, but our conviction or persuasion that the facts as conceived actually exist«<sup>1)</sup>.

Die Aussage des Bewusstseins, dass Intensitätsunterschiede der Empfindungen gleich sind, beruht auf keiner conventionellen Rede-weise, sondern auf der unmittelbaren Ueberzeugung der Wirklichkeit dieser Gleichheitsbeziehung.

Gegenüber einer Arbeit von so viel Scharfsinn wie der von Grotenfelt über das Weber'sche Gesetz nehme ich fast Anstand hervorzuheben, dass die Argumente zum Theil zu unbestimmt sind, als dass man ihnen eine große Beweiskraft für einen exacten Thatbestand zugeben kann: in der That haftet es an der Natur der Sache, dass die Argumente für die Verhältnisshypothese, insofern sie sich auf das Relativitätsprincip berufen, zu unbestimmt sind, um mehr als einen dialektischen Werth zu haben.

Wenn Wundt sagt, dass »wir in unserem Bewusstsein nur ein relatives Maß für die Intensität der in ihm vorhandenen Zustände besitzen, dass wir also je einen Zustand an einem anderen messen, mit dem wir ihn zunächst zu vergleichen veranlasst sind«<sup>2)</sup>, so gibt mir diese Verallgemeinerung einen klaren Begriff der Bedingungen der psychophysischen Messungen. Aber in dem Hering'schen Satze, dass »es in der Welt des psychischen Geschehens nur auf Verhältnisse ankommen kann, weil es ein absolutes Maß der Dinge nicht gibt«, liegt keine solche bestimmte Bedeutung, dass man berechtigt ist, von ihm aus auf die Deutung eines solchen bestimmten Thatbestandes wie des Weber'schen Gesetzes zu schließen. In dem ersten Capitel seiner Ton-Psychologie hat Stumpf auf fünf verschiedene Formen der Relativitätslehre hingewiesen, und diese Unbestimmtheit wird darin abgespiegelt, dass Grotenfelt und Merkel bei verschiedenen Auffassungen der Verhältnisshypothese sich auf das allgemeine Relativitätsgesetz berufen.

Was die Beweiskraft des Gesetzes der »fortune morale« und »fortune physique« betrifft, so scheint es mir, dass die qualitativen

1) Examination of Sir Wm. Hamilton's Philosophy, p. 419.

2) Physiolog. Psychologie I. S. 377.

und quantitativen Bestimmungen des Glücks zu verschieden sind von den verhältnismäßig einfachen Bedingungen des Weber'schen Gesetzes, als dass man von ihnen aus auf letzteres als Analogon schließen kann. Es ist, wie Delboeuf sagt, »une application toute abstraite des mathématiques«<sup>1)</sup>, und es ist so auf dieselbe Linie zu setzen wie eine andere berühmte Berechnung von Laplace, nämlich die Chance des Wiederaufgehens der Sonne an einem bestimmten Tage unseres Lebens<sup>2)</sup>.

Im großen und ganzen also finde ich, dass sich eine consequente Darstellung der Verhältnisshypothese, der Sache nach, nur auf apriorische Argumente begründen lässt und nicht empirisch beweisbar ist: wenn man sie empirisch zu begründen sucht, so setzt man sich in die Gefahr, eine *Petitio principii* zu begehen. So z. B. Grotenfelt, wo er in Bezug auf den Zusammenhang »des Intensitätsunterschiedes und der Intensitäten, deren Unterschied er ist« sagt: »Wenn man nicht hier das Relativitätsgesetz als wenigstens im Princip gültig anerkennt, dann hat man dasselbe von Grund aus geleugnet«<sup>3)</sup>, während er doch früher behauptet hat, dass »das Weber'sche Gesetz nichts anderes als die von der experimentellen Psychologie gefundene Bestätigung jenes Grundprinzips sei«<sup>4)</sup>.

Ich finde also nicht, dass die Verhältnisshypothese den wesentlichen Forderungen einer wissenschaftlichen Hypothese entspricht, indem sie weder 1) eine genaue Zusammenfassung der Thatsachen ist, noch 2) auf deductive Weise Folgerungen gestattet, welche mit den Resultaten von Beobachtungen vergleichbar sind<sup>5)</sup>.

Endlich, insoweit sie auf dem Hering'schen Relativitätssatz beruht, scheint mir die Verhältnisshypothese ebenso sehr metaphysisch als psychologisch zu sein.

Von Grotenfelt's Auffassung des Weber'schen Gesetzes weicht die von Merkel wesentlich ab. Während Grotenfelt dafür hält, dass die Methode der mittleren Abstufungen nur eine

1) Delboeuf, Examen critique de la loi psychophysique, S. 43.

2) Laplace, Essai philosophique — citirt von Venn, »Logic of Chance«, p. 197.

3) Das Weber'sche Gesetz, S. 96.

4) a. a. O. p. 76.

5) Siehe Jevons »Principles of Science«, p. 511.

Bestätigung des Weber'schen Gesetzes ergebe, wenn die mittleren Proportionalen als Resultat hervorgehen, sagt Merkel: »Indessen kann sich das Weber'sche Gesetz bei der Methode der eben merklichen Unterschiede völlig gültig erweisen, während die Methode der mittleren Abstufungen die arithmetischen Mittel von  $R_1$  und  $R_2$  liefert«<sup>1)</sup>; und während Merkel behauptet, dass die Verhältnishypothese Proportionalität von Reiz und Empfindung in sich schließe, fügt Grotenfelt den Satz hinzu, dass Reiz und Empfindung gleichzeitig in geometrischen Progressionen wachsen können<sup>2)</sup>.

Auf eine Besprechung der Controverse zwischen Grotenfelt und Merkel brauchen wir nicht weiter einzugehen, als nöthig ist, um der hier vertretenen Auffassung des Weber'schen Gesetzes als Apperceptions-gesetz gerecht zu werden. Aber von diesem Standpunkte aus stimme ich mit Grotenfelt's oben citirter Aussage in Bezug auf das für die Bestätigung des Weber'schen Gesetzes nothwendige Ergebniss der mittleren Proportionalen bei der Methode der mittleren Abstufungen völlig überein.

Wenn Merkel auf das entschiedenste betont, dass er in Uebereinstimmung mit Wundt und Köhler nur eine Untersuchung der Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindungsschätzung für möglich hält<sup>3)</sup>, und doch behauptet, dass das Weber'sche Gesetz sich bestätigen könne, wenn die Methode der mittleren Abstufungen die arithmetische Mitte ergibt, so ist sein Begriff von Empfindungsschätzung ein ganz anderer als der, den Wundt und Köhler zu Grunde legen. Wenn mit dem Worte »Empfindungsschätzung« in dessen Anwendung auf die psychophysischen Maßmethoden eine Feststellung der Mercklichkeitsgrade der Unterschiede zwischen Empfindungen gemeint sein soll, so können die Größen der Mercklichkeitsgrade der Unterschiede, welche den verschiedenen psychophysischen Methoden zu Grunde liegen, nicht widersprechende Resultate ergeben: Untermerkliche, ebenmerkliche und übermerkliche Unterschiede sind Größen, welche in ihren respectiven Gebieten

---

1) Phil. Stud. IV, S. 548.

2) a. a. O. S. 102.

3) Phil. Stud. IV, S. 541.

nur verglichen sind in Bezug auf ihre Merklichkeit, und man könnte mit ganz demselben Recht erwarten, dass die Methode der richtigen und falschen Fälle den Ergebnissen der Methode der ebenmerklichen Unterschiede widerspreche, als dass bei Bewährung des Weber'schen Gesetzes die Methode der mittleren Abstufungen die arithmetische Mitte ergebe. In dieser Beziehung finde ich den Einwand von Grotenfelt treffend, dass das Schätzen der Reizintensität 10 als Mitte zwischen dem Reizintervalle 4 bis 16 eine größere Anzahl von ebenmerklichen Unterschieden zwischen 4 und 10, als zwischen 10 und 16 in sich schließen würde<sup>1)</sup>.

Innerhalb der Hypothese selbst fasst Merkel die Beziehung von Reiz und Empfindung anders als Grotenfelt auf. Nach Merkel ist es eine Beziehung der Proportionalität, welche zwischen Reiz und Empfindung existirt: d. h. das Verhältniss  $\frac{\Delta E}{E}$  ist gleichwerthig mit  $\frac{\Delta R}{R}$ <sup>2)</sup>. Bei der Bildung seines Begriffs der Art und Weise der Empfindungsmessung beruft er sich auf das Relativitätsgesetz. Er sagt: »Wir besitzen in unserem Bewusstsein kein absolutes, sondern nur ein relatives Maß für die Intensität der in ihm vorhandenen Zustände. Wir sind deshalb gezwungen, jeden Zustand an einem anderen zu messen, und wir constatiren daher einen bestimmten Unterschied, wenn der Zuwachs einen gewissen constanten Bruchtheil einer vorangehenden oder gleichzeitig wirkenden Empfindung erreicht. Anstatt des ebenmerklichen Unterschiedes könnten wir ebensogut auch das Doppelte oder die Hälfte der ursprünglichen Empfindung ermitteln<sup>3)</sup>. Aus Wundt's Relativitätslehre also will Merkel die Möglichkeit einer direct vergleichenden Abmessung der Empfindungen an einander folgern. Ich finde aber nicht, dass Wundt diese Folgerung aus der Relativitätslehre irgendwo vertreten hat: vielmehr finde ich, dass er die directe Abmessung von Empfindungen an einander im Zusammenhange mit der Hypothese der Proportionalität von Reiz und Empfindung eher

1) a. a. O. S. 109.

2) Phil. Stud. V, S. 253.

3) Phil. Stud. IV, S. 590.



ein absolutes als ein relatives Maß der Bewusstseinszustände nennen würde.

Aber jedenfalls hat die Merkel'sche Auffassung diesen Vorzug, dass sie experimentell zu prüfen ist. Als eine Folgerung aus seinen Grundprincipien der Empfindungsmessung, und als Prüfstein seiner Ansichten über das Verhältniss von Empfindung und Reiz hat sodann Merkel die Methode der doppelten Reize eingeführt.

Bei dieser Auffassung der Verhältnishypothese haben wir es also zu thun mit Empfindungen und Empfindungszuwüchsen — d. h. mit Größen, welche zu einander in der Beziehung von Theil und Ganzem stehen, — und die Uebertragung dieser Betrachtungsweise von ebenmerklichen Zuwüchsen auf übermerkliche, bei welchen die Empfindungen zu einander in der Beziehung von Ganzem und Theilen stehen, sowie die Prüfung letzterer mittelst einer Methode doppelter, dreifacher oder überhaupt multipler Reize sind von der Grundvoraussetzung aus ganz consequente Schritte. Freilich ist damit über die Gültigkeit solcher Methoden bez. über unsere Fähigkeit, Empfindungsintensitäten direct an einander zu messen, nichts gesagt: letztere lässt sich nur erfahrungsmäßig bestimmen.

Wenn diese Auffassung der Merkel'schen Verhältnishypothese richtig ist, so ist es mir nicht klar, auf welche Weise die Methode der mittleren Abstufungen im Stande sein soll, ein bestimmendes Moment für jene zur Geltung zu bringen. Die Methode der mittleren Abstufungen ist vor allem eine Methode der Vergleichung von Unterschieden zwischen Empfindungen, oder, um einen bildlichen Ausdruck zu brauchen, von Distanzen. Das Schätzen der Empfindung  $b$  als Mitte zwischen den Empfindungen  $a$  und  $c$  bedeutet, wie W undt schon bemerkt hat<sup>1)</sup>, dass man die absolute Größe des Unterschiedes zwischen  $a$  und  $b$  der absoluten Größe des Unterschiedes zwischen  $b$  und  $c$  gleich setzt, und es ist dabei nicht gemeint, dass  $a$  in  $b$  enthalten sei mit einem Ueberreste, welcher dem Zuwachs von  $c$  über  $b$  gleich sei. Eine solche Betrachtungsweise würde z. B. die Anwendung der Methode der mittleren Abstufungen auf sogenannte Tondistanzen unmöglich machen.

---

1) Phil. Stud. II, S. 25.

Münsterberg aber hat die Methode der doppelten Reize und deren Ergebnisse unter die Methode der mittleren Abstufungen subsumirt, und versucht sie in Einklang mit seiner Theorie der allen psychischen Vorgängen zu Grunde liegenden Muskelempfindungen zu bringen, indem er sie betrachtet als »eine Art mittlerer Abstufung zwischen Null, erstem und zweitem Reiz derart, dass wieder jeder Reiz für sich mit Null verglichen wird, und gleiche Unterschiedsempfindungen zwischen den so entstehenden absoluten Distanzempfindungen angestrebt werden«<sup>1)</sup>.

Es scheint mir in diesem Versuche der Vereinheitlichung nichts gewonnen zu sein. Die dem Reizwerthe Null entsprechende Nullempfindung ist einfach nichts, und wäre nicht zu unterscheiden von dem Nullausgangspunkt der übrigen Muskelempfindungen. Dass überhaupt eine messende Vergleichung stattfinden kann zwischen einem bestimmten Bewusstseinsinhalt und einem Bewusstseinszustand, in welchem kein bestimmter Inhalt gegeben ist, ist rein unmöglich und ein sich widersprechender Satz. Was die Methode der mittleren Abstufungen betrifft, so würde es nach dieser Auffassung nöthig sein, eine Unterschiedsempfindung der dritten Ordnung zu constatiren; nämlich die Schätzung des variablen Reizes als über oder unter der Mitte würde in sich einschließen einen geschätzten Unterschied der Unterschiede der absoluten Unterschiedsempfindungen, und in etwas weiterem als in Münsterberg's Behauptung finde ich keinen Grund für die Hypothese, dass dieser höhere geistige Vorgang der Vergleichung von Empfindungsintensitäten in einer derartigen Anhäufung von Empfindungsunterschieden bestehe.

Da Merkel's Auffassung der Verhältnishypothese sich experimentell prüfen lässt, hat es hier wenig Zweck Autoritäten ins Spiel zu rufen — entweder mit Lotze zu sagen: »dass überhaupt nie ein Punkt kommt, wo die eine Empfindung uns eine Vervielfältigung einer andern scheint, ist eine räthselhafte Thatsache«<sup>2)</sup>; oder mit G. E. Müller zu fragen: »wer möchte behaupten, die innere Beobachtung ergebe ihm, dass diese Empfindung noch einmal so intensiv sei wie jene?«<sup>3)</sup> Merkel betrachtet nicht nur Empfindungen

1) Beiträge zur experiment. Psychologie III, S. 118.

2) Medicin. Psychologie, S. 208.

3) Zur Grundlegung der Psychophysik, S. 412.

als aneinander direct messbar, sondern er hat versucht, sie in Bezug auf ihre Intensität direct zu messen, und als Resultat dieser Versuche hat er uns ausführliche Tabellen gegeben, deren Ergebnisse er als eine Bestätigung seiner Ansichten über die Messbarkeit der Empfindungen betrachtet und maßgebend hält für die Verhältnisshypothese der Beziehung zwischen Reiz und Empfindung. Unter diesen Umständen bleibt es nur übrig, die Experimente zu wiederholen unter solchen Aenderungen der Versuchs-umstände, welche den hauptsächlichsten apriorischen Einwänden gegen derlei Experimente entgegenkommen, und mit der kritischen Strenge, welche eine in eine Wissenschaft neu eingeführte Methodik erfordert.

Der hauptsächlichste Einwand, welcher gegen eine direct messende Vergleichung der Empfindungsintensitäten aneinander vorgebracht worden ist, besteht darin, dass man erst durch Erfahrung den Intensitätswerth der Empfindungen zu schätzen lerne; insbesondere hat Wundt in Bezug auf diese Experimente, wie Merkel berichtet<sup>1)</sup>, hervorgehoben, dass erst durch Erfahrung die Kenntniss erlangt werde, was unter einer doppelten Empfindung zu verstehen sei.

Dagegen erwidert Merkel, dass er gleich beim Beginn der Versuche, bevor Uebung eingetreten war, die doppelte Empfindung constatirte, gibt aber zu, dass er unbewusst früher, vor dem Beginn der Versuche eine bestimmte Vorstellung über das doppelte Verhältniss hatte bilden können<sup>2)</sup>.

Die zahlreichen Experimente von Merkel bei der Methode der doppelten Reize erstrecken sich über die Gebiete der Druck-, Gehörs- und Gesichtsempfindungen, und in der That hat er als doppelt das Verhältniss der Empfindungen geschätzt, bei welchem das Verhältniss der den Empfindungen entsprechenden Reizgrößen approximativ zwei war. Auf Aufforderung von Herrn Prof. Wundt übernahm ich eine Prüfung dieser Methode mit Schallreizen.

---

1) Phil. Stud. IV, p. 546.

2) Ebendasselbst.

## II. Prüfung der Methode der doppelten Reize.

Der für diese Versuche angewandte Apparat war derselbe, mit welchem Starke die Proportionalität von Schallstärke und lebendiger Kraft bewies; eine genaue Beschreibung desselben ist in Starke's Arbeit im dritten Bande der Philosophischen Studien, S. 269 ff. enthalten. Die Vorzüge dieses Apparates vor anderen, für ähnliche Zwecke gebrauchten bestehen in einer Einrichtung zur genauen Einstellung der Fallkugeln zwischen zwei, durch Elektromagnete gegeneinander angezogenen senkrechten Metallplatten, wobei erzielt wird: 1) das Loslassen der Kugeln, ohne ihnen eine rollende Bewegung mitzuthemen; 2) das Loslassen der Kugeln zu einem bestimmten Zeitpunkt durch Unterbrechung des elektrischen Stromes mittelst eines Contactpendels. Die Anwendung dieses Contactpendels, welches die Zeit zwischen den einzelnen Fallvorgängen genau zu reguliren und abzugleichen gestattete, war eine bei diesen Versuchen hinzugekommene Verbesserung der Versuchseinrichtung. 3) Das Herabfallen der Kugeln in den meisten Fällen auf eine Stelle des Fallbrettes, welche bei einem Meter Fallhöhe kleiner als die Oberfläche eines Zehnpfennigstückes war. Das Fallbrett wurde aus einem festen südamerikanischen Holz gefertigt; es war nicht festgenagelt, sondern wo es mit den Klammern der Fallunterlage in Berührung kam, war es mit Filzstücken festgekeilt. Es lag ferner auf zwei schmalen Filzstreifen und war nach der Fallunterlage geneigt unter einem Winkel von  $18^\circ$  mit dem Fußboden. Die durch das Herabfallen der Elfenbeinkugeln verursachten Schalle waren hell und nur bei den größten Fallhöhen (130 bis 150 cm) unangenehm.

Im Laufe der Versuche wurden hier Elfenbeinkugeln gebraucht, die 16,07, 16,13, 16,16, 16,11 Gramm wogen. Die durch den Gebrauch von Fallkugeln verschiedenen Gewichtes verursachte Veränderung in der Schallqualität war ein zu großer Nachtheil, als dass es uns geeignet schien, Kugeln von verschiedenem Durchmesser anzuwenden. Die Reagirenden waren Herr Dr. med. Rice (*Ri*), Herr Lehrer Kämpfe (*K*) und ich (*A*)<sup>1</sup>. *K* und *A* waren schon vorher in psychophysischen Reactionsweisen geübt, *Ri* war zuvor ganz ungeübt.

Die Verfahrungsweise war insoweit verschieden von derjenigen Merkel's, als wir uns des unwissentlichen Verfahrens bedienten, d. h. die Reagirenden saßen immer in gleicher Entfernung vom Apparat, mit dem Rücken dem letzteren zugekehrt, und weder von der Lage des variablen Reizes, noch von der Größe der Stufen wussten sie mehr, als was die Gehörseindrücke ihnen mittheilten. Wo es auf eine Frage der Erfahrung ankam, glaubte ich, dass es rathsam sei Erfahrungsmomente, bez. die Aussagen des Gesichtsinnes und die Kenntniss der Reizstufen, soweit als möglich auszuschließen.

Vor jeder Versuchsreihe wurde das Brett gestimmt, d. h. so gestellt, dass die von ihm erzeugten Schalle qualitativ gleich waren. Nachdem die Reagirenden während eines Monates an einem sich später als untauglich erweisenden Ebenholzbrette geübt hatten, wurden die Versuche mit dem oben erwähnten Brette angefangen. Keine von dem Ebenholzbrett gewonnenen Zahlen sind hierbei aufgenommen. Es ist aber vorauszusetzen, dass die Reagirenden, nachdem sie sich mehr als einen Monat in dieser Art Schätzung eingeübt hatten, im Stande waren eine zuverlässige Prüfung der Methode zu ermöglichen.

Das Versuchsverfahren war ziemlich dasselbe, wie das von Merkel angegebene<sup>1)</sup>. Der Normalschall wurde von einer constant bleibenden Höhe erzeugt, während der Vergleichsschall von der Normalhöhe ausgehend so lange abgestuft wurde, bis der Schall den Reagirenden deutlich mehr als doppelt so stark erschien. Sodann wurde von einer größeren Höhe ausgegangen und der Vergleichsschall so lange abgeschwächt, bis er deutlich weniger als von der doppelten Stärke erschien. Das arithmetische Mittel der aufsteigenden Doppelschätzungen ergab  $r_{u1}$ , das arithmetische Mittel der absteigenden  $r_{o1}$ , und das geometrische Mittel von  $r_{u1}$  und  $r_{o1}$  ergab den Werth des doppelten Reizes bei vorangehendem Normalreiz. Das entsprechende Verfahren bei vorangehendem Vergleichsreiz ergab  $r_{u2}$  und  $r_{o2}$ . Das arithmetische Mittel der so gewonnenen geometrischen Mittel ergab endlich den Werth des zu dem Normalreiz  $R$  geschätzten doppelten Reizes  $r$ .

1) Phil. Stud. V, S. 516.

Also

$$r = \frac{\sqrt{r_{u1} r_{o1}} + \sqrt{r_{u2} r_{o2}}}{2}$$

Die in der Tabelle I stehenden Zahlen geben die auf diese Weise berechneten Schätzungen für vier Normalhöhen an, und zwar für die letzten vier unserer Experimente, wo also die Reagirenden am meisten geübt waren.

Das Zeitintervall zwischen dem Anschlagen der Vergleichs- und Normalkugel wurde durch das Auslösungspendel reguliert und belief sich auf zwei Sekunden. Von mehreren geprüften Zeitintervallen erwies sich dieses den Reagirenden als dasjenige, bei welchem ihnen das Schätzen am bequemsten war. Die Buchstaben *Ri*, *K* und *A* bezeichnen die Reagirenden.

Tabelle I.

a)  $R = 13,5$  cm.

	$r_{u1}$	$r_{o1}$	$r_{u2}$	$r_{o2}$	$\sqrt{r_{u1} r_{o1}}$	$\sqrt{r_{u2} r_{o2}}$	$r$	$\frac{\sqrt{r_{u1} r_{o1}}}{R}$	$\frac{\sqrt{r_{u2} r_{o2}}}{R}$	$\frac{r}{R}$
<i>Ri</i>	26,9	37,6	26,9	31,3	31,8	29,3	30,5	2,36	2,17	2,26
<i>K</i>	26,8	39,1	29,9	36,4	32,4	33,0	32,7	2,4	2,44	2,42

b)  $R = 27,0$  cm.

	$r_{u1}$	$r_{o1}$	$r_{u2}$	$r_{o2}$	$\sqrt{r_{u1} r_{o1}}$	$\sqrt{r_{u2} r_{o2}}$	$r$	$\frac{\sqrt{r_{u1} r_{o1}}}{R}$	$\frac{\sqrt{r_{u2} r_{o2}}}{R}$	$\frac{r}{R}$
<i>Ri</i>	51,3	54,4	51,4	53,1	52,8	52,2	52,5	1,96	1,93	1,94
<i>A</i>	45,9	56	56,6	50,5	50,7	53,5	52,1	1,88	1,98	1,93

c)  $R = 40,5$  cm.

	$r_{u1}$	$r_{o1}$	$r_{u2}$	$r_{o2}$	$\sqrt{r_{u1} r_{o1}}$	$\sqrt{r_{u2} r_{o2}}$	$r$	$\frac{\sqrt{r_{u1} r_{o1}}}{R}$	$\frac{\sqrt{r_{u2} r_{o2}}}{R}$	$\frac{r}{R}$
<i>Ri</i>	75,7	71,3	77,7	73,3	73,5	75,5	74,5	1,81	1,86	1,84
<i>A</i>	73,6	72,1	79,3	79,6	72,8	79,4	76,1	1,79	1,96	1,88

d)  $R = 54$  cm.

	$r_{u1}$	$r_{o1}$	$r_{u2}$	$r_{o2}$	$\sqrt{r_{u1} r_{o1}}$	$\sqrt{r_{u2} r_{o2}}$	$r$	$\frac{\sqrt{r_{u1} r_{o1}}}{R}$	$\frac{\sqrt{r_{u2} r_{o2}}}{R}$	$\frac{r}{R}$
<i>Ri</i>	96,8	106,8	93,9	109,8	101,7	101,5	101,6	1,84	1,88	1,88
<i>K</i>	94,1	106,9	92,5	106,5	100,3	99,3	99,8	1,86	1,84	1,83

Die obigen Zahlen stimmen soweit mit denjenigen Merkel's überein, dass sie eine Abnahme von  $\frac{r}{R}$  ( $B$  in Merkel's Versuchen) bei einer Zunahme von  $R$  zeigen. Auch stimmen die Angaben der verschiedenen Beobachter ziemlich überein, obgleich meistens nur in den Durchschnittszahlen. Aber die Abnahme von  $\frac{r}{R}$  mit zunehmendem  $R$  geht sehr schnell vor sich: von  $R = 13,5$  bis  $R = 54$  bei *Ri*, wo also das Verhältniss der zwei Normalreize 1 : 4 ist, nimmt der Werth des als doppelt geschätzten Reizes um mehr als 17% ab. Während die Verdoppelung des Normalreizes von 13,5 zu 27 eine Abnahme von  $\frac{r}{R}$  um 14,2% bedingt, findet bei der Verdoppelung von  $R = 27,0$  zu  $R = 54,0$  eine Abnahme von  $\frac{r}{R}$  nur um 3,6% statt.

Da alle in Betracht kommenden Reize im mittleren Reizgebiet liegen, so ist es nicht einzusehen, warum bei demselben Verhältniss der Normalreize die Abnahme der geschätzten Reize einen so verschiedenen Gang hat.

Obgleich es vorkam, dass die Reagirenden (*Ri* und *K*) [bei demselben Vergleichsreiz aussagten, dass derselbe ihnen deutlich als doppelt so stark als der Normalreiz vorkomme, so waren doch im allgemeinen die Schätzungen sehr unregelmäßig und unsicher bis zum Ende der Versuche. Bald schätzte man sie bei einer Versuchsreihe einmal doppelt, bald fünf mal, bald gar nicht. Es kamen sogar Reihen vor, wo die Schätzungen unter doppelt, über doppelt und doppelt bunt durch einander gemischt waren.

Es fragt sich jetzt, wie unter diesen Umständen irgendwelcher Grad von Regelmäßigkeit in den Durchschnittszahlen zum Vorschein

kommen konnte. Es scheint mir, dass die Antwort in Erfahrungsmomenten und in den Versuchsbedingungen liegt. Nach dem Urtheil der Theilnehmer an diesen Versuchen hat Wundt Recht, wenn er behauptet, dass erst durch Erfahrung die Kenntniss davon erlangt werde, was unter einer doppelten Empfindung zu verstehen sei. Ich kann aber Merkel nicht zugeben, dass es ein Einwand gegen die Methode sei, dass die ersten Urtheile wesentlich schwerer zu fällen sind als die späteren; dasselbe gilt, so weit ich weiß, von allen psychophysischen Schätzungen, insbesondere auch von denen nach der Methode der mittleren Abstufungen.

Als ergänzendes Moment zu der erfahrungsmäßigen Beurtheilung treten die Versuchsbedingungen hinzu: während einer Versuchsstunde muss man eine bestimmte Anzahl von in Bezug auf Raum- und Zeitfehler sich ergänzenden Versuchsreihen ausführen. Diese Bedingung führt unvermeidlich zu einer solchen Vertheilung der Versuchsreihen, bez. der Anzahl der Abstufungen, dass in jeder Versuchsstunde dieselbe Anzahl von Versuchsreihen, bez. eine annähernd gleiche Anzahl von Abstufungen vollzogen werden muss. Es wären Vexirversuche, wenn man bei einer Abstufungsmethode anders verführe. Aber durch dieses nothwendige Verfahren tritt ein anderes Erfahrungsmoment hinzu, nämlich das der Kenntniss der Abstufungsanzahl, ein Moment, welches besonders bei Merkel's Experimenten ins Gewicht fiel, indem er sich eines wissentlichen Verfahrens bediente.

Hiermit ist nicht gesagt, dass man einen bewussten Schluss zieht in Bezug auf die Höhe des variablen Reizes, je nach der Anzahl der Abstufungen; keineswegs. Aber dass man, je nach der Uebung, eine gewisse unbemerkte Tendenz hat, ein Urtheil zu fällen auf Grund einer gewissen Anzahl von Abstufungen, ist eine Thatsache, welche wir in der Untersuchung über die Methode der mittleren Abstufungen noch kennen lernen werden. Bei der Aussage eines Reagirenden glaube ich wenigstens in Bezug auf die Frage nach der Mittelbarkeit oder Unmittelbarkeit eines Urtheils auf die Schnelligkeit, mit welcher anfangs schwer gefällte Urtheile zu scheinbar unmittelbaren Wahrnehmungen werden, Gewicht legen zu müssen. Die Gewissenhaftigkeit eines Reagirenden macht bekanntlich für Reactionsweisen, bei denen Erfahrungs- und Asso-



ciationsmomente ins Spiel kommen, wenig aus; je gewissenhafter der Reagirende ist, je mehr er strebt genau zu schätzen, desto schneller greift er unbewusster Weise nach solchen Erfahrungsmomenten. Aber was die Merkel'schen Versuche speciell anlangt, so sagt Merkel ausdrücklich: »ich verstehe unter Empfindungsschätzung nichts anderes, als was das Wort seinem eigentlichen Sinne nach besagt, nämlich die Art und Weise, wie wir die Empfindungen auffassen. Dabei kommt nicht nur der unmittelbare Eindruck derselben in Frage, sondern auch alle Erfahrungen, die wir in dem betreffenden Sinnesgebiete gesammelt haben«<sup>1)</sup>.

Somit betrachte ich die Ergebnisse der Methode der doppelten Reize im Gebiete des Schalles nicht als maßgebend für die Entscheidung der Frage nach der Beziehung zwischen Reiz und Empfindung in dem Sinne, dass die Stärke der appercipirten Empfindungen allein den Ausschlag für die Schätzung derselben gab; und es ist auch die Meinung der Theilnehmer an dieser Untersuchung gewesen, dass eine directe messende Vergleichung der Empfindungen ihrer Intensität nach überhaupt unmöglich sei.

Man könnte vielleicht einwenden, der Umfang der oben mitgetheilten Versuche sei zu begrenzt, als dass sie mit den zahlreichen Merkel'schen Ergebnissen zu vergleichen wären. Aber man muss sich daran erinnern, dass es bei unseren Experimenten nicht auf eine quantitative Feststellung der Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung unter der Voraussetzung der Giltigkeit der Methode, sondern auf eine Prüfung der Methode selbst ankam; und ich bin der Meinung, dass sorgfältige, nach monatlicher Uebung begonnene Experimente, welche in vier Versuchsstunden in der Woche während sechs Wochen fortgesetzt wurden, wohl im Stande sind eine zuverlässige Aussage über die Giltigkeit der angewandten Methode zu liefern.

Man könnte freilich auch einwenden, dass es überhaupt Zeit- und Arbeitsverlust sei, experimentell etwas zu prüfen, was anerkannte Autoritäten in der Psychologie als selbstverständlich betrachten. Aber die Frage war die eines Thatbestandes, und daher nur durch Thatsachen, durch kein ipse dixit, zu beantworten. In

1) Phil. Stud. V, S. 246.

verschiedenen Sinnesgebieten hatte Merkel nach dieser Methode zahlreiche Versuche ausgeführt, und daraus für die Psychologie wichtige Schlüsse gezogen; der Werth der Experimente bez. der Schlüsse war daher nur durch eine experimentelle Prüfung der Methode selbst zu bestimmen.

Obgleich ich nun dankbar den anregenden Charakter von Merkel's Untersuchungen anerkenne, sowie die aufopfernde unermüdliche Thätigkeit, welche in diesen langen Reihen von Versuchszahlen niedergelegt ist, so kann ich doch nicht zugeben, dass die Methode im Gebiete des Schalles einen psychophysischen Werth hat, und dass daher deren Ergebnisse im Stande seien ein Entscheidungsmoment zu Gunsten der Verhältnisshypothese abzugeben. Wie Wundt gesagt hat: »So lange wir uns darauf beschränken, je zwei qualitativ übereinstimmende Empfindungen in Bezug auf ihre Intensität zu vergleichen, vermögen wir nur anzugeben, ob sie wenig oder sehr verschieden sind in ihrer Stärke; eine nähere quantitative Bestimmung ist aber, so lange uns nicht Associationen zu Hülfe kommen, unmöglich«<sup>1)</sup>.

### III. Die Methode der mittleren Abstufungen.

Die hauptsächlichsten Anwendungen der Methode der mittleren Abstufungen oder, wie sie auch heißt, der Methode der übermerklichen Unterschiede haben es mit simultanen Reizen, namentlich Lichtreizen zu thun gehabt.

Die Versuche Plateau's und Delboeuf's sind schon so oft erörtert worden, dass es nicht nöthig ist sie nochmals zu discutiren. An diese Experimente schließen sich die Scheibenversuche von Lehmann<sup>2)</sup> und Neiglick<sup>3)</sup> eng an, und während letztere einerseits die Anwendbarkeit der Methode auf simultane Lichtreize beweisen, bestätigen sie andererseits mit unbedeutenden mit dem Contrast in Beziehung stehenden Abweichungen ziemlich genau das Weber'sche Gesetz.

---

1) Phys. Psychologie, 3. Aufl. I, S. 344.

2) Phil. Stud. III, S. 497 ff.

3) Phil. Stud. IV, S. 28 ff.

Die Anordnung der Sterne in Größenklassen, die Untersuchung von Ebbinghaus über die Gesetzmäßigkeit des Helligkeitscontrastes<sup>1)</sup> sind auf gleiche Linie mit dieser Methode und deren Ergebnissen zu bringen, und die sämtlichen, unter solchen verschiedenen Bedingungen gewonnenen Resultate der Vergleichung von übermerklichen Intensitätsunterschieden stellen eine solche Stütze zur Bewährung des Weber'schen Gesetzes dar, dass, wenn bei der Anwendung eines wesentlich verschiedenen Vergleichungsverfahrens große Abweichungen von diesem Gesetze zum Vorschein kommen, man wohl vermuthen darf, dass der Grund der Abweichungen eher auf den veränderten Versuchsbedingungen, als auf einer verschiedenen Beziehung zwischen Reiz und Empfindungsschätzung beruhe.

In der That ist nun die Veränderung in den Versuchsbedingungen, welche beim Uebergange von simultanen zu successiven Reizen eingeführt wird, so erheblich, dass man sogar gezweifelt hat, ob die Methode der mittleren Abstufungen auf successive Reize oder überhaupt außerhalb des Gebietes des Lichtsinnes anwendbar sei<sup>2)</sup>. Dagegen scheint Merkel die Anwendbarkeit der Methode auf successive Reize als selbstverständlich betrachtet zu haben, indem er zur Bestimmung der Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung ohne weiteres successive Reize anwandte, und zwar nicht nur bei Druck- und Schallreizen, sondern auch bei den bisher vermitteltst simultaner Reizung verglichenen Lichtreizen. Auf eine Besprechung der mit Druck- und Lichtreizen nach dieser Methode gewonnenen Ergebnisse oder auf die Art und Weise, wie sie gewonnen sind, können wir hier nicht ausführlich eingehen. Grotenfelt hat schon darauf hingewiesen, dass die Versuche nach der Methode der ebenmerklichen Unterschiede nicht in befriedigendem Einklang mit denjenigen der Methode der mittleren Abstufungen stehen<sup>3)</sup>, und, wie wir schon hervorgehoben, können die Ergebnisse der Methode der mittleren Abstufungen nur dann als eine Bestätigung des Weber'schen Gesetzes betrachtet werden, wenn sie das geometrische Mittel ergeben. Im allgemeinen darf man sagen, dass man solche Experimente,

1) Sitzungsber. der Berliner Akad. d. Wissensch. 1887. II, S. 344 ff.

2) G. E. Müller, Zur Grundlegung der Psychophysik, S. 101.

3) Das Weber'sche Gesetz, S. 112.

welche dem trügerischen Spiel der Association, dem überwiegenden Einfluss von kaum bemerkbaren Erfahrungsmomenten ausgesetzt sind, nur dann im Stande ist zu beurtheilen, wenn man entweder die Versuchsbedingungen selbst erlebt hat oder sie deutlich zu übersehen vermag. Bei Merkel aber fehlt es, trotz der Ausführlichkeit der Versuche, an Angaben, welche gewissermaßen als Wegweiser für eine constructive Kritik dienen könnten, z. B. über das Zeitintervall zweier aufeinander folgender Reize, über die Wirkungszeit der Reize, den mittleren Fehler der gefällten Urtheile u. s. w.

Eins möchte ich noch in Bezug auf Merkel's Lichtexperimente hervorheben: Merkel behauptet, dass seine Resultate sich nicht im Widerspruch mit den Neiglick'schen befinden, und dass seine Untersuchung, abgesehen von der Verschiedenheit der Methode, »als eine Fortsetzung der Neiglick'schen betrachtet werden könnte«<sup>1)</sup>. Was nun die Versuchsergebnisse anlangt, so folgen Neiglick's Schätzungen einem Periodicitätsgesetz, kraft dessen die Abweichung der geschätzten mittleren Helligkeit von dem geometrischen Mittel der zwei Grenzhelligkeiten von deren absoluter Differenz unabhängig ist; Merkel's Mitteschätzungen dagegen zeigen bei Zunahme der absoluten Differenz der Grenzhelligkeiten eine steigende positive Abweichung von dem geometrischen Mittel.

Mit Ausnahme von sehr kleinen Differenzen der Grenzhelligkeiten, wo Neiglick ausdrücklich berichtet, dass es außerordentlich schwer war, ein Urtheil überhaupt zu fällen, waren die Abweichungen der Neiglick'schen Resultate von dem geometrischen Mittel im Großen und Ganzen sehr unbedeutend: bald waren sie positiv, bald negativ, und bald fand gar keine Abweichung statt. Aber die sämmtlichen Abweichungen der Merkel'schen Schätzungen waren positiv, und bei stärkeren Unterschieden der Grenzhelligkeiten sehr groß: z. B. bei den Grenzhelligkeiten  $R_1 : R_2 = 2 : 1536$  war das Verhältniss  $\frac{\text{geschätzte Mitte}}{\text{geometrische Mitte}} = \frac{289}{54,4} = 5,22^2)$ .

In der That führt die Umwandlung von simultanen in successive Reize eine solche Veränderung der Versuchsbedingungen ein, dass

1) Phil. Stud. IV, S. 569.

2) Phil. Stud. IV, S. 568, Tabelle XII.

die Merkel'schen Versuche so wenig als eine Fortsetzung der Neiglick'schen zu betrachten sind, wie sich die Ergebnisse der Merkel'schen Experimente in Uebereinstimmung mit den Neiglick'schen befinden. Neiglick's Experimente sind als eine Bestätigung des Weber'schen Gesetzes zu betrachten, dagegen sind Merkel's Resultate in Uebereinstimmung mit keinem bisher bekannten Gesetz der Abhängigkeit von Reiz und Empfindung<sup>1)</sup>.

Die Resultate, welche Merkel nach dieser Methode mit Schallreizen erhielt, wollen wir hier kurz zusammenfassen. Nach Merkel's Bezeichnungen bedeutet  $R_1$  den unteren Grenzureiz,  $R_2$  den oberen Grenzureiz,  $R_m$  das geschätzte Mittel von  $R_1$  und  $R_2$ , und es ist  $R_g = \sqrt{R_1 R_2}$ ;  $R_a = \frac{R_1 + R_2}{2}$ . In allen Fällen war  $R_m > R_g$ : d. h.  $\frac{R_m}{R_g} > 1$ .

Mit der Zunahme des relativen Unterschiedes von  $R_1$  und  $R_2$  nahm nun der Werth  $\frac{R_m}{R_g}$  zu. So z. B. bei

$$\begin{array}{rcl} \frac{R_2}{R_1} = 3 & \text{war} & \frac{R_m}{R_g} = 1,16 \\ \frac{R_2}{R_1} = 10 & \text{»} & \frac{R_m}{R_g} = 1,67 \\ \frac{R_2}{R_1} = 15 & \text{»} & \frac{R_m}{R_g} = 1,96 \\ \frac{R_2}{R_1} = 731 & \text{»} & \frac{R_m}{R_g} = 6,53. \end{array}$$

Bei den kleineren relativen Unterschieden war die geschätzte Mitte bedeutend näher dem arithmetischen Mittel als dem geometrischen, und bis  $\frac{R_2}{R_1} = 10$  kamen sogar Fälle vor, wo die geschätzte

1) Wir dürfen hier nicht Münsterberg's Empfindungsäquivalente (Beiträge III, S. 89) zu Grunde legen, um den Uebergang von Licht- zu Schallempfindungen zu ermitteln. Den Mittheilungen fehlt es an der ausführlichen Angabe der Versuchsbedingungen, welche bei solchen durchschlagenden Resultaten unerlässlich ist. Es ist nebenbei zu bemerken, dass in der Berechnung der Lichtäquivalente aus Scheibenversuchen Münsterberg eine Proportionalität von Helligkeit und Gradzahl der weißen Sektoren angenommen hat, welche keineswegs stattfindet.

Mitte größer war als das arithmetische Mittel. Bei den größeren relativen Reizunterschieden fiel  $R_m$  zwischen  $R_g$  und  $R_a$ , und zwar weit entfernt von beiden. Wo das Verhältniss von  $R_1$  und  $R_2$  der doppelten Reizschwelle gleichkam, wo also die gleich merklichen Unterschiede ebenmerkliche Unterschiede waren, ergaben sich Werthe von  $R_m$ , welche in allen Fällen größer als  $R_g$  und in einigen Fällen größer als  $R_a$  waren. Im allgemeinen bestätigen diese Resultate weder das Weber'sche Gesetz noch irgend ein anderes bis jetzt bekanntes Gesetz. Wie bei der Methode der doppelten Reize hat Merkel sich hierbei eines wissentlichen Verfahrens bedient.

Die in der Folge mitgetheilten, in Herrn Prof. Wundt's psychologischem Institut unternommenen Versuche sind, obgleich mit den Merkel'schen direct vergleichbar, keineswegs als eine Anlehnung an dieselben zu betrachten. Vielmehr wurden sie unternommen: 1) um zu prüfen, ob bei unwissentlichem Verfahren die Schätzung der Intensitätsunterschiede von drei successiven Schallempfindungen nach irgend einer gesetzmäßigen Ordnung stattfindet; 2) im Falle irgend eine solche Gesetzmäßigkeit der Schätzungen sich ergebe, zu untersuchen, in welcher Beziehung diese zu dem Weber'schen Gesetze stehe.

### 1. Apparat und Versuchsmethode.

Der Apparat war gleichfalls der im dritten Bande der Philosophischen Studien S. 269 ff. beschriebene Wundt'sche Fallapparat. Es ist nicht nöthig, hier die Versuchsreihen anzugeben, welche wegen der Schwierigkeit, die qualitativ gleichen Schalle hervorzurufen, fehlschlügen. Zu dieser Schwierigkeit tritt der Umstand hinzu, dass die Reagirenden durch die Uebung gegen die geringsten qualitativen Unterschiede sehr empfindlich werden. Die Vergleichung von Intensitätsunterschieden qualitativ ungleicher Schalle darf als reichhaltiges Thema für apriorische Erwägungen gelten, aber es ist thatsächlich wahr, dass bei genauer Vergleichung von Schallintensitäten die geringste qualitative Verschiedenheit außerordentlich störend wirkt.

Endlich wurde ein Ebenholzbrett (Dimensionen =  $81 \times 9,5 \times 1,5$  cm) hergestellt, bei welchem durch probemäßiges Anklopfen

drei Punkte gefunden wurden, welche qualitativ gleiche Schalle lieferten. Das Brett war zwischen den Klammern der Fallunterlage festgekeilt und hatte einen Neigungswinkel gegen die Ebene des Fußbodens von  $18^\circ$ . Die Fallkugeln aus Elfenbein wogen 6,78, 6,79 und 6,79 g. Das Zeitintervall zwischen dem Herabfallen zwei auf einander folgender Kugeln wurde wieder durch das eigens zu diesem Zwecke construirte Pendel (S. 425) regulirt und betrug zwei Secunden. Die Reagirenden waren die Herren Studirenden Pace (*Pe*) und Parker (*Pr*). Das Verfahren war ein unwissentliches, indem die Reagirenden mit dem Rücken gegen den Apparat saßen.

Ich theile hier nur die hauptsächlichsten Ergebnisse dieser Versuchsreihen mit, da in Folge des Gebrauches das Ebenholzbrett untauglich wurde und daher nur ein Theil der beabsichtigten Versuchsreihen zu Ende geführt wurde. Das geschätzte Mittel  $R_m$  der zwei Grenzureize  $R_1$  und  $R_2$  wurde aus vier Versuchsreihen gebildet, nämlich:

Reihenfolge	$R_1$	$R_v$	$R_2$	bei aufsteigendem	variabilem	$R_v$
-	$R_1$	$R_v$	$R_2$	- absteigendem	-	$R_v$
-	$R_2$	$R_v$	$R_1$	- aufsteigendem	-	$R_v$
-	$R_2$	$R_v$	$R_1$	- absteigendem	-	$R_v$

Das arithmetische Mittel der als Mitte geschätzten Höhen von  $R_v$  bei jeder Zeitfolge ergab den Mittenwerth für die betreffende Zeitfolge, und das arithmetische Mittel aus den vier Werthen von  $R_v$  bei allen Zeitfolgen ergab den Werth des als Mitte zwischen den Grenzureizen geschätzten Reizes  $R_m$ .

Wir hatten im allgemeinen erwartet, dass das Mittel der Reihenfolgen, wo der lauteste Reiz  $R_2$  der zuletzt gegebene war, in der Reihenfolge also, welche wir als aufsteigendes Verfahren bezeichnen wollen, größere Werthe liefern würde, als das Mittel der entgegengesetzten Reihenfolge, welche wir absteigendes Verfahren nennen wollen. Aber die Ergebnisse beider Reihenfolgen waren bei beiden Reagirenden ziemlich gleich, obgleich in einer unbedeutenden Mehrzahl der Fälle das absteigende Verfahren größere Werthe ergab als das aufsteigende.

So viel ich weiß, liegen keine Untersuchungen vor, welche die Geschwindigkeit des subjectiven Abklingens von successiven Schallreizintensitäten bestimmt haben: man hat im allgemeinen constatirt, dass der zweite von zwei successiven Schallreizen lauter erscheint

als der erste, und hat die Erscheinung durch die Annahme erklärt, dass die zum Erinnerungsbild gewordene Empfindung mit der stärkeren gegenwärtigen Empfindung verglichen worden sei, oder dass sich die physiologische Nachwirkung des ersten Reizes zu der des zweiten addirt habe.

Starke's sorgfältige Experimente<sup>1)</sup> zeigen einen sehr bedeutenden Unterschied in der Zeitfolge, so dass der vor dem Normalreiz stattfindende Vergleichsreiz mehr als zweimal so stark sein muss als der dem Normalreiz folgende Vergleichsreiz, wenn jener dem Normalreiz gleichgeschätzt werden soll. Aber aus Starke's Experimenten ist das eigenthümliche Resultat herauszulesen, dass, je stärker der Normalreiz, desto kleiner der Unterschied der Schätzungen bei den zwei Zeitfolgen ist; oder, mit anderen Worten, bei stärkeren Reizen erhält sich das sogenannte Erinnerungsbild verhältnissmäßig stärker als bei schwachen Reizen. Eine Anwendung der Starke'schen Ergebnisse auf die unsrigen zur Erklärung der Gleichheit der Mitteschätzungen bei verschiedenen Zeitfolgen ist jedoch nicht statthaft; das Ziel von Starke's Versuchen war das Unmerklichwerden von Reizunterschieden; uns kam es darauf an, eine Gleichheit von Intensitätsunterschieden festzustellen. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass Starke's Stufeneinheiten Millimeter waren; die unsrigen waren Centimeter. Ich kenne keine Untersuchung, welche direct darauf ausgeht, den Einfluss der Größe der Stufen zu ermitteln; später aber werden wir zeigen, dass die Stufengrößen einen bedeutenden Einfluss auf die Größe der Unterschiedsschwelle und deshalb auf den Unterschied der Schätzungen bei den Zeitfolgen ausüben.

Der Aufmerksamkeitszustand während des Herabfallens der drei Kugeln kann nicht ohne weiteres als constant betrachtet werden. Fechner hat behauptet, dass »die Aufmerksamkeit bei Versuchen mit abgeänderten Reizgrößen, welche unwillkürlich eine Veränderung des Grades der darauf bezogenen  $\mathcal{A}$  [Aufmerksamkeit] mitführen würden, doch willkürlich . . . . auf demselben Stande erhalten werden kann«<sup>2)</sup>.

---

1) Phil. Stud. III, S. 264 ff.; V, S. 157 ff.

2) Phil. Stud. IV, S. 209.



Aber bei diesen Versuchen waren die mitwirkenden Einflüsse zu stark, als dass man einen constanten Stand der Aufmerksamkeit beibehalten konnte. Es konnte z. B. bei verschiedenen Versuchsreihen oder in verschiedenen Stadien derselben Reihe ein größerer Grad der Aufmerksamkeit auf einen der drei Reize gerichtet werden als auf die andern. Bei einigen Versuchen war der Spannungsgrad der Aufmerksamkeit so groß, dass der erste Reiz einen bemerkbaren Reflex auslöste: eine Wirkung, welche bei den darauf folgenden Reizen nicht stattfand. Im Laufe der Experimente war die Aufmerksamkeit sehr auf den mittleren variablen Reiz gerichtet, vielleicht durch die Ausbildung von Gesichtsbildern, bei welchen das Reizintervall als eine Strecke vorgestellt wurde, auf welcher der variable Reiz sich hin und her bewegte. Wie stark diese associirten Gesichtsvorstellungen sich ausgebildet hatten, zeigte sich später, als, um die Resultate mit variablem mittlerem Reiz zu prüfen, wir zu Versuchen übergingen, wo einer der Grenzreize der variable war. Bei dieser Veränderung sagten die Reagenten aus, dass die Beurtheilung ihnen sehr schwer geworden sei, und in der That fielen die Ergebnisse viel unregelmäßiger aus, als es bei der Variirung des mittleren Reizes der Fall war. Gegen den dritten (letzten) Reiz war die Stellung der Aufmerksamkeit sehr schwankend. Bald zeigte sich eine Neigung der Aufmerksamkeit, sich auf diesen den Ausschlag gebenden Reiz zu concentriren; bald zeigte sich eine Tendenz das Urtheil zu fällen, bevor der dritte Reiz erfolgte, wobei der Einfluss der vorangegangenen Versuche sich geltend machte.

Wie oben erwähnt, sind die mit dem Fallbrette gewonnenen Versuchsreihen nicht mitgetheilt, da das Brett untauglich wurde, bevor die Hälfte der beabsichtigten Reihen durchgeführt war. Da ziemlich viel Zeit und Arbeit verloren gegangen war durch die Schwierigkeit, drei qualitativ gleiche Schalle von einem gemeinsamen Fallbrett zu erzeugen, versuchte ich zunächst drei Bretter oder Platten anzuwenden. Diese Platten wurden aus Ebenholz gefertigt, waren polirt und hatten die Dimensionen  $9 \times 9 \times 2$  cm. Beim Anprall der Kugeln auf die Mittelpunkte der auf dem Unterbrett der Fallunterlage ganz locker liegenden Platten gaben letztere drei qualitativ ununterscheidbare, nicht unangenehme Schalle. Der Versuch, die Verschiebung der Platten durch Anschrauben an das

Unterbrett zu verhindern, gelang aber nicht: die Energie der Fallkugeln wurde durch die Platten der Fallunterlage und durch diese dem Fußboden mitgetheilt, wobei allerlei die Beurtheilung störende Einflüsse ins Spiel kamen.

Es kam also darauf an, die Uebertragung der Schwingungen der Platten auf die Fallunterlage möglichst zu verhindern. Zu diesem Zwecke wurde nun das Unterbrett, welches zur Aufnahme der Platten diente, nicht in directer Berührung mit der Fallunterlage angebracht, sondern lag auf Filzstreifen, und war mit dickem Flanell überzogen. Das Unterbrett war seitlich mit Filzstücken festgekeilt. Auf diesem so isolirten Unterbrett lagen die Platten unter einem Neigungswinkel von  $8^\circ$  gegen die Ebene des Fußbodens. Unter jeder Platte war ein Bett, bestehend aus mehreren Schichten Flanell und Baumwolle angebracht, und jede Platte wurde gegen Verschiebung geschützt durch zwei Gummibänder, welche Unterbrett und Platte umspannten. Bei dieser Einrichtung war bei mäßigen Fallhöhen (10—80 cm) keine Spur vom Mitschwingen der Erschütterung an dem Unterbrett oder an der Unterlage wahrzunehmen. Auf eine Berechnung der Fallenergie, welche sich in Schallluftschwingungen umsetzt, will ich nicht eingehen. Merkel hat bei einer Kugel, deren Gewicht  $p = 0,459$  g, bei der Fallhöhe  $h = 10$  cm den Rückprall  $h' = 5,5$  cm ermittelt, und daraus

$$i = p(h - h') = 0,45 \cdot 4,5$$

gefunden, woraus sich auf Grund der Formel  $i = cp h$ , wo  $c$  den geringen Theil der Fallenergie bedeutet, welche sich in Schallbewegung umsetzt,

$$c = \frac{i}{p h} = 0,45$$

ergibt, wobei  $c$  in Gramm-Centimetern angegeben ist. Aber so einfach, wie diese Berechnung voraussetzt, scheint sich mir die Sache keineswegs zu verhalten. Von der gesammten kinetischen Energie der Fallkugel geht wahrscheinlich nur ein kleiner Theil in Luftschwingungen über: außer der Umsetzung der Fallenergie in den Rückprall transformiren sich Theile in Deformation des Fallbrettes und der Fallkugeln, und in Bewegungen der Fallunterlage und des Fußbodens. Es ist gebräuchlich, bei derlei Experimenten

die Deformation des Fallbrettes und der Fallkugeln als »verschwindend klein« zu betrachten, indem man meint, dass die Falleindrücke nicht leicht sichtbar sind. Aber der geringste Eindruck, welcher in das härteste, festeste Holz von einer sehr elastischen Kugel gemacht worden ist, kann nicht in Bezug auf die gesammte Fallenergie als verschwindend klein betrachtet werden; und schon der Umstand, dass die von ausgewähltem Elfenbein gefertigten Kugeln durch den Gebrauch so stark deformirt wurden, dass sie schließlich in die zum Festhalten der Kugeln bestimmte Vorrichtung nicht mehr passten, weist auf die Kraft des Deformationsmoments hin. Die Uebertragung der Fallenergie auf die Fallunterlage ist ebenfalls sehr in Betracht zu ziehen: bei den letzten in der Folge mitgetheilten Experimenten hörte ich auf, Fallhöhen von größerem Betrag als 100 cm anzuwenden, da ich bei Höhen von 125—144 cm die Erschütterung des Fußbodens unter mir deutlich spürte.

Die Untersuchungen von Töpler und Boltzmann<sup>1)</sup> mit einer gedeckten Orgelpfeife von 181 Schwingungen in der Secunde, um minimale Schallintensitäten zu bestimmen, ergaben, dass das Gehörorgan durch eine Schwingung mit der Energie von  $\frac{1}{153 \text{ Billionen}}$  Kilogrammometer erregt wurde, und wenn diese Angabe als nicht maßgebend für die hier in Betracht kommenden Versuche betrachtet werden kann, so ist aus der kleinen Masse der Lufttheilchen und aus der äußerst geringen Amplitude der Schwingungen zu erschließen, dass die Energie der Schallbewegung bei unseren Experimenten nur einen kleinen Bruchtheil der gesammten Fallenergie betrug. Außerdem kommt noch der Werth der Fallhöhe in Betracht: nur innerhalb gewisser Grenzen kann man die Proportionalität von Schallstärke und Fallhöhe zugeben. Je größer die Geschwindigkeit der Kugel, desto mehr macht sich das Deformationsmoment geltend: der von einer Gewehrkuugel erzeugte Schall kann beinahe als verschwindend klein gegen das Deformationsmoment betrachtet werden.

Im großen und ganzen also erscheint es mir als eine exact nicht lösbare Aufgabe, denjenigen Theil der Fallenergie zu berechnen, welcher sich in Schallbewegung umsetzt, und ich verlasse mich

1) Annalen der Physik, CXVI, S. 321. 1870; citirt von Hensen. (Hermann's Handbuch der Physiologie, III, Theil 2, S. 117.)

ausschließlich auf die Thatsache, dass mit demselben Apparat (mit Ausnahme des Fallbrettes) und in demselben Arbeitszimmer, überhaupt unter Bedingungen, welche denjenigen unserer Versuche gleich waren, Starke die Proportionalität von Fallhöhe und Schallstärke innerhalb gewisser Grenzen bewiesen hat. Die größte von Starke benutzte Fallhöhe war 70 cm. Am Anfang unserer Experimente war die obere Reizgrenze 144 cm; der Deformation der Fallplatten wegen bin ich aber bei den späteren Versuchen nicht über die Höhe von 100 cm hinausgegangen.

Die mit  $Pe$  und  $Pr$  als Reagenten gewonnenen Ergebnisse mit den drei Ebenholzplatten theile ich hierbei kurz mit; an und für sich sind sie nicht maßgebend, können aber zur Vergleichung mit anderen Resultaten dienen.

In dieser Tabelle bedeutet  $R_1$  untere Fallhöhe,  $R_2$  obere Fallhöhe,  $R_m$  die aus vier Versuchsreihen gewonnene Mitteschätzung, und es ist

$$R_g = \sqrt{R_1 \cdot R_2}; R_a = \frac{R_1 + R_2}{2}.$$

Tabelle II.

$R_1 : R_2$	$R_m$		$R_g$	$R_a$	$\frac{R_m}{R_g}$		$\frac{R_m}{R_a}$	
	$Pe$	$Pr$			$Pe$	$Pr$	$Pe$	$Pr$
20 : 79	55,5	56	39,7	49,5	1,40	1,41	1,12	1,13
20 : 111	61,7	60,5	47,2	61,5	1,31	1,28	1,00	0,98
20 : 144	84,8	86,8	53,7	82	1,58	1,61	1,03	1,06
40 : 120	75,8	77,5	69,3	80	1,09	1,12	0,95	0,97

Die Angaben der beiden Beobachter stimmen ziemlich gut überein: die Zahlen, welche die Mitteschätzungen darstellen, sind näher dem arithmetischen als dem geometrischen Mittel. Dagegen zeigen die Werthe von  $\frac{R_m}{R_g}$  keine stetige Zunahme mit zunehmender Größe des Intervalles zwischen  $R_1$  und  $R_2$ :  $\frac{R_m}{R_g}$  ist kleiner bei  $R_1 : R_2 = 20 : 111$ , als bei  $R_1 : R_2 = 20 : 79$ . Das Fehlerhafte bei

diesen Versuchen war: dass sie 1) nicht zahlreich genug, 2) die mittleren Fehler zu groß waren, und dass 3) die Resultate der Schätzungen nach der Ausrechnung den Reagenten mitgetheilt wurden. Letzterer Umstand hatte, trotz des Strebens der Reagenten unabhängig zu schätzen, die Urtheile beeinflussen können.

Wegen der oben erwähnten Schwierigkeiten, die dem Schätzungs-vorgang bei diesen Versuchen anhafteten, bot Herr Dr. Külpe seine in psychophysischen Beobachtungen sehr erfahrenen Dienste an. Die Experimente wurden demnach wieder neu aufgenommen, aber unter etwas strengeren Bedingungen als früher. Später traten noch die Herrn stud. phil. Krüger und Segsworth zu der Gruppe hinzu. Um eine ganz zuverlässige Vergleichung der Urtheile von verschiedenen Reagenten zu ermöglichen, wurde in einer Versuchsstunde nur mit einem Reagenten experimentirt und von den Größen der constanten Fallhöhen, von dem Zahlenwerth der Schätzungen, von dem allgemeinen Gang der Experimente den Reagenten nichts mitgetheilt. So weit wie möglich war die Beurtheilung bei jeder Versuchsreihe ganz unbefangen. Dazu traten Verbesserungen in der Handhabung des Apparats: die Kugeln fielen nicht nur geräuschlos in eine weiche Fallunterlage, sondern es bewegte sich auch der Experimentator auf Filzschuhen. Mit Ausnahme der fünf ersten Reihen und der allerletzten Reihe fanden alle hier mitgetheilten Versuche in einem mit Doppelfenster versehenen Zimmer und während des Winters, wo wegen des Schnees das Tagesgeräusch sehr vermindert war, statt. Unter diesen Bedingungen, bei gut functionirendem Apparat, schienen die Schalle keine Beziehung zu festen Körpern zu haben, sondern gewissermaßen spontan, in der Luft hinter den Reagenten zu entstehen. Durch diese Einrichtung waren empirische Kriterien, welche mehr oder weniger ins Spiel kommen, wenn die Art der Schallerzeugung erkannt wird, ausgeschlossen. Da bemerkt wurde, dass die Anordnung der im Zimmer stehenden Möbel und besonders der Fenster-vorhänge die Schallfarbe sehr modificirte, wurde dafür gesorgt, dass die Einrichtungen im Zimmer und die Stellung der Reagenten immer die gleichen waren.

## 2. Versuche mit regelmäßigen Aenderungen des mittleren Reizes.

Die folgende Tabelle gibt die Resultate von sieben Intervallen an. Um irgend einen möglichen constanten Factor zu ermitteln, war die untere Fallhöhe ( $R_1$ ) stets 20 cm. Jeder angegebene Mittelwerth ist das Mittel aus drei Reihen. Reagent *Ke.* Zeitintervall =  $1\frac{1}{2}$  Secunden.  $f$  = mittlerer Fehler ist das Mittel aus den mittleren Fehlern der drei Versuchsreihen. Die übrigen Bezeichnungen wie in Tabelle II.

Tabelle III.

$R_1 : R_2$	$R_m$	$R_g$	$R_a$	$\frac{R_m}{R_g}$	$\frac{R_m}{R_a}$	$f$
20 : 144	84,4	53,1	82	1,57	1,13	2
20 : 102	63,6	45,2	61	1,41	1,04	2,5
20 : 90	52,9	42,4	55	1,25	0,96	1,1
20 : 79	44,6	39,7	49,5	1,12	0,90	2,1
20 : 70	38,9	37,4	45	1,04	0,86	1,5
20 : 60	37,2	34,6	40	1,07	0,93	1,7
20 : 50	33,6	31,6	35	1,06	0,96	1,6

In einer Mehrzahl der Versuchsreihen wurde nur ein- oder zweimal das Urtheil »gleiche Unterschiede« gefällt. Die verschiedenen Zahlenwerthe der zwei Zeitfolgen sind nicht angegeben, da die Zeitfolge wenig Einfluss ausübte: z. B. in den obigen einundzwanzig Reihen ergab das aufsteigende Verfahren zehnmal, das absteigende Verfahren elfmal einen größeren Mittelwerth als die entgegengesetzte Zeitfolge. Die Ergebnisse dieser Versuche sind aber keineswegs befriedigend: sie zeigen zwar eine rohe Uebereinstimmung mit den Merkel'schen Resultaten insoweit, als im allgemeinen das gefundene Mittel sich dem geometrischen Mittel nähert mit abnehmendem Intervalle der constanten Fallhöhen,

doch ist diese Uebereinstimmung nur in engen Grenzen giltig: das Resultat von  $R_1 : R_2 = 20 : 70$  ist näher dem geometrischen Mittel als das Intervall  $R_1 : R_2 = 20 : 50$ , und was das arithmetische Mittel betrifft, so stimmt das Intervall  $R_1 : R_2 = 20 : 90$  mit dem Intervalle  $R_1 : R_2 = 20 : 50$  genau überein. Die Werthe von  $f$  zeigen keinen regelmäßigen Gang, im allgemeinen aber eine Abnahme mit abnehmendem Intervalle, wie zu erwarten war; endlich sind die Werthe von  $R_m$  sehr verschieden von denjenigen der  $Pe$ 'schen und  $Pr$ 'schen Angaben.

Während des Verlaufs dieser Versuche wurden andere mit stud. phil. Segsworth begonnen, bei welchen das Verhältniss der constanten Fallhöhen den vorigen gleich und die absoluten Unterschiede dagegen halb so groß waren. Es war zu erwarten, dass wir Werthe von  $R_m$  bekommen würden, welche denjenigen der  $Ke$ 'schen Schätzungen relativ gleich wären. Die Resultate aber stimmten nicht mit den  $Ke$ 'schen überein, und zeigten noch weniger als diese eine Abnahme von  $R_m$  mit abnehmendem Intervalle zwischen  $R_1$  und  $R_2$ .

Um die Schätzungsabweichungen vom geometrischen Mittel bei größeren Reizintervallen zu erklären, hat Merkel theilweise eine Beurtheilungsweise »nach Verhältnissen«, und theilweise eine Contrastwirkung in Betracht gezogen. Doch ist zu bemerken, dass das Wort Contrast keine Erklärung der betreffenden Erscheinung in sich schließt, sondern nur ein Ausdruck für einen Thatbestand ist.

Es scheint mir viel passender, aus den Ergebnissen eines gleichartigen Sinnesgebietes, d. h. von einem mechanischen Sinne aus auf diejenigen des Gehörsinnes zu schließen. Nun glauben G. E. Müller und Schumann in ihrer Arbeit »Ueber die psychologischen Grundlagen der Vergleichung gehobener Gewichte«<sup>1)</sup> annehmen zu dürfen, dass das scheinbare Leichterwerden eines kleineren Gewichtes, nach Aufhebung eines schweren Gewichtes, nicht durch Contrast zu erklären sei, sondern durch die vermittelt Uebung bedingte Einstellung von motorischen Impulsen; und die Verfasser haben darauf hingewiesen, dass es möglicherweise auch eine in sensorischen Centren

1) Pflüger's Archiv, XIV, S. 37 ff.

sich vollziehende Einstellung der sinnlichen Aufmerksamkeit geben könne<sup>1)</sup>.

Dass eine solche sensorische Einstellung bei unseren Experimenten stattfand, scheinen mir nun die folgenden Thatsachen zu beweisen:

1. Während einer Versuchsreihe scheinen die Schalle allmählich lauter zu werden: bei den kleinsten Reizintervallen und bei absteigendem Verfahren erschienen  $R_2$ ,  $R_m$  und  $R_1$  beinahe gleich, d. h. wenig unterscheidbar; aber im Laufe einer Versuchsreihe schienen die drei Schalle aus einander zu rücken.

2. Beim Uebergang vom absteigenden zum aufsteigenden Verfahren, d. h. von der Ordnung  $R_2 : R_m : R_1$ , zur Ordnung  $R_1 : R_m : R_2$  schien  $R_1$  sehr schwach: es wurde aber stärker während der Versuchsreihe.

3. Beim aufsteigenden Verfahren erschien  $R_m$  stärker als  $R_2$ ; in diesem Falle behauptete der Reagirende, dass der Experimentator die Kugeln in verkehrter Reihenfolge fallen lasse. Das Analogon dieser letzten Erscheinung beim Muskelsinne ist eine falsche Einstellung auf ein schweres Gewicht, wobei ein leichteres Gewicht mit überraschender Geschwindigkeit aufgehoben wird.

Um den etwaigen Einfluss eines starken Schalles auf schwächere Schalle zu ermitteln, habe ich mit  $Kr$  eine Reihe von Versuchen gemacht, bei welchen wir die obere Unterschiedsschwelle ohne vorangehenden starken Reiz und mit demselben zu bestimmen versuchten. Bei der constanten Fallhöhe 50 cm wurde zuerst bei vorangehendem variablem Reiz die obere Unterschiedsschwelle bestimmt, und dann die nämliche Bestimmung in der Weise ausgeführt, dass der Schall einer von 144 cm Höhe fallenden Kugel dem Schall der Vergleichskugel voranging. Auf diese Weise wurde die obere Unterschiedsschwelle für mehrere Fallhöhen ermittelt; es stellte sich aber nicht heraus, dass der vorangehende starke Schall einen bemerkenswerthen Einfluss auf die Größe der Unterschiedsschwelle ausübte: in beiden Fällen waren die Unterschiedsschwellen beinahe gleich. Aber aus diesen Experimenten war auf den Einfluss der stärkeren Schalle auf die schwächeren bei der Methode der mittleren

---

1) a. a. O. S. 48.



Abstufungen wenig zu schließen, gerade weil bei denselben der stärkere Schall nicht in den Blickpunkt der Apperception einzutreten, sondern bloß als eine Art Signal zu wirken schien. Ich erwähne diese Versuche hauptsächlich, weil es sich herausstellte, dass bei den von uns angewandten Stufengrößen die obere Unterschiedsschwelle viel kleiner ausfiel, als wir erwarteten. Bei Starke's Experimenten war die obere Unterschiedsschwelle bei vorangehendem variablem Reiz ungefähr 50% der Normalhöhe: bei den unsrigen war sie 20% der Normalhöhe. Aber wie früher erwähnt worden ist, waren Starke's Abstufungseinheiten Millimeter, wo die unsrigen Centimeter waren. Herr Lehrer Kämpfe, der sich mit zahlreichen Versuchen über die Methode der richtigen und falschen Fälle beschäftigt, theilte mir mit, dass er ähnliches beobachtet hat: nämlich, dass beim Uebergang von untermerklichen zu übermerklichen Reizunterschieden der Unterschied eher bei großen als bei kleinen Abstufungen bemerkt wurde. Die Ausbildung von associirten Gesichtsvorstellungen konnte ebenfalls einen Einfluss auf die Beurtheilung ausüben; namentlich bei kleinen Intensitätsunterschieden meinte *Ke*, dass die Gesichtsbilder im Stande seien, einen solchen Einfluss auszuüben.

Auch die oben mitgetheilten Resultate waren wenig befriedigend: die Ergebnisse der verschiedenen Reagenten wichen sehr von einander ab, und nur die *Ke*'schen Zahlen zeigten eine Annäherung an die Merkel'schen, indem bei größeren Reizintervallen die Abweichung vom geometrischen Mittel am größten war; aber bei den *Ke*'schen Ergebnissen lieferten Intervalle mittlerer Größe Werthe, die näher dem geometrischen Mittel waren als die von den kleinsten Intervallen gelieferten.

Dieser Thatbestand schien um so merkwürdiger, als die Mitte mit ziemlich großer Sicherheit und Leichtigkeit geschätzt wurde und der mittlere Fehler in allen Fällen klein war. Außerdem kamen Fälle, wo, wie Lorenz in seiner Untersuchung über Tondistanzen berichtet, nicht ein Reiz, sondern eine größere Reihe als Mitte geschätzt wurde<sup>1)</sup>, höchst selten vor. Es ist jedoch augenfällig,

---

1) Phil. Stud. VI, S. 44.

dass wir bei der Analyse der Fehlerquellen dieser Versuchsweise immer noch die wichtigsten Momente außer Acht gelassen haben: die Momente nämlich der Erwartung und Gewöhnung, welche allen Abstufungsmethoden anhaften.

Somit erhebt sich die Frage: welchen Einfluss übt die Lage des Ausgangspunktes bez. die Anzahl der Abstufungen auf die Bestimmung des Mittelwerthes aus? Der Ausgangspunkt des variablen Reizes wurde jedesmal dadurch ermittelt, dass der diesem Punkte entsprechende Reiz dem Reagenten unzweifelhaft deutlich näher dem oberen bez. unteren Grenzreiz erschien. Die Größe der Abstufungen entsprach mehr oder weniger approximativ den Forderungen des Weber'schen Gesetzes: d. h. sie waren größer bei den größeren Intervallen.

Nun würden derlei Versuche sehr wenig entscheidenden Werth haben, wenn sie bei demselben Reizintervalle immer von demselben Ausgangspunkt aus und bei gleicher Größe der Abstufungen ausgeführt worden wären. Die Reagenten hätten sich sehr bald daran gewöhnt, immer bei einer bestimmten Nummer der Versuchsreihe, z. B. dem sechsten oder siebenten Fall der variablen Kugel, das Urtheil zu fällen. Darum wurden für verschiedene Versuchsgruppen bei denselben Intervallen und sonst gleicher Verfahrungsweise verschiedene Ausgangspunkte des variablen Reizes gewählt. Natürlicher Weise gestatteten die Versuchsbedingungen, d. h. die Vollziehung der zu einer Versuchsgruppe gehörigen vier Versuchsreihen, nur kleine Variationen in dieser Richtung; aber so klein sie auch waren, deuteten sie doch hin auf die beträchtlichen Variationen der Schätzungen bei verschiedenen Individuen und bei demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten.

Ich bin nun der Meinung, dass bei allen unseren Experimenten die Momente der Erwartung und Gewöhnung binnen ziemlich weit von einander liegender Grenzen viel entscheidender für die Schätzungen gewesen sind, als die Intensität des variablen Reizes selbst. Mit dem Worte Erwartung will ich nicht mehr ausdrücken, als das Bewusstsein des Abstufungsvorganges und dessen Richtung, welches eine Empfindungsänderung in dieser Richtung leichter erkennen lässt, als in der entgegengesetzten Richtung. Wir brauchen hier nicht Raum in Anspruch zu nehmen für die ausführliche Mitthei-

lung von Versuchen, welche durch größere Variationen der Ausgangspunkte des variablen Reizes die obige Behauptung zu beweisen suchten. Es genügt zu sagen, dass Veränderung des Ausgangspunktes jedesmal eine gleichartige Veränderung in dem Werthe des als Mitte geschätzten Reizes bedingte. Z. B. bei dem Reizintervall  $R_1 : R_2 = 20 : 70$  entsprachen bei absteigendem variablem Reiz den Ausgangspunkten 44 — 50 — 56 die als Mitte geschätzten Werthe 37 — 39 — 44; und bei demselben Reizintervalle entsprachen bei aufsteigendem variablen Reiz den Ausgangspunkten 30 — 32 — 40 die als Mitte geschätzten Werthe 36 — 40 — 49. Dieselbe Regel gilt für andere Reizintervalle. Es ist hierbei zu bemerken, dass bei diesen letzten Resultaten der Reagent (*Ke*) im allgemeinen seine Urtheile mit ziemlich großer Sicherheit fällte und ausdrücklich sagte, dass er, soweit er wisse, der Empfindung nach geurtheilt habe und sich nicht von der Kenntniss der Anzahl der Abstufungen beeinflussen lasse.

Demnach war es möglich, je nach dem Ausgangspunkte des mittleren Reizes geometrisches Mittel, arithmetisches Mittel oder ein sonstiges Mittel zu erhalten, und wenn bei einem so geübten Beobachter wie *Ke* solche Resultate zu erhalten waren, so entstand die Frage, ob man überhaupt im Stande sei, im Gebiet des Schalles übermerkliche Intensitätsunterschiede der Empfindungen mit irgend einem Grade der Zuverlässigkeit und Consequenz zu vergleichen.

Fassen wir das Wesen der übermerklichen Intensitätsunterschiede etwas näher ins Auge. Fechner hat bekanntlich eine strenge Unterscheidung zwischen sogenannten Empfindungsunterschieden einerseits und Unterschiedsempfindungen oder empfundenen Unterschieden andererseits gemacht<sup>1)</sup>. Das wesentliche Merkmal des Empfindungsunterschieds war unbewusste Verschiedenheit im allgemeinen; so z. B. bei Empfindungen, die in verschiedenen Individuen oder in demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten entstehen. Fechner spricht auch von einem Empfindungsunterschied im engeren Sinne des Wortes und führt als Beispiel die Thatsache an, dass, wenn ein Licht continuirlich wächst, so »wächst zwar die Empfindung mit, und wir vermögen uns wohl der gewachsenen

1) Elemente der Psychophysik, II. S. 82 ff.

Empfindung, nicht aber des Wachsthums als eines solchen bewusst zu werden<sup>1)</sup>. Wo aber unter solchen Umständen ein Unterschied der Empfindungen bemerkt wird, da geht der Empfindungsunterschied in Unterschiedsempfindung über. Daraus folgt, dass, je größer die Unterschiedsempfindlichkeit, desto mehr sich die Klasse der Empfindungsunterschiede der Klasse der Unterschiedsempfindungen nähert, und im Falle jeder kleinste Unterschied zweier Empfindungen merklich würde, würden die zwei Klassen zusammenfallen. Merkwürdig ist es, dass Fechner, wenn er auch die Unterschiedsempfindung einen »höheren Bewusstseinsact als die einfache Auffassung einer Empfindung« nennt, dennoch für jene eine Formel aufstellte, welche das vollständige Analogon der Empfindungsmaßformel ist. Doch hat Fechner seine Unterscheidung zwischen Empfindungsunterschied und Unterschiedsempfindung noch in seiner letzten Schrift »Ueber die psychischen Maßprincipien und das Weber'sche Gesetz<sup>2)</sup>« aufrecht erhalten.

Welches sind nun die Thatsachen, die der Methode der mittleren Abstufungen zu Grunde liegen?

Wenn in demselben Sinnesgebiete unter passenden Versuchsbedingungen die verschiedenen Empfindungen  $a$ ,  $b$  und  $c$  gegeben sind, so vermögen wir zu bemerken, ob eine Verschiedenheit zwischen dem Unterschiede der Empfindungen  $ab$  und dem Unterschiede der Empfindungen  $bc$  existirt oder nicht, und im Falle die Verschiedenheit bemerkt wird, ob sie klein oder groß und von welcher Richtung sie sei. Wenn die Verschiedenheit der Unterschiede nicht mehr bemerkt wird, dürfen wir sagen, dass die beiden Unterschiede merklich gleich sind.

Von den anderen psychophysischen Maßmethoden unterscheidet sich die Methode der mittleren Abstufungen hauptsächlich dadurch, dass jene die Empfindungen direct mit einander vergleichen, um zu bestimmen, ob sie gleich oder verschieden sind, während diese die Unterschiede zwischen Empfindungen ihrer Größe nach zur Vergleichung bringt. Bei irgend einer der die Empfindungen direct vergleichenden Maßmethoden, der Methode der ebenmerklichen Unterschiede z. B., rufen wir in verschiedenen Regionen desselben

1) a. a. O. S. 84.

2) Phil. Stud. IV, S. 161 ff.

Sinnesgebietes bei gleichem absolutem oder relativem Unterschied der Reize eine Reihe von ebenmerklichen Empfindungsunterschieden hervor. Dabei entsteht die Frage: welche Beziehung haben die ebenmerklichen Unterschiede zu einander? Aber die Antwort auf diese viel discutirte Frage, welche die älteren psychophysischen Maßmethoden nicht im Stande sind auf directe Weise zu geben, ist von der Methode der mittleren Abstufungen in Bezug auf übermerkliche Unterschiede mit der vollen Entscheidungskraft einer unmittelbaren Auffassung direct gegeben.

Die Aussage des Bewusstseins bei der Auffassung von Unterschieden der Empfindungen ist ebenso endgültig als dessen Aussage bei der Vergleichung der Empfindungen selber; und wenn auch die Vergleichung von Unterschieden ein von der Vergleichung der Empfindungen verschiedener Vorgang genannt werden mag, so drückt in beiden Fällen das Urtheil denselben Grad des Glaubens an die Wirklichkeit der betreffenden Thatsachen aus.

Offenbar kann man zwischen  $a$  und  $b$  und zwischen  $b$  und  $c$  bei größeren Verschiedenheiten derselben noch Empfindungsmitten ermitteln, und das ganze Empfindungsintervall von  $a$  bis zu  $c$  kann man als eine aus einer Reihe von Intensitäts- und Qualitätsunterschiedseinheiten bestehende Größe betrachten. Wenn nun die Abmessung von Lichtintensitäten für unser alltägliches Leben so wichtig wäre und die Mittel zur Abmessung derselben so bequem wären, wie es bei den Raumgrößen der Fall ist, so würde für das betreffende Sinnesgebiet die Methode der mittleren Abstufungen eine Gültigkeit und Zuverlässigkeit besitzen, welche unserer Schätzung von Raumgrößen wahrscheinlich gleich wäre. Der Grad der Merklichkeit der als Einheiten gewählten Stufen macht hierbei keinen Unterschied; die untere Grenze ist jedoch ihrer Größe nach dadurch bestimmt, dass man bei sehr kleinen, nahe der Unterschiedschwelle liegenden Unterschieden nicht mehr im Stande ist, die beiden zu vergleichenden Unterschiede festzuhalten und zu vergleichen<sup>1)</sup>.

Es ist aber nicht zu verkennen, dass, wie klein auch die Einheiten eines abgemessenen Intensitäts- oder Qualitätsintervalles sein

---

1) Vgl. Neiglick, Zur Psychophysik des Lichtsinnes. Phil. Stud. IV, S. 54.

mögen, sie doch bemerkte Unterschiede und nicht Empfindungsdistanzen darstellen: dass also von zwei in der Skala benachbarten Empfindungen die eine nicht als Zuwachs der anderen, sondern nur als etwas auf eine bestimmte Art Verschiedenes zu betrachten ist.

Merkwürdig ist die Vermischung von Begriffen, welche in dieser Beziehung stattgefunden hat. Höffding bemerkt: »Aus einer Menge kleiner Unterschiede sind die scharf und bestimmt hervortretenden Empfindungen aufgebaut«<sup>1)</sup>; und weiter heißt es: »Es lässt sich, wie schon bemerkt, keine Distinction zwischen absoluten und relativen Empfindungen, zwischen Empfindungen und Empfindungsunterschieden durchführen«<sup>2)</sup>. G. H. Schneider sagt: »Die frühesten Empfindungen kommen nicht dadurch zu Stande, dass sich die Erregungszustände direct in bestimmte Bewusstseins-elemente umsetzen, sondern dadurch, dass sich durch immerwährendes Fühlen von Veränderungen, von Zustandsdifferenzen im Laufe der Entwicklung ein allmähliches Unterscheiden der Zustände nach allen Richtungen hin ausgebildet hat«<sup>3)</sup>.

Es scheint mir, dass solche Anschauungen theils aus Begriffsbestimmungen über das Wesen der Empfindungen im Zusammenhang mit einer Verkennung der Bedingungen der sinnlichen Aufmerksamkeit, theils aus Betrachtungen über die den Sinnesempfindungen zu Grunde liegenden physikalischen und physiologischen Vorgänge hervorgegangen sind. Der Begriff einer Empfindung, von welchem hier im allgemeinen ausgegangen wird, schließt aber vielmehr die Bedeutung einer Wahrnehmung als die einer Empfindung in sich. Eine Schallempfindung haben heißt nach diesem Gebrauche ein Erkennen des Schalles und eine Unterscheidung desselben von anderen Empfindungen; denn wenn keine Unterscheidung von anderen Empfindungen stattfände, so würde, meint man, der Schall mit anderen Empfindungen identisch. Dabei spielt die doppelte Bedeutung des Wortes Bewusstsein eine Rolle. Eine Empfindung, deren wir uns nicht bewusst sind, kann schlechthin keine Empfin-

---

1) Höffding, Psychologie in Umrissen. Deutsche Uebersetzung. S. 141.

2) a. a. O. S. 142.

3) G. H. Schneider in Zeitschrift für Phil. 85, S. 147.

dung sein, pflegt man zu sagen, wobei aber an die Stelle des Bewusstseins als der Gesamtheit des psychischen Lebens Bewusstsein als Wissen gesetzt wird. Daran schließt sich dann die Verkenning des Spieles der sinnlichen Aufmerksamkeit bei den betreffenden Erscheinungen an.

Auf eine Erörterung der Theorie der letzteren kommt es uns hier nicht an, wohl aber kommt es uns sehr darauf an zu bestimmen, unter welchen Bedingungen eine messende Vergleichung der Empfindungen möglich ist. Wenn jede Empfindung aus einer Reihe von Unterschiedempfindungen bestünde, so ist nicht einzusehen, warum nicht jeder Empfindungsgröße eine absolute Intensität beizulegen wäre, warum also Empfindungen nicht an einander direct messbar wären. Bei einer solchen Auffassung wären die Thätigkeiten der Apperception und die vergleichende Messung von appercipirten Empfindungen identische Vorgänge, und Lotze's Dictum: »Niemals entsteht aus der Unterscheidung der Inhalt des Unterschiedenen«, würde einfach falsch sein.

Wir sehen also, dass bei unseren Experimenten alle Bedingungen für die messende Vergleichung von Intensitätsunterschieden der Empfindungen gegenwärtig sind: Unterschiede, welche als an einander messbare Strecken aufzufassen sind, und sich nur allzu leicht auch als räumliche Strecken vorstellen lassen. Trotzdem haben wir bei der Schätzung der Unterschiede gefunden, dass innerhalb gewisser Grenzen das Hineinspielen von störenden Momenten kein zuverlässiges Vergleichen der relativen Größen dieser Unterschiede gestattete. Eins nur war festgestellt: sehr große Differenzen der verglichenen Unterschiede wurden von allen Beobachtern — geübten und ungeübten — leicht bemerkt und ohne Zögerung als verschieden geschätzt. Aber die Grenzen dieser Differenzen waren zu weit von einander entfernt, als dass man endgültige Werthe bekommen konnte. Den Einfluss des Ausgangspunktes der Abstufung haben wir schon beobachtet: es kommt jetzt darauf an, bei einer unter den Bedingungen der Abstufungsmethode möglichst vollständigen Ausschließung von Erwartung und Gewöhnung die Schätzungen bei verschiedenen Graden der Stufengrößen zu prüfen.

Demnach wurde nun eine Reihe von Versuchen angestellt mit *Kr* als Reagenten. Ihm war ausdrücklich gesagt, dass in den

successiven Reihen die Stufengrößen gleicher Intervalle variiert würden, und dass die Absicht sei, den Einfluss dieser Variation zu bestimmen. Die Versuchsbedingungen waren wie vorher: der Reagent saß immer in derselben Stellung, mit dem Rücken gegen den Apparat, und vom Anfang bis zum Ende der Experimente erhielt er keine Nachricht über deren Gang. Der Ausgangspunkt erschien dem Reagenten jedesmal deutlich über bez. unter der Mitte.

Das Verhältniss  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{4}$  wurde bei den verschiedenen absoluten Differenzen von  $R_1$  und  $R_2$  festgehalten, und die Ausgangspunkte des variablen Reizes sowie die Größe der Stufen waren bei jedem Intervall relativ gleich. Jeder Werth von  $R_m$  ist das Mittel aus zwei Versuchsgruppen.

Tabelle IV.

$R_1 : R_2$	$R_m$	$R_g$	$R_a$	$\frac{R_m}{R_g}$	$\frac{R_m}{R_a}$	$f$
25 : 100	52,5	50	62,5	1,05	0,84	1,8
20 : 80	43,5	40	50	1,08	0,87	1,9
15 : 60	32,2	30	37,5	1,07	0,86	1,3
10 : 40	21,3	20	25	1,06	0,85	1,1

Merkwürdig bei diesen Reihen waren die Aussagen des Reagenten ( $Kr$ ), der öfter behauptete, dass er unregelmäßig geschätzt habe: d. h. dass die Ergebnisse der einzelnen Reihen einer Versuchsgruppe nicht mit einander übereinstimmen könnten. Er meinte immer nach der Empfindung geschätzt zu haben, glaubte aber trotzdem, dass Veränderungen in dem Versuchsgange Unregelmäßigkeiten in seinen Schätzungen bedingt hätten. Drei von den obigen Reizintervallen wurden jetzt nochmals angewandt, indem die Stufengrößen um 50% vermehrt wurden, natürlicher Weise ohne dem Reagenten die Veränderung der Versuchsbedingungen mitzutheilen:



er wusste nur von Anfang an, dass die Versuchsbedingungen veränderlich sein würden. Die Bezeichnungen sind wie früher:  $n$  gibt die Anzahl von Versuchsgruppen an, aus deren Mittel  $R_m$  gebildet wird.

Tabelle V.

$R_1 : R_2$	$R_m$	$R_g$	$R_a$	$\frac{R_m}{R_g}$	$\frac{R_m}{R_a}$	$f$	$n$
25 : 100	53,9	50	62,5	1,08	0,86	2,4	3
20 : 80	46,6	40	50	1,16	0,93	2,2	3
15 : 60	32,2	30	37,5	1,07	0,86	1,2	2

Die Zahlen, mit den Ergebnissen von Tabelle IV verglichen, zeigen eine Zunahme des Werthes  $R_m$  beim Reizintervalle  $R_1 : R_2 = 20 : 80$ . Beim Reizintervalle  $R_1 : R_2 = 25 : 100$  liegt die Zunahme innerhalb der Fehlergrenzen. Beim Reizintervall  $R_1 : R_2 = 15 : 60$  blieb der Werth von  $R_m$  unverändert. In beinahe jedem Falle war die als Mitte geschätzte Fallhöhe in Bezug auf die Stufenzahl eher erreicht als bei den unmittelbar vorangegangenen Experimenten. Dieselben Reizintervalle wurden dann abermals zur Anwendung gebracht, indem die Stufengrößen denjenigen von Tabelle IV wieder gleich waren. Diese Versuche ergaben:

Tabelle VI.

$R_1 : R_2$	$R_m$	$R_g$	$R_a$	$\frac{R_m}{R_g}$	$\frac{R_m}{R_a}$	$f$	$n$
10 : 40	21,4	20	25	1,07	0,86	1,1	2
20 : 80	41,2	40	50	1,03	0,82	1,6	1
15 : 60	31,1	30	37,5	1,04	0,83	0,9	1

Die Werthe von  $R_m$  in Tabelle VI stimmen sehr gut überein mit denjenigen der unter gleichen Versuchsbedingungen ermittelten von Tabelle IV.

Bei diesen Versuchen kehrt also der Reagent zu der früheren Schätzungsweise wieder zurück, ohne zu bemerken, dass die Stufen im Verhältniss zu den unmittelbar vorangegangenen Versuchen der Tabelle V wieder vermindert worden sind. Bei allen diesen Versuchen wusste der Reagent nicht, ob immer dasselbe Reizintervall oder immer verschiedene Intervalle angewandt wurden, mit Ausnahme des Intervalles  $R_1 : R_2 = 10 : 40$ , dessen leise Schalle ihm auffallend waren.

Aus diesen Experimenten scheint mir zu erhellen, dass man zwar im Stande ist, unter regelmäßigen Bedingungen und bei Ausschließung der durch Kenntniss der Abstufungszahl gewonnenen Hilfsmittel regelmäßige vergleichende Schätzungen von übermerklichen Intensitätsunterschieden zu erhalten. Wo die durch den Ausgangspunkt des variablen Reizes und die Größe der Stufen gegebenen Bedingungen constant sind, werden die verschiedenen Gleichsetzungen der bemerkten Unterschiede in Uebereinstimmung sein. Dass die oben mitgetheilten Werthe von  $R_m$  nur wenig von den Forderungen des Weber'schen Gesetzes abweichen, kann man aber dennoch als gewissermaßen zufällig betrachten; denn bei verschiedenen Bedingungen in Bezug auf den variablen Reiz hätten wir ganz andere Werthe erhalten können, wie die zuletzt mitgetheilten Versuche beweisen.

### 3. Versuche mit unregelmäßigen Aenderungen des mittleren Reizes.

Es erhebt sich jetzt die Frage: »Wie werden die Verhältnisse sich gestalten, wenn die Factoren der Erwartung und Gewöhnung, welche dem Schätzungsvorgang bei den Abstufungsmethoden anhaften, eliminirt werden? Zur Beantwortung dieser Frage wandte ich eine Verfahrungsweise an, welche derjenigen von Carl Lorenz in seiner Untersuchung über die Auffassung von Tondistanzen ähnlich ist<sup>1)</sup>: d. h. der mittlere variable Reiz wurde nicht mehr abgestuft, bis die Mitte empfunden wurde, sondern die Lage desselben sprungweise verändert, bald hoch, bald niedrig, bald in der Mitte; und den Reagenten fiel es zu, in jedem einzelnen Falle ein Urtheil über dessen Lage gegen die beiden Grenzreize abzugeben. Die

1) Carl Lorenz, Phil. Stud. VI, S. 45 ff.

Momente, welche hauptsächlich die Veranlassung zur Veränderung der Verfahrungsweise bei den Lorenz'schen Versuchen gewesen, waren bei unseren Experimenten nicht vorhanden. Lorenz berichtet nämlich, dass nicht ein Ton als Mitte zwischen den beiden Grenztönen empfunden wurde, sondern eine ganze Reihe; und 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 empfunden wurde, und umgekehrt beim absteigenden Verfahren«<sup>1)</sup>. Bei unseren Versuchen wurde der variable Reiz in der Mehrzahl der Fälle nur ein- oder zweimal als Mitte geschätzt, und der oben erwähnte Fall des Rückganges der Schätzungen kam beinahe nie vor. Dieser Thatbestand der genaueren und präciseren Bestimmung des variablen Reizes bei den Schallversuchen führte zu der Ansicht, dass es nicht nöthig sein werde, eine so große Anzahl von einzelnen Schätzungen zu sammeln, wie es bei Lorenz der Fall war, um seine Resultate nach der Methode der richtigen und falschen Fälle verwerthen zu können. In der That war schon der Zeitaufwand bei der Bedienung des Fallapparats so groß, dass eine so große Zahl von Einzelversuchen praktisch undurchführbar gewesen wäre.

Beim Entwerfen der Tabellen der Fallhöhen des variablen Reizes wurde dafür gesorgt: 1) dass die Fallhöhen in zwei auf einander folgenden Einzelversuchen einander nicht nahe waren, 2) dass bei zwei auf einander folgenden Einzelversuchen die Zeitfolge fast immer gewechselt wurde, 3) dass die Ordnung der in irgend einer Reihe stattfindenden Einzelversuche in einer späteren Reihe umgekehrt wurde, um bei irgend einem Einzelversuch den Einfluss des unmittelbar vorangegangenen zu compensiren. Denn es ist nicht vorauszusetzen, dass es für den Schätzungsvorgang gleichgültig sei, ob der mittlere variable Reiz eines gegebenen Versuchs bemerkbar stärker oder schwächer als der mittlere Reiz des eben vorangegangenen sei. Als ein großer Vorthheil dieser Versuche ist es zu betrachten, dass sich im Laufe der Versuche die associirten Gesichtsbilder höchst selten mehr einstellten. Ferner konnten bei den Versuchen die Reagenten keinen Einfluss auf einander ausüben, so lange die Schätzungen nicht mit einander verglichen wurden: darum

1) Lorenz, Phil. Stud. VI, S. 44.

haben zwei Reagenten, *Ke* und *Kr*, gleichzeitig beobachtet, selbstverständlich aber ohne ihre Versuchsergebnisse zu vergleichen.

Wir haben versucht, auf diese Weise die Empfindungsmitten von fünf Reizintervallen zu bestimmen, nämlich: 10 : 40, 15 : 60, 20 : 80 und 20 : 100 cm. Bei den nahe den Reizgrenzen liegenden Lagen des variablen Reizes wurden verhältnismäßig wenige Versuche ausgeführt. In den mittleren Regionen, d. h. von etwas unter dem geometrischen Mittel zu etwas über dem arithmetischen Mittel waren die Versuche zahlreicher. In einer Versuchsstunde wurden 64 Einzelversuche ausgeführt, eine für den Experimentator ziemlich anstrengende Geschwindigkeit des Versuchsganges. Das Zeitintervall zwischen zwei auf einander folgenden Reizen betrug 1,5 Sekunden.

Andere Versuchsumstände waren denen der schon mitgetheilten Versuchsreihen gleich. Die Tabellen geben die Versuchsergebnisse der zwei Reagenten (*Ke* und *Kr*) an. Die mit *h* bezeichnete Columne enthält die in Centimetern angegebenen Fallhöhen des variablen Reizes. Die unter *u*, *m* und *o* befindlichen Zahlen bedeuten, wie viele Male jeder der in der Columne *h* aufgezeichneten Reize als »über der Mitte« (*o*), »unter der Mitte« (*u*) oder als »Mitte« (*m*) geschätzt wurde. Die Richtung der Pfeile zeigt, ob das Verfahren aufsteigend (↑) oder absteigend (↓) war. Unter *n* ist die Anzahl der Einzelversuche für jede Fallhöhe des variablen Reizes angegeben.

Tabelle VII.

a)  $R_1 : R_2 = 10 : 40$ . A. M. = 25. G. M. = 20.

<i>h</i>	<i>Ke</i>							<i>Kr</i>						
	↓			↑				↓			↑			
	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	<i>n</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	<i>n</i>
15	8			7	1		16	8			8			16
16	6	2		7	1		16	8			8			16
18	11	3	2	7	6	3	32	9	5	2	4	9	3	32
20	5	7	4	2	8	6	32	5	7	4	4	9	3	32
22,5	5	2	9	1	3	12	32	3	1	12	4	9	3	32
25	1	5	10	1	2	13	32			16	2		14	32
27	2	3	11	2		14	32			16			16	32
30			4			4	8		1	5			6	12
33			8			8	16			8			8	16

b)  $R_1 : R_2 = 20 : 60$ . A. M. = 40. G. M. = 34,6.

<i>h</i>	<i>Ke</i>							<i>Kr</i>						
	↓			↑			<i>n</i>	↓			↑			<i>n</i>
	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>		<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	
26	7	3		9		1	20	8	2		10			20
28	6	4		9		1	20	6	4		9	1		20
30	7	2	1	4	3	3	20	6	3	1	9	1		20
32	9	8	3	10	4	6	40	9	5	6	16	1	3	40
34,5	6	7	7	10	3	7	40	8	4	8	9	5	6	40
37	3	8	9	6	6	8	40	6	4	10	7	7	6	40
40	3	4	13	1	2	17	40	4	1	15	6	1	13	40
44	1	1	10			12	24	1	2	9	2	3	7	24
48	1		5			6	12			6			6	12
53			6			6	12			6			6	12

c)  $R_1 : R_2 = 15 : 60$ . A. M. = 37,5. G. M. = 30.

<i>h</i>	<i>Ke</i>							<i>Kr</i>						
	↓			↑			<i>n</i>	↓			↑			<i>n</i>
	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>		<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	
21	8			8			16	8			8			16
22,5	5	3		7		1	16	6	2		6	1	1	16
24	3	5		8			16	6	2		5		1	16
25,5	4	2		4	2		12	5		1	5		1	12
27	6	7	3	7	7	2	32	10	1	5	14	1	1	32
30	3	8	5	3	5	8	32	7	5	4	14	1	1	32
33,5	4	4	8	4	4	8	32	3	3	10	4	7	5	32
37,5		6	10		3	13	32	1	2	13	1	2	13	32
41		4	12		4	12	32			16		2	14	32
45		2	4			6	12			6				6
49			6			6	12			6				6

d)  $R_1 : R_2 = 20 : 80$ . A. M. = 50. G. M. = 40.

<i>h</i>	<i>Ke</i>							<i>Kr</i>						
	↓			↑			<i>n</i>	↓			↑			<i>n</i>
	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>		<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	
28	11	1		11		1	24	12			12			24
30	8	2		7	1	2	20	10			10			20
32	7	3	2	8		4	24	9	3		11	1		24
34	7	3		5	4	1	20	9		1	9	1		20
37	12	5	3	10	10		40	10	5	5	18	2		40
40	7	14	3	12	5	7	48	11	9	4	18	3	3	48
45	4	10	11	4	4	16	49	4	6	15	10	7	7	49
50	4	7	12	2	3	20	48	5		18	1	7	17	48
55	1	3	15			19	38	2		17	1	3	15	38
59		2	6			8	16			8		1	7	16
66			14			14	28			14			14	28

e)  $R_1 : R_2 = 20 : 100$ . A. M. = 50. G. M. = 44,7.

<i>h</i>	<i>Ke</i>							<i>Kr</i>						
	↓			↑			<i>n</i>	↓			↑			<i>n</i>
	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>		<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>o</i>	
32	12			10	2		24	12			11		1	24
36	9	3		9	3		24	10	1	1	12			24
40	5	16	1	17	3	2	44	15	6	1	22			44
44,5	2	12	10	10	8	6	48	13	5	6	21	1	2	48
49	3	9	12	5	11	8	48	6	9	9	12	10	2	48
54		6	18	4	6	14	48	3	8	13	10	5	9	48
60	2	5	17	3		21	48		3	21		7	17	48
66	1	1	18		1	19	40	4		16	2	2	16	40
74		2	10			12	24			12			12	24
82			12			12	24		1	11		1	11	24

Die in Tabelle VII angegebenen Zahlen lassen sich am einfachsten verwerthen, indem man, wie es schon von Lorenz geschehen ist, die zu einer jeden Fallhöhe des variablen Reizes gehörigen  $m$ -Fälle zur Hälfte zu den  $o$ -Fällen, zur Hälfte zu den  $u$ -Fällen rechnet. Aus dem Verhältniss der  $o$ - und  $u$ -Fälle ist dann auf die Empfindungsmittle zu schließen, indem das Kriterium derselben die Gleichheit zwischen der Anzahl der Fälle  $o' = o + \frac{m}{2}$  und  $u' = u + \frac{m}{2}$  ist.

Gegen den Einwand, dass man bei unserer Verwerthung ungleichartige Dinge, nämlich  $m$  und  $u$ -Fälle, bez.  $m$  und  $o$ -Fälle, zu einem angeblich homogenen Ganzen zusammengesetzt habe, ist hervorzuheben, dass der Unterschied zwischen  $m$ - und  $u$ - oder  $o$ -Fällen kein qualitativer, sondern ein quantitativer ist; die eben unterscheidbaren  $u$ - und  $o$ -Fälle sind von den  $m$ -Fällen weniger verschieden als die eben unterscheidbaren  $u$ - und  $o$ -Fälle von einander. Das ideale Verfahren würde es sein, mit jeder Schätzung den Grad des bemerkten Unterschieds zu bezeichnen und die Schätzung nach diesen Graden zu verwerthen. In der That haben wir eine solche Werthbestimmung der Schätzungen annähernd ausgeführt, indem die bei dem Schätzungsvorgang selber unmittelbar gegebene Wahrnehmung der Merklichkeit der Unterschiede als »sehr deutlich«, »deutlich« oder »merklich« bezeichnet wurde. Nach diesen Bestimmungen sind dann gewisse Unregelmäßigkeiten der Schätzungen corrigirt worden. So z. B. bei dem Reizintervalle  $R_1 : R_2 = 20 : 100$  hat  $Kr$  die Reizhöhe 74 cm 24 mal als »über der Mitte«, aber die Reizhöhe 82 cm nur 22 mal als über der Mitte aufgezeichnet; doch hat er die Reizhöhe 82 cm 17 mal, und die Reizhöhe 74 cm nur 11 mal als »deutlich über der Mitte« bezeichnet.

Ich theile hiermit die Umrechnung von Tabelle VIII mit: bei aufsteigendem und absteigendem Verfahren sind die  $m$ -Fälle zur Hälfte zu den  $u$ -Fällen, zur Hälfte zu den  $o$ -Fällen gerechnet, das arithmetische Mittel der zwei auf diese Weise berechneten Zeitlagen wurde bestimmt und das Resultat auf Procente reducirt.

Tabelle VIII.

a)  $R_1 : R_2 = 10 : 40$ . A. M. = 25. G. M. = 20.

$h$	$Ke$		$Kr$	
	$u'$	$o'$	$u'$	$o'$
15	96,8	3,2	100	
16	90,6	9,4	100	
18	70,3	29,7	62,4	37,6
20	45,3	54,7	53,1	46,9
22,5	26,5	73,5	37,4	62,6
25	17,1	82,9	6,2	93,8
27	14	86		100
30		100	4,1	95,9
33		100		100

b)  $R_1 : R_2 = 20 : 60$ . A. M. = 40. G. M. = 34,6.

$h$	$Ke$		$Kr$	
	$u'$	$o'$	$u'$	$o'$
26	87,5	12,5	95	5
28	85	15	85	15
30	67,5	32,5	85	15
32	62,5	37,5	70	30
34,5	52,5	47,5	53,8	46,2
37	40	60	46,2	53,8
40	17,5	82,5	27,5	72,5
44	6,2	93,8	22,9	77,1
48	8,3	91,7		100
53		100		100

c)  $R_1 : R_2 = 15 : 60$ . A. M. = 37,5. G. M. = 30.

$h$	$Ke$		$Kr$	
	$u'$	$o'$	$u'$	$o'$
21	100		100	
22,5	87,4	12,6	90,6	9,4
24	84,3	15,7	87,5	12,5
25,5	83,3	16,7	62,5	37,5
27	62,5	37,5	81,2	18,8
30	39,1	60,9	75	25
33,5	37,5	62,5	37,5	62,5
37,5	14,1	85,9	12,5	87,5
41	12,5	87,5	3,2	96,8
45	8,4	91,6		100
49		100		100



d)  $R_1 : R_2 = 20 : 80$ . A. M. = 50. G. M. = 40.

$h$	$Ke$		$Kr$	
	$u'$	$o'$	$u'$	$o'$
28	93,7	6,3	100	
30	82,5	17,5	100	
32	68,7	31,3	91,7	8,3
34	77,5	22,5	92,5	7,5
37	73,7	26,3	78,7	21,3
40	59,3	40,7	72,8	27,2
45	30,5	69,5	42,1	57,9
50	23,3	76,7	19,9	80,1
55	6,6	93,4	11,8	88,2
59	6,3	93,7	6,3	93,7
66		100		100

e)  $R_1 : R_2 = 20 : 100$ . A. M. = 60. G. M. = 44,7.

$h$	$Ke$		$Kr$	
	$u'$	$o'$	$u'$	$o'$
32	95,8	4,2	95,8	4,2
36	87,5	12,5	93,7	6,3
40	71,6	28,4	90,9	9,1
44,5	45,8	54,2	77,1	22,9
49	37,5	62,5	57,2	42,8
54	20,9	79,1	40,1	59,9
60	15,6	84,4	10,5	89,5
66	5	95	17,5	82,5
74	4,2	95,8		100
82		100	4,2	95,8

Die Schlüsse aus Tabelle VIII sind leicht zu ziehen. Die Zahlen zeigen mit wenigen Ausnahmen eine Zunahme von  $o'$  und eine dieser entsprechende Abnahme von  $u'$  mit Zunahme des variablen Reizes. Die bedeutendste Ausnahme von dieser Regel findet bei (c) [ $R_1 : R_2 = 15 : 60$ ] statt: hier kommt bei  $h = 25,5$  unter den  $Kr$ 'schen Schätzungen eine starke Unterbrechung der stetigen Abnahme von  $u'$  zum Vorschein. Unglücklicher Weise hatten wir bei dieser Fallhöhe nur 12 Einzelversuche ausgeführt, und das Zustandekommen zweier  $o$ -Schätzungen hat bei der Umrechnung in

Procente sehr viel ausgemacht. Aber von den Schätzungen der Reizhöhe 27 sind nur 9,4% als »deutlich unter der Mitte« aufgezeichnet, während von den Schätzungen bei der Reizhöhe 25,5 33,3% so bezeichnet sind. Gegen den allgemeinen Gang der Schätzungen aber dürften diese seltenen Fälle wenig ausmachen.

Der Wendepunkt der *Ke*'schen Schätzungen von  $u$  zu  $o$  ist dreimal unter dem geometrischen Mittel und zweimal über demselben. Dagegen ist für die *Kr*'schen Schätzungen mit Ausnahme von dem Intervalle  $R_1 : R_2 = 20 : 100$  (Tabelle VIII [e]) der Wendepunkt der Schätzungen zwischen dem geometrischen Mittel und der darauf folgenden Reizhöhe.

Ich glaube, dass der Unterschied der *Ke*'schen und *Kr*'schen Schätzungen dadurch zu Stande gekommen ist, dass *Ke* das Urtheil unmittelbar nach dem von der dritten Kugel hervorgebrachten Schall gefällt, während *Kr* bei geringeren Unterschieden erst nach Ueberlegung geurtheilt hat. Auch ist zu bemerken, dass beide Beobachter ein Nachklingen des Schalles bei den größten Fallhöhen von  $R_2$ , nämlich bei  $R_2 = 80$  cm und bei  $R_2 = 100$  cm constatirt haben, und dass dieses Nachklingen des Brettes eine schwer zu überwindende Tendenz veranlasste, dem betreffenden Schall eine relativ zu große Stärke beizulegen. Es ist wahrscheinlich, dass sich dieses Moment bei den *Kr*'schen Schätzungen geltend gemacht hat. Da *Ke* außerdem in dieser Art Schätzungen viel mehr geübt war als *Kr*, so scheint es mir sehr wahrscheinlich, dass die *Ke*'schen Angaben eher als die *Kr*'schen für die Frage der Empfindungsmitte als maßgebend zu betrachten sind.

Aber mit Ausnahme des oben erwähnten Falles bei den *Kr*'schen Schätzungen für das Intervall  $R_1 : R_2 = 20 : 100$  [Tabellen VII und VIII (e)] liegen alle Wendepunkte dieser Schätzungen nahe dem geometrischen Mittel und verhältnissmäßig weit von dem arithmetischen.

Die Angaben der beiden Beobachter waren in Bezug auf die Zeitfolge ebenfalls nicht im Einklang: *Ke* hat im allgemeinen, aber nicht jedesmal, die Empfindungsmitte niedriger festgesetzt bei dem aufsteigenden Verfahren, *Kr* dagegen beim absteigenden Verfahren. Dieses ist vielleicht auch der nachträglichen Schätzungsweise Seitens

*Kr* zuzuschreiben, da er, in der Mehrzahl der Fälle, früher als *Ke* zu dem Punkte der vollständigen *o*-Schätzungen gekommen ist.

Um die in Tabelle VIII mitgetheilten Ergebnisse anschaulicher zu machen, habe ich versucht, die *Ke*'schen Werthe von *u* und *o* graphisch darzustellen (s. Tafel I). Die Ordinatenlinie stellt in jedem Falle die Länge der Strecke zwischen den beiden Grenzreizen *R*<sub>1</sub> und *R*<sub>2</sub> dar. Diese Linie ist in kleine Strecken eingetheilt, deren Längen von der Abscissenlinie aus abgemessen die verschiedenen Fallhöhen des mittleren variablen Reizes repräsentiren. Rechts und links durch die Enden dieser kleineren Strecken, und der Abscissenlinie parallel, sind Linien gezogen, deren Länge auf jeder Seite der Ordinatenlinie das Verhältniss der Fälle  $o' = o + \frac{m}{2}$  und

$u' = u + \frac{m}{2}$  für die betreffende Fallhöhe darstellt. Die horizontale

Linie 40 in Fig. 2 z. B. stellt auf der rechten Seite der Ordinatenlinie die Anzahl der Fälle *o'*, auf der linken Seite die Anzahl der Fälle *u'* bei dem Reizintervalle *R*<sub>1</sub> : *R*<sub>2</sub> = 20 : 60, und bei der Höhe 40 cm des variablen Reizes dar. Die arithmetischen und geometrischen Mittel der betreffenden Reizintervalle sind durch A.M. und G.M. bezeichnet. Durch Verbindung zweier benachbarter Linien, deren eine noch eine Mehrzahl von Fällen *u'*, die andere bereits eine Mehrzahl von Fällen *o'* darstellt, erhält man da, wo die Verbindungslinie die Ordinate 50 durchschneidet, den Wendepunkt, die vermuthliche Empfindungsmitte. Der entsprechende Werth von *R*<sub>*m*</sub> ist auf der Tafel nach dem Resultat der geometrischen Messung angegeben.

In der folgenden Tabelle sind die Werthe *R*<sub>*m*</sub> für beide Beobachter arithmetisch berechnet nach der von Herrn Prof. Wundt vorgeschlagenen Formel:

$$R_m = \frac{R_a(50 - u'_b) + R_b(u'_a - 50)}{u'_a - u'_b}$$

worin *R*<sub>*a*</sub> die unmittelbar unter der geschätzten Mitte experimentell gefundene Reizstärke, *R*<sub>*b*</sub> die gleiche über derselben, *u'*<sub>*a*</sub> und *u'*<sub>*b*</sub> die Werthe von *u'* für *R*<sub>*a*</sub> und *R*<sub>*b*</sub> bedeuten.

$R_1 : R_2$	G. M.	A. M.	$Ke$	$Kr$
10 : 40	20	25	19,62	20,49
20 : 60	34,6	40	35,00	35,75
15 : 60	30	37,5	28,60	32,33
20 : 80	40	50	41,61	43,71
20 : 100	44,7	60	43,77	51,11

Diese Resultate stehen in schöner Uebereinstimmung mit den Forderungen des Weber'schen Gesetzes: besonders auffallend ist diese Uebereinstimmung bei  $Ke$  sogar noch bei dem verhältnissmäßig großen Intervall  $R_1 : R_2 = 20 : 100$ , wo der Unterschied zwischen dem arithmetischen und geometrischen Mittel sehr groß ist. Bei diesem Reizintervalle haben wir auch die größte Anzahl von Einzelversuchen, und es ist zu erwarten, dass eine größere Anzahl derselben bei jedem Reizintervall eine noch größere Uebereinstimmung mit den Forderungen des Gesetzes herbeigeführt haben würde. Geringer ist die Uebereinstimmung im Ganzen bei  $Kr$ ; doch liegen auch hier die Werthe von  $R_m$  überall der geometrischen Mitte erheblich näher als der arithmetischen. Man darf also behaupten, dass das Weber'sche Gesetz für übermerkliche Unterschiede von Schallintensitäten höchst wahrscheinlich gültig ist.

Es bleiben noch die Ergebnisse der Merkel'schen Versuche nach der Methode der mittleren Abstufungen kurz zu erörtern.

Das Merkwürdige bei Merkel's Versuchen ist, dass kleinere Reizintervalle Werthe von  $R_m$  ergeben, welche größer als das arithmetische Mittel sind, und die größten Intervalle Werthe, welche zwischen dem arithmetischen und geometrischen Mittel liegen: z. B. das Reizintervall  $R_1 : R_2 = 5,062 : 3702,0$  ergibt den Werth  $R_m = 893,9^1$ ). Nach der von Merkel vertretenen Verhältnisshypothese ist es keine relative Abweichung, sondern die absolute Differenz der Reizeinheiten zwischen  $R_m$  und dem geometrischen oder arithmetischen Mittel, welche als Maßstab der Abweichungen von  $R_m$  gelten soll. Nach diesem Maßstab ist der Werth  $R_m = 893,9$  ungefähr so weit von dem arithmetischen als dem geometrischen

1) Merkel, Phil. Stud. V, S. 520, Tabelle XIX.

Mittel entfernt. Wie oben erwähnt, erklärt Merkel diesen Thatbestand theilweise durch Contrast, theilweise durch eine eigenthümliche Schätzungsart »nach Verhältnissen«.

Wir erfahren nicht aus Merkel's Angaben, dass er versucht habe, die Contrastwirkung zu bestimmen; wir vermochten eine solche nicht mit Sicherheit nachzuweisen.

Dagegen scheint mir die Schätzungsweise ein sehr wichtiges Moment zur Erklärung der Merkel'schen Ergebnisse.

Er sagt: »Schwieriger gestalten sich die Versuche, wenn  $R_1$  und  $R_2$  wesentlich verschieden sind. Hier kommt die Erwägung mit in Frage, dass  $R_m$  viele Male größer ist als  $R_1$ , während  $R_2$  den Werth  $R_m$  keineswegs so oft übertrifft«<sup>1)</sup>. Weiter spricht er von einer »theilweise bewussten Beurtheilung gleicher Verhältnisse statt gleicher Unterschiede«<sup>2)</sup>.

Aber »Erwägung« und »bewusste Beurtheilung nach Verhältnissen« heißen nichts anderes als eine bei dem Schätzungsvorgang stattfindende, nachträgliche Ueberlegung, welche Spielraum lässt zu allerlei Associationen und zu der Einwirkung von Erfahrungsmomenten. Eine Reactionsweise, bei welcher Erwägung stattfindet, kann nicht als gültig anerkannt werden, und ich glaube, dass Grotenfelt's Vermuthung in Bezug auf die Lichtversuche berechtigt ist, die Vermuthung nämlich, dass »theilweise eine Schätzung der Reize statt der unmittelbaren Vergleichung der Empfindungen eingetreten ist«<sup>3)</sup>. Von diesen Associationsmomenten haben wir schon eines erwähnt: nämlich die durch das Nachklingen des Fallbrettes bei den größten Werthen von  $R_2$  veranlasste Tendenz, den betreffenden Reiz als stärker zu schätzen. Ich weiß nicht, wie die Einrichtung von Merkel's Schallbrettern war; an einer Stelle berichtet er, dass sie fest genagelt waren. Bei unseren Probeversuchen mit festgeschraubten Brettern lieferte  $R_2$  durch Uebertragung der Fallenergie an die Fallunterlage bei den größten Fallhöhen einen dumpfen, schwerfälligen Schall, welcher von den Reagenten sogleich als ein sehr starker Schall aufgefasst wurde. Dasselbe gilt für die

1) a. a. O. S. 532.

2) a. a. O. S. 533.

3) Grotenfelt, Das Weber'sche Gesetz, S. 112.

größeren Kugeln, wenn man Kugeln ungleichen Gewichtes anwendet. Bei dem schon erwähnten Reizintervall  $R_1 : R_2 = 5,062 : 3702,0$  hat Merkel eine Kugel vom Gewicht = 0,45 g und eine vom Gewicht = 164,0 g angewandt. Schon Starke hat bei der Anwendung von Kugeln von 10 und 20 g auf den nicht zu beseitigenden störenden Unterschied der Klangfarbe hingewiesen<sup>1)</sup>, und es ist zweifellos, dass sich bei den größeren Intervallen der Merkel'schen Versuche die von Kugeln solcher ungleicher Gewichte erzeugten Schalle nur schwer vergleichen ließen.

Wenn man außerdem Merkel's Auffassung des Schätzungsvorganges in Betracht zieht, nach welcher nicht allein der unmittelbare Eindruck maßgebend sei, »sondern alle Erfahrungen, welche wir in dem betreffenden Sinnesgebiete gesammelt haben«, so müssen wir die Ergebnisse der Merkel'schen Experimente nach der Methode der mittleren Abstufungen als höchst bedenklich betrachten. Wenn aber selbst bei diesen Versuchen alle störenden, von Erfahrung bedingten Einflüsse beseitigt gewesen wären, wenn überdies die Schätzungen eine viel größere Regelmäßigkeit zeigten, als der Fall ist, so wären sie unter den Umständen der schon bewiesenen Fehlervorgänge, welche der Abstufungsmethode anhaften, nicht ohne weiteres anzunehmen. Nur unter der Ausschließung der Factoren der Erwartung und Gewöhnung darf man die Ergebnisse von Versuchen mit successiven Reizen als endgültig anerkennen. Folglich kann ich nicht zugeben, dass die Resultate der Merkel'schen Versuche in Bezug auf die Methode der mittleren Abstufungen für die Feststellung der Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung maßgebend sind. Es ist zu bemerken, dass diese Fehlerquelle bei allen psychophysischen Abstufungsmethoden ins Spiel kommt, und es ist wahrscheinlich, dass z. B. die abweichenden Resultate der verschiedenen Bestimmungen von Unterschiedsschwellen und die so sehr sich widersprechenden der Versuche über den Zeitsinn, zum Theil ihren Ursprung in dieser Quelle haben.

Die experimentellen Ergebnisse unserer Untersuchung sind demnach kurz zusammengefasst die folgenden:

---

1) Starke, Phil. Stud. III, S. 295.

1) Die Methode der doppelten Reize kann nicht als eine psychophysische Maßmethode gelten.

2) Der Vergleichung von Schallintensitäten nach der Methode der mittleren Abstufungen haften bei der Anwendung regelmäßiger Abstufungen Fehlervorgänge an, welche die wirkliche Beziehung zwischen Reiz und Empfindung verhüllen.

3) Die Verhältnishypothese der Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung, insofern sie auf die Ergebnisse der Methode der mittleren Abstufungen und der doppelten Reize gegründet wird, ist für Schallempfindungen nicht gültig, vielmehr gilt die Unterschiedshypothese.

4) Man ist im Stande, Unterschiede von Schallintensitäten bei unregelmäßigem Wechsel der mittleren Reize mit Zuverlässigkeit quantitativ zu vergleichen, und die Methode der mittleren Abstufungen ist bei unregelmäßiger Variation des variablen Reizes für Schallintensitäten als eine gültige zu betrachten.

5) Das Resultat der von Erwartungs- und Gewöhnungseinflüssen befreiten Vergleichung von übermerklichen Unterschieden von Schallintensitäten entspricht höchst wahrscheinlich den Forderungen des Weber'schen Gesetzes.

Es ist vielleicht eine Verkennung des Thatbestandes, wenn ich den Theilnehmern an dieser Untersuchung danke: das Motiv zur Theilnahme an solchen Versuchen ist kein persönliches, sondern ein wissenschaftliches. Die eifrige Hingabe der Reagenten bei meinen Versuchen wird mir aber immer eine angenehme Erinnerung sein. Vor allem muss ich die große Förderung dankend anerkennen, welche mir Herr Dr. Külpe durch seine Beobachtung der Reactionsvorgänge sowie durch anregenden Rath und hülffreie That gewährt hat.

---