

Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung.

Von

Dr. Julius Merkel

in Zittau.

Vierte Abtheilung.

(Fortsetzung.)

III. Die Methode der doppelten Reize.

Die schwersten Angriffe Angell's sind gegen die Methode der doppelten Reize gerichtet, deren Einführung mir zugesprochen wird. Ich muss die Ehre dieser Priorität aus einem doppelten Grunde ablehnen. Einerseits bin ich nicht der erste gewesen, der diese Methode benutzt hat, andererseits habe ich sie überhaupt nicht angewandt. Ich komme auf diesen letzteren Punkt später und wende mich zunächst zu den Einwendungen Angell's gegen die Methode der doppelten Reize.

Der Veröffentlichung meiner diesbezüglichen Versuche ging ein Briefwechsel zwischen Herrn Prof. Wundt und mir voraus. Herr Prof. Wundt war der entschiedenen Ansicht, dass erst durch Erfahrung die Kenntniss erlangt werde, was unter einer doppelten Empfindung zu verstehen sei, dass wir erst durch öfteres Einwirken zweier im Verhältniss 2:1 stehender Reize das entsprechende Empfindungsverhältniss kennen lernen. Bestände nun wirklich die logarithmische Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung, so würden bei Zugrundelegung irgend eines beliebigen Logarithmensystems die Reize 4 und 2 das Empfindungsverhältniss 2, die Reize 50 und 100 das Empfindungsverhältniss 1,18, die Reize 500 und 1000 das

Empfindungsverhältniss 1,11 u. s. w. liefern. Die von Angell benutzten Reize liegen weit ab von der Schwelle, also würden dem Reizverhältniss 2 Empfindungsverhältnisse entsprochen haben, die höchstens zwischen 1,11 und 1,18 liegen konnten. Ob nun wohl für die Theilnehmer an den Versuchen Angell's, welche sich nicht aus persönlichem, sondern aus wissenschaftlichem Interesse den Untersuchungen gewidmet haben, die beurtheilten Reizverhältnisse, welche zwischen 1,83 und 2,42 schwankten, nach dem unmittelbaren Eindruck der Empfindung den Werth 1,11 bis 1,18 besaßen oder einen größeren?

Wird, wie Herr Prof. Wundt in einem seiner damals an mich gerichteten Briefe betont, ein Reiz überall da wieder als der zweifache eines andern aufgefasst, wo das nämliche Verhältniss der Empfindungen wiederkehrt, so müsste bei Gültigkeit der logarithmischen Abhängigkeit die Methode der doppelten Reize zunehmende und zwar wesentlich zunehmende Reizverhältnisse liefern mit der Zunahme der absoluten Reizstärke. Sie müsste z. B. für das Empfindungsverhältniss 2 die folgenden Reizpaare geben: 4 und 2; 10 und 3,16; 20 und 4,47; 50 und 7,07; 100 und 10 u. s. w. Die Versuche Angell's und meine eigenen Versuche zeigen das Gegentheil, sie weisen eine Abnahme dieser Reizverhältnisse auf.

Angell¹⁾ lässt mich auf die von Wundt erhobenen Einwendungen entgegnen: »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 eine bestimmte Vorstellung über das doppelte Verhältniss hatte bilden können«. Ich kann nur den ersten Theil dieser Entgegnung voll und ganz gelten lassen. An Stelle des zweiten Theiles habe ich wörtlich²⁾ gesagt: »Es würde hier die Annahme nicht zurückzuweisen sein, dass ich mir unbewusst früher oder bei Beginn der Versuche eine bestimmte Vorstellung über das doppelte Empfindungsverhältniss gemacht hätte, eine Vorstellung, die mit der Wirklichkeit durchaus nicht im Einklang zu sein brauchte.« Auf diesem Standpunkte stehe ich noch heute diesen Versuchen gegenüber. Ich will ihn an einem Beispiele erläutern, an demselben

1) Phil. Stud. VII, S. 424.

2) Ebenda, IV, S. 547.

Beispiele, das Fechner zur Erklärung der logarithmischen Abhängigkeit benutzt hat. Man bringe in ein völlig dunkles Zimmer ein Licht, darauf ein zweites. Fechner meint, der Lichtzuwachs sei keineswegs doppelt so groß, sondern wesentlich geringer. Im Verhältniss zur vollen Dunkelheit erscheint uns der erste Lichtzuwachs außerordentlich bedeutend, der folgende Zuwachs nur gering. Hierbei tritt deutlich die Beurtheilung nach Verhältnissen zu Tage. Wenden wir aber dem Lichte den Rücken zu und beobachten wir die Helligkeit der Wand, so wird diese wesentlich verstärkt durch Hinzunahme des zweiten Lichtes. Wir vermögen aber auf Grund der Empfindung nicht zu sagen, ob die Lichtstärke genau doppelt so groß oder mehr oder weniger als das Doppelte beträgt. Hätte man erst den Versuch mit 2 Lichtern ausgeführt, so würde man sich das Verhältniss einprägen können, und dann wäre man im Stande, dasselbe Verhältniss mit einer wesentlich stärker brennenden Lampe durch Herausdrehen des Doctes herzustellen. Lässt man das Licht auf eine durchscheinende Glasplatte fallen, so scheinen bei schwachem Lichte erleuchtete und dunkle Punkte neben einander zu liegen. Man würde doppelt so stark urtheilen, wenn etwa doppelt soviel Punkte erleuchtet zu sein scheinen. Natürlich kann es sich hier nur um eine ganz allgemeine Schätzung dieser beleuchteten Punkte handeln. So meine ich, können verschiedene Anhaltspunkte zur Gewinnung des Empfindungsverhältnisses benutzt werden, welches dem zuerst benutzten Reizverhältnisse entspricht. Die ersten Versuche gestalten sich um so schwieriger, je weniger Anhaltspunkte sich darbieten. Dass dabei auch unbewusste Erfahrungsmomente mit benutzt werden, oder dass man sich selbst ein bestimmtes Verhältniss als doppeltes bildet, das in Wirklichkeit ganz anders ist, ist ebenfalls möglich. Vor allem können auch fern liegende Ursachen wirksam sein, die in ganz anderen Gebieten zur Bildung der Zahl 2 aus der Einheit Veranlassung gegeben haben. Hat man sich so auf irgend eine Weise eine Vorstellung über die doppelte Empfindung bei 2 Reizen gebildet, so vermag man verhältnissmäßig leicht dieses Verhältniss auch bei anderen absoluten Reizstärken herzustellen.

Wenn Angell¹⁾ weiterhin sagt: »Obgleich es vorkam, dass

1) Phil. Stud. VII, S. 428.

die Reagirenden 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 als 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« —, so kann ich nur betonen, dass mich zwar die erste Thatsache überrascht, dass mir aber alles andere ohne weiteres begreiflich erscheint. In Folge der zufälligen Fehler und der bei der Beurtheilung der Reize begangenen Fehler muss das zuletzt Gesagte geradezu erwartet werden.

Angell erklärt die in den Durchschnittszahlen hervortretende Regelmäßigkeit durch Erfahrungsmomente und durch die Kenntniss der Abstufungszahl. Wenn letztere bei meinen Versuchen einen Einfluss geübt hätte, so würden sie ganz andere Ergebnisse geliefert haben, ich glaube aber auch nicht, dass sie bei den Versuchen Angell's von entscheidendem Einfluss war. Wäre es der Fall gewesen, dann würde das wissenschaftliche Interesse der Reagirenden einigermaßen angezweifelt werden können, dann hätten sie einfach erklären müssen:

»Wir vermögen nicht mit irgend welcher Sicherheit zu entscheiden, wann ein Reiz doppelt so groß ist als ein anderer, wir sind gezwungen, uns an Hülfsmittel zu wenden, welche vor der kritischen Strenge nicht standhalten, die eine in eine Wissenschaft neu eingeführte Methodik erfordert!«

Da auch ich der Meinung war, dass wir nicht feststellen können, wann eine Empfindung gerade doppelt so groß ist als eine andere, wandte ich eine Methode an, die ich der Kürze halber als Methode der doppelten Reize bezeichnet und folgendermaßen charakterisirt habe:

»Ich ließ zunächst einen Reiz R einwirken, der eine bestimmte Empfindung E hervorrief. Sodann bestimmte ich ebenfalls unter Anwendung der Methode der Minimaländerungen hierzu einen zweiten Reiz R_1 , welcher mindestens die doppelte Empfindung E_1 zu verursachen schien. Da wahrscheinlich immer ein zu großer Werth für R_1 bestimmt wurde, dienen diese Versuche natürlich

nicht zu exacten Messungen über das Verhältniss zwischen Reiz und Empfindung, wohl aber glaubte ich, mittels solcher Versuche über die Verhältniss- und Unterschiedshypothese entscheiden zu können¹⁾. In den Darstellungen der Methode der doppelten Reize bei den Versuchen aus dem Gebiete des Lichtsinns, des Drucksinns und des Gehörsinns ist dieses »mindestens« oder »sicher« immer wieder hervorgehoben worden²⁾. Bei dem Verfahren Angell's wird die doppelte Empfindung nach beiden Seiten zur Sicherstellung etwas überschritten, wie bei der Methode der ebenmerklichen Unterschiede der Schwellenwerth. Das arithmetische Mittel soll also die doppelte Empfindung darstellen. Ich suche eine Empfindung auf, die mir mindestens doppelt so groß zu sein scheint, als eine gegebene, ohne dass ich anzugeben vermöchte, um wieviel sie die doppelte Empfindung übertrifft. Ja nach meiner früheren Aussage über die Bildung der doppelten Empfindung beim Beginn der Versuche ist sogar die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass diese Empfindung die doppelte Stärke noch gar nicht erreicht hat. Diese von mir gestellte Aufgabe wird man ohne weiteres als leichter und vielleicht auch als lösbar anerkennen.

Wenn sonach Angell³⁾ jedenfalls die Lösung einer schwierigeren Frage versucht hat, so äußert er dennoch im Hinblick auf meine Versuche:

»In verschiedenen Sinnesgebieten hat Merkel nach dieser Methode zahlreiche Versuche ausgeführt, und daraus für die Psychophysik 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 Verhältniss-hypothese abzugeben.«

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

2) Ebenda, IV, S. 562. V, S. 264 u. 516.

3) Ebenda, VII, S. 431.

Ich muss das mir gespendete Lob zurückweisen; denn meine Schallversuche nach der Methode der doppelten Reize haben, wie ich glaube, nicht mehr Zeit beansprucht, als die entsprechenden Versuche Angell's, ich muss weiter betonen, dass ich die Methode der doppelten Reize keineswegs für so werthvoll gehalten habe, um aus den Versuchen nach dieser Methode allein für die Psychophysik wichtige Schlüsse zu ziehen. Beides wird durch die Aeußerungen hinreichend begründet, die ich zu Beginn und am Schlusse der Darstellung der Versuche nach der Methode der doppelten Reize im Gebiete der Schallstärken ausgesprochen habe, nämlich aus den Aeußerungen: »Da auch bei den Schallversuchen diese Methode von untergeordneter Bedeutung ist¹⁾« und »da ich im Gebiete der Schallstärken die Prüfung des Weber'schen Gesetzes auf Grund jahrelanger Versuche mittels der Methode der Minimaländerungen und der Methode der Gleichheits- und Ungleichheitsfälle bereits durchgeführt habe, und da die Versuche nach der Methode der doppelten Reize einerseits an sich am wenigsten Bedeutung beanspruchen, anderseits nur eine Ergänzung der Versuche nach der Methode der mittleren Abstufungen bilden, so wurden vor allem auf Grund dieser letzteren Methode möglichst zahlreiche Versuche ausgeführt²⁾«.

Gleichviel jedoch, wie die Herstellung des ersten Empfindungsverhältnisses bei meiner Methode zu Stande kam, gleichviel ob dabei Erfahrungen und Associationen mitwirkten oder ob es auf Grund des unmittelbaren Eindrucks der Empfindungen gebildet wurde, so vermögen diese Versuche doch über die Gültigkeit der Verhältniss-hypothese oder der Unterschiedshypothese zu entscheiden. Gilt erstere, so müssen die gleichen Empfindungsverhältnissen entsprechenden Reizverhältnisse mit Zunahme der absoluten Reizstärken constant bleiben, gilt letztere, so müssen sie bedeutend zunehmen. Nimmt man z. B. an, der Ausgangsreiz sei 500 oder 2000 (ein Intervall, über das sich die Angell'schen Versuche erstrecken), so würde bei Annahme der logarithmischen Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung das zum Empfindungsverhältniss 2 gehörige Reizverhältniss 500 bez. 2000 betragen müssen!! Zu exacten Messungen

1) Phil. Stud. V, S. 515.

2) Ebenda, S. 517 u. 518.

über das Verhältniss zwischen Reiz und Empfindung dienen die Versuche nach der Methode der doppelten Reize natürlich nicht, das habe ich selbst ganz unzweideutig ausgesprochen¹⁾. Da nun meine Versuche und ebenso die Versuche Angell's in keiner einzigen Reihe eine Zunahme dieser Verhältnisse erkennen lassen, sondern anfangs abnehmen und dann nahezu constant bleiben, so sprechen diese Versuche trotz der gegentheiligen Meinung Angell's mit aller Entschiedenheit für die allgemeine Verhältnisshypothese.

Der geringen Bedeutung zufolge, die ich der Methode der doppelten Reize beigemessen habe, habe ich auf Grund derselben nur vereinzelte Versuchsreihen in den letzten Jahren ausgeführt, vor allem, um die Anwendbarkeit der Methode der richtigen und falschen Fälle zu prüfen. Ich erhielt die früheren Ergebnisse im Allgemeinen bestätigt, nur waren die Werthe für die der doppelten Empfindung entsprechenden Reizverhältnisse etwas größer und nur ausnahmsweise kleiner als 2. Die Ursache liegt jedenfalls darin, dass die Methode der Minimaländerungen beim Ausgange von einem wesentlich stärkeren Reize infolge der Nachwirkung einen zu kleinen Werth liefert. Aus diesem Grunde sind vermuthlich die von Angell und mir gefundenen Reizverhältnisse kleiner als 2 ausgefallen.

Im Hinblick auf die Behauptung Angell's: »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« kann ich zwar nicht bestreiten, dass Angell diese Erfahrung gemacht hat, ich muss aber mit aller Entschiedenheit betonen, dass ich die gegentheilige Erfahrung gewonnen habe. Bei den andern Methoden gilt es zu entscheiden, ob zwei Reize gleich sind, oder ob der eine größer ist als der andere, ob ein Reiz in der Mitte zwischen zwei constanten Reizen liegt oder dem einen näher. Diese Entscheidungen vermochte ich, vorausgesetzt, dass im letzteren Falle die constanten Reize nicht wesentlich verschieden waren, von vorn herein verhältnissmäßig leicht zu treffen, während die ersten Reihen nach der Methode der doppelten Reize ungleich schwieriger waren.

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

Dem Schlussurtheile Angell's: »Die Methode der doppelten Reize kann nicht als eine psychophysische Maßmethode gelten« stimme ich jetzt und habe ich früher bereits insofern zugestimmt, als sie nicht gestattet, die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung zu messen, wohl aber vermag sie über die Gültigkeit der Verhältniss- oder Unterschiedshypothese zu entscheiden, und insofern dürfte ihr eine gewisse Bedeutung für die Psychophysik nicht durchweg abzuspochen sein.

IV. Die Methode der mittleren Abstufungen.

In der Kritik meiner Versuche spricht Angell zunächst seine Verwunderung aus, dass ich die Anwendbarkeit der Methode der mittleren Abstufungen auf successive Reize als selbstverständlich betrachtet habe. Da bei gleichzeitig einwirkenden Reizen, sowie auch bei schnell aufeinanderfolgenden eine gegenseitige Beeinflussung stattfindet, so wäre es bei der Untersuchung der Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung eigentlich geboten, die Reize erst nach längeren Zwischenräumen einwirken zu lassen. Dann wird aber ihre Vergleichung schwer. Ich ließ die Reize demnach schneller auf einander folgen und suchte die störenden Einflüsse durch den Wechsel der Zeitlage zu eliminiren.

Weiter bestreitet Angell, dass meine Versuche als eine Fortsetzung der Versuche Neiglick's zu betrachten seien und dass meine Ergebnisse in Uebereinstimmung mit den Neiglick'schen sich befänden. Ich habe geäußert, dass sich die beiderseitigen Resultate nicht widersprechen, weil ich bei den kleinsten Reizen nahezu die geometrischen Mittel erhielt und weil sich die Versuche Neiglick's jedenfalls auf schwächere Lichtintensitäten beziehen. Nur auf letztere Thatsache bezog sich der Ausdruck Fortsetzung, und ich fügte ausdrücklich hinzu: »abgesehen von der Verschiedenheit der Methode«. Ich gebe selbstverständlich zu, dass es einer erneuten experimentellen Untersuchung bedürfte, wenn die Ergebnisse einen Widerspruch enthalten sollten, kann jedoch nicht dem Urtheile Angell's beistimmen, der sich vorn herein auf die Seite Neiglick's stellt und stellen muss.

Auch meine Bestimmung des Theiles der Fallenergie, welche

sich in Schallbewegung umsetzt, wird angegriffen. Meinen Untersuchungen liegt die Ermittlung des Rückpralls einer überaus elastischen Kugel von 0,459 g bei der Höhe 10 cm zu Grunde. Ich habe, da von einer Deformation der Kugel wie der Unterlage auch bei Betrachtung mittels der Lupe nichts zu bemerken war, angenommen, dass in diesem besonderen Falle die Deformation als verschwindend klein angesehen werden könne. Das ist natürlich eine Hypothese. Wäre die Deformation in Wirklichkeit bedeutend, so würde in der Formel $i = c \cdot p h$ der von mir erhaltene Factor $c = 0,45$ noch kleiner ausfallen. Alle übrigen Bestimmungen sind auf rein psychophysischem Wege gewonnen worden und beruhen auf der Herstellung gleicher Empfindungen unter Ausschluss des Einflusses durch das Weber'sche Gesetz. Selbstredend ist bei größeren Kugeln die Deformation nicht mehr als verschwindend klein zu betrachten, selbstredend überträgt sich bei stärkeren Reizen ein Theil der Fallenergie auf Bewegungen (nicht Schallschwingungen) der Fallunterlage und des Fußbodens — allein in demselben Maße nimmt dann auch der Rückprall ab. Wäre dies nicht der Fall, so würde man ja auch nicht für gewisse Grenzen die Proportionalität zwischen Schallstärke und Fallhöhe nachzuweisen im Stande sein. Sachlich kommt auf die Meinungsverschiedenheit zwischen Angell und mir rücksichtlich dieser Frage nichts an. Ich benutzte die Formel: $i = c p h$ für $c = 0,45$ für nahezu dasselbe Höhenintervall wie Angell, Angell setzt $c = 1$, nimmt also an, dass die Schallstärke gleich der gesammten Fallenergie sei und gibt, da sich seine Versuche nur auf ein Gewicht beziehen, nur die Werthe von h an. Wie übrigens Angell die von Töpler und Boltzmann ausgeführten Bestimmungen der Reizschwelle heranziehen kann, um über das Verhältniss zwischen Fallenergie und Schallbewegung einen Schluss zu ziehen, ist mir unverständlich.

Zahlreich sind die Einwendungen Angell's gegen die Methode der mittleren Abstufungen und meine nach dieser Methode ausgeführten Versuche. Es wird genügen, die Hauptpunkte zu berühren, die endgültige Entscheidung aber im Anschluss an neue Versuchsergebnisse zu treffen. Angell¹⁾ betrachtet die Ergebnisse der Me-

1) Phil. Stud. VII, S. 420. 421. 432.

thode der mittleren Abstufungen nur dann als eine Bestätigung des Weber'schen Gesetzes, wenn sie das geometrische Mittel ergeben. Da im Gebiete des Schallmaßes die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes jedenfalls am sichersten begründet ist, so war ihm das Ziel gewissermaßen vorgeschrieben, er musste die geometrischen Mittel erhalten, und jeder Leser seiner Arbeit wird die Ueberzeugung gewonnen haben, dass ihm die Erreichung des gesteckten Zieles nicht leicht geworden ist. Ein Blick auf die allgemeinen Ergebnisse der Versuche Angell's wird das ohne weiteres erkennen lassen.

Die erste Reihe (Tab. II) weist unter 8 Werthen (R_m) 5 Werthe auf, welche größer als das arithmetische Mittel (R_a) sind und 3 Werthe, welche dem arithmetischen Mittel näher liegen als dem geometrischen (R_g).

Die zweite Reihe (Tabelle III) gibt unter 7 Werthen 2 Werthe $> R_a$, einen Werth, welcher R_a näher liegt, einen Werth, welcher in der Mitte zwischen R_a und R_g liegt und 2 Werthe, welche näher an R_g liegen.

Von den Werthen der Tabellen IV bis VI liegen alle zwischen R_g und R_a und nur ein Werth liegt näher an R_a .

Von den 10 Werthen der letzten Tabelle liegen zwei unter dem geometrischen Mittel, alle andern über demselben. Die Versuche zeigen demnach in unzweideutigster Weise, wie Angell ganz allmählich seinem gesteckten Ziele, den geometrischen Mitteln, nahe kommt. Zur Erklärung der Ergebnisse führt Angell¹⁾ aus: »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. Ich bin nun der Meinung, dass bei allen unsern Experimenten die Momente der Erwartung und Gewöhnung binnen ziemlich weit von einander abliegender Grenzen viel entscheidender für die Schätzungen gewesen sind, als die Intensität des variablen Reizes selbst.«

1) Phil. Stud. VII, S. 447.

Diese Erklärung ist von folgenschwerem Einfluss gewesen und wir dürfen uns nicht wundern, wenn sie in die neueste Auflage der physiologischen Psychologie von Wundt übergegangen ist, denn Angell¹⁾ hat sie scheinbar bewiesen durch die Aussage: »Wir brauchen hier nicht Raum in Anspruch zu nehmen für die ausführliche Mittheilung 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 $R_1 : R_2 = 20 : 70$ entsprechen bei absteigendem variablen Reiz den Ausgangspunkten 44—50—56 die als Mitte geschätzten Werthe 37—39—44, und bei demselben Reizintervalle entsprechen bei aufsteigendem variablen Reiz den Ausgangsreizen 30—32—40 die als Mitte geschätzten Werthe 36—40—49. Dieselbe Regel gilt für andere Intervalle. Demnach war es möglich, je nach dem Ausgangspunkte des mittleren Reizes geometrisches Mittel, arithmetisches Mittel, oder ein sonstiges Mittel zu erhalten.« In der That scheint in diesen Ergebnissen ein Beweis der von Angell gegebenen Erklärung zu liegen. In diesem Falle müsste ich jedoch stark bezweifeln, dass die Reagenten die Fähigkeit zu derartigen Versuchen besessen hätten, bevor ich die Brauchbarkeit der Methode in Abrede stellen würde. Denn die Ergebnisse von Versuchen, bei denen sich die Reagenten gewöhnten, bei einer bestimmten Nummer der Versuchsreihe das Urtheil zu fällen, dürften keinerlei wissenschaftliche Bedeutung beanspruchen und einer Veröffentlichung nicht werth sein.

Gegen die von Angell gegebene Erklärung, der sich an diesen Versuchen als Reagent nicht betheiligte zu haben scheint, spricht die Aussage des geübten Beobachters *Ke*, der seine Urtheile mit ziemlich großer Sicherheit fällte, nämlich die Aussage, dass er nach der Empfindung geurtheilt habe und sich nicht von der Kenntniss der Abstufungen habe beeinflussen lassen, gegen diese Erklärung sprechen die Erfahrungen, die ich bei meinen Versuchen gemacht habe. Da meine Abstufungen im allgemeinen ebenfalls wie bei

1) Phil. Stud. VII, S. 447 u. 448.

Angell Centimeter waren, und da für das Reizverhältniss 3 die Höhenpaare 10 und 30, 15 und 45, 25 und 75 benutzt wurden, so waren die Stufenzahlen, welche zu den gesuchten Grenzwerten führten, ganz verschieden. Auch ich habe bei meinen Versuchen die feste Ueberzeugung gewonnen, nach dem unmittelbaren Eindruck der Empfindungen geurtheilt zu haben, eine Ueberzeugung, die sich mir bei den Versuchen nach der Methode der doppelten Reize nicht mit derselben Sicherheit aufgedrängt hat. Anders verhält es sich mit der Stufengröße. Diese ist von Einfluss, wenn sie nicht genügend klein gewählt wird. Begeht man z. B. bei den Höhen 10 und 30 einen Fehler von 1 cm, so wiegt er mehr als bei den Höhen 25 und 75 cm. Diese Fehler würden den Abrundungsfehlern bei Messungen entsprechen. Sie müssen so eingerichtet werden, dass sie neben den Beobachtungsfehlern zu vernachlässigen sind. Benutzt man dieselben Höhenstufen bei verschiedenen Gewichten, so ändert man die Stufen proportional zu ihrer Größe, und analog könnte man bei 10 und 30 als Stufengröße 1 cm, bei 25 und 75 als Stufengröße 3 cm benutzen. Angell hat die Abstufungen mehr oder weniger proportional der Größe der Intervalle gewählt, ich habe es nicht gethan und dabei unabsichtlich eine Gewöhnung an die Stufenzahl ausgeschlossen.

Wenn nun thatsächlich die Erwartung und Gewöhnung nicht störend eingegriffen haben, wie erklären sich dann die von Angell mitgetheilten Zahlen, ist dann nicht thatsächlich die Methode durchaus zu verwerfen? Ich glaube, dass die Erklärung darin zu suchen ist, dass Angell nicht die von mir charakterisirte Methode der mittleren Abstufungen angewandt hat, sondern eine sehr bedenkliche Aenderung getroffen hat. Ich sage: »Der Reiz R_m wird erst gleich R_1 gemacht und dann so lange vergrößert, bis er die Mitte erreicht zu haben scheint. Sodann wird er gleich R_2 gemacht und so lange verringert, bis ebenfalls die Mitte wieder erreicht ist. (Da bei meinen Versuchen die Zeitfolge von wesentlichem Einfluss war, bin ich sogar von subjectiver Gleichheit der Reize R_1 und R_m einerseits und R_m und R_2 andererseits ausgegangen.) Da die arithmetischen und geometrischen Mittel nur bei größerer Verschiedenheit von R_1 und R_2 wesentlich verschieden ausfallen, so ergibt sich die Forderung, diese Versuche bei solchen Werthen

von R_1 und R_2 auszuführen, die um weit mehr als die doppelte Schwelle von einander abweichen¹⁾. Wenn nun die logarithmische Abhängigkeit gilt, so wird man bei dem von mir angewandten Verfahren das geometrische Mittel erhalten müssen, gilt ein anderes Gesetz, so erhält man einen anderen Werth. Dieses Verfahren ist bei verhältnissmäßig geringen Unterschieden der Grenzreize das zweckmäßigste und offenbar auch das naheliegendste. Der Vortheil der Methode der mittleren Abstufungen bei variablem mittleren Reize liegt geradezu darin, dass die Ausgangsreize gewissermaßen fest gegeben sind. Nimmt man einen der Grenzwerte als variabel, so geht dieser Vortheil z. Th. verloren. Mit demselben Rechte, mit dem man bei der Methode der mittleren Abstufungen das unberechtigte Verlangen stellt, bei verschiedenen Beobachtungsreihen mit Benutzung derselben Grenzreize verschiedene Ausgangsreize zu benutzen, könnte man bei der Methode der ebenmerklichen Unterschiede es verwerfen, bei jeder Reihe mit gleichen Reizen zu beginnen. Angell hat als Ausgangsreiz den Reiz genommen, welcher dem Reagenten jedesmal unzweifelhaft deutlich näher dem oberen bez. unteren Grenzreize erschien. Diese Wahl unterliegt bei wenig verschiedenen Grenzreizen einem doppelten Einfluss der Schwelle. Angenommen, die Grenzreize seien 20 und 70. Von diesen Reizen unterscheiden sich eben die Reize $26\frac{2}{3}$ und $52\frac{1}{2}$ bei Annahme des Schwellenwerthes $\frac{1}{3}$. Ausgangsreize, die diesen Werthen naheliegen, werden also die von Angell gestellte Bedingung erfüllen. Andererseits wird nicht ein Reiz als Mitte geschätzt, sondern infolge der Schwelle eine Anzahl von Reizen. Für den Mittelwerth 43 und den Schwellenwerth $\frac{1}{5}$ würden diese Grenzen 36 und $51\frac{3}{5}$ sein. Als wahrscheinliche Ausgangsreize ergeben sich hiernach 31,5 und 52. Die Mittel der von Angell benutzten Ausgangsreize sind 34 und 50 und liegen thatsächlich in den berechneten Gebieten und symmetrisch zu den wahrscheinlichen Werthen. Für einen größeren Schwellenwerth würden diese Grenzen noch mehr eingeengt werden, was indess bei der oberen nicht mehr weit möglich ist. Die Mittelwerthe aus den von Angell bestimmten Mitten sind: $41\frac{2}{3}$ und 40, also ergibt sich 40,8. Dieser von dem

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

arithmetischen Mittel um 4,2, von dem geometrischen Mittel um 3,4 abweichende Werth wird dadurch bedingt, dass Angell bei den unteren Ausgangspunkten zwei Werthe genommen hat, die innerhalb der angegebenen Grenzen liegen, bei den oberen Ausgangspunkten nur einen. Bei dem Ausgangspunkte 50 bereits und namentlich bei dem Ausgangsreize 44 musste die Aufmerksamkeit ganz wesentlich angespannt werden, um herauszuhören, dass dieser Reiz dem oberen näher lag, ebenso wie es beim Reize 40 schwer zu hören sein musste, dass er der unteren Grenze näher lag. Da aber die einmal erkannte Verschiedenheit eine Zeit lang nachwirkt und die angespannte Aufmerksamkeit beibehalten werden muss, erhält man einen zu niedrigen bez. zu hohen Werth. Benutzt man die Reize 44 und 40, so dürfte sich der Fehler zum größten Theile aufheben. Man erhält in der That als Mittel den Werth 43. Man darf aber diese Werthe nicht mit den bei den Ausgangsreizen 56 und 30 bez. 30 und 32 vereinigen, die nicht im mittleren Schwellengebiet liegen und bei denen normale Aufmerksamkeit angewandt und beibehalten werden konnte; denn die Mittelwerthe würden dann 46,5 und 36,5 bez. 38,5 sein, d. h. man könnte auf diese Weise Werthe herausrechnen, die größer als das arithmetische Mittel und kleiner als das geometrische Mittel sind. Aber auch die Combination des Ausgangsreizes 56 mit den Werthen 30 oder 32 unterliegt einem Bedenken. Der erste Reiz unterscheidet sich von dem oberen Grenzreiz nicht deutlich, die letzteren unterscheiden sich wesentlich von dem unteren Grenzreiz. Im ersten Falle kann daher die Nachwirkung bedingen, dass ein zu kleiner Werth erzielt wird. Die entsprechenden Mittelwerthe 40 und 42 sind in der That kleiner als der oben berechnete Werth 43. Die Mittel aus den oben genannten extremen Werthen sind übrigens 41,5 und 42,5 und der von Angell angegebene Werth ist 38,9. Doch hat sich Angell der etwas geringeren geometrischen Mittel bedient, und überdies ist nicht zu erkennen, ob dem von Angell mitgetheilten Werthe die nämlichen Versuche zu Grunde liegen.

Der erste Nachtheil, nämlich der Zwang mit angespannter Aufmerksamkeit zu beobachten, wird ganz beseitigt und der andere, die Nachwirkung, wird jedenfalls zum größten Theil aufgehoben, wenn man von den Reizen 20 und 70 ausgeht. Will man übrigens

nicht von gleichen Reizen beginnen, so muss man mindestens von Reizen beginnen, die sich bei normaler Aufmerksamkeit sicher von den Grenzreizen unterscheiden und die auch sicher noch nicht in der Mitte zu liegen scheinen. Da letztere Bedingungen bei größeren Differenzen der Grenzreize von selbst erfüllt gewesen sein dürften, ergaben diese Versuche die arithmetischen Mittel, ja sogar größere Werthe.

Diese Erklärung der von Angell gefundenen Zahlen wird durch die Bemerkungen bestätigt, die Angell über die Aufmerksamkeitsverhältnisse bei seinen Versuchen macht. Er sagt:

»Es konnte z. B. bei verschiedenen Versuchspersonen 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 herbewegte.« Die Ursache liegt offenbar darin, dass die meisten zu beurtheilenden Reize so lagen, dass der mittlere Reiz im Schwellengebiet sich befand, und es bedurfte daher großer Aufmerksamkeit, um herauszufinden, ob er einem der Grenzreize näher gelegen war. Die Aenderungen der Aufmerksamkeitsspannung gehen weiter aus der Beobachtung hervor, nach welcher während einer Versuchsreihe die Schalle stärker zu werden bez. weiter auseinanderzurücken schienen.

Hätte man den mittleren Reiz anfangs gleich den Grenzreizen gemacht, so würde es möglich gewesen sein, mit normaler Aufmerksamkeit alle drei Reize zu beurtheilen und dann das Urtheil abzugeben. Richtet man aber die Aufmerksamkeit vorzugsweise auf den mittleren Reiz, was namentlich dann der Fall sein wird, wenn er unregelmäßig wechselt, so begeht man geradezu einen principiellen Fehler. Er tritt dann in den Vordergrund des Bewusstseins, die andern treten mehr zurück. Infolgedessen gewinnt er an Stärke, die andern verlieren. Dadurch muss der für den mittleren

Reiz erhaltene Werth zu klein ausfallen, sich also dem geometrischen Mittel mehr oder weniger nähern. Meine sämtlichen Versuche wurden mit normaler Aufmerksamkeit ausgeführt mit Ausnahme einer einzigen Gruppe, bei welcher die Grenzreize nur um die doppelte Schwelle abwichen. Bei diesen Versuchen musste mit gespannter Aufmerksamkeit beobachtet werden, die aber während der ganzen Versuchsreihe beizubehalten war.

Nach dieser Darstellung dürfte es allerdings gewagt erscheinen, aus den Ergebnissen der Versuche Angell's auf Grund der Methode der Minimaländerungen etwas sicheres zu schließen — aber ebenso will es mir unerlaubt erscheinen, diese Ergebnisse einfach zu verwerfen. Es gilt bei physikalischen Messungen das Gesetz, nur diejenigen Beobachtungen unbeachtet zu lassen, welche schon vor der Berechnung zweifellos als verdächtig erscheinen. »Jede Beobachtung«, sagt Gerling¹⁾, »welche durch das Beobachtungsprotokoll nicht als verdächtig bezeichnet wird, ist für mich ein Zeuge, welcher soeben die Wahrheit bezeugt hat. Ich habe nicht das Recht, sein Zeugniß unter dem Vorwand zurückzuweisen, dass seine Aussagen von den andern abweichen, ebenso wenig, als ich ihn foltern darf, bis er etwas mir Erwünschtes aussagt«. Und hier sollen die Ergebnisse ganzer Beobachtungsreihen einfach über Bord geworfen werden, weil sie nicht das Gewünschte bezeugen?

Doch man wird mir entgegen, dass die Versuche mit unregelmäßigen Aenderungen des mittleren Reizes den obigen Ergebnissen widersprechen und einwurfsfrei sind. Dem gegenüber habe ich zu betonen, dass sie aus folgenden Gründen wenigstens von einer andern Seite noch eine Bestätigung erfahren müssten:

1. Sie erstrecken sich nur bis zum Reizverhältniss $\frac{R_2}{R_1} = 5$. Infolgedessen liegt das geometrische Mittel wahrscheinlich mit nur einer Ausnahme im Schwellengebiet des arithmetischen und ebenso die wichtigsten für R_m benutzten Werthe. Die Versuche müssten mindestens bis zur doppelten Größe des genannten Verhältnisses ausgedehnt werden.

2. Der ganze Gang der sämtlichen Versuche könnte die Reagenten mehr und mehr gewöhnt haben, nach gleichen Verhält-

1) Die Ausgleichungsrechnungen der praktischen Geometrie. Hamburg 1843.

nissen anstatt nach gleichen Unterschieden zu urtheilen, was wegen des geringen Unterschiedes zwischen geometrischem und arithmetischem Mittel möglicherweise unbewusst geschehen sein dürfte.

3. Bei unregelmäßigem Wechsel des mittleren Reizes wird man versucht, diesem die Aufmerksamkeit in besonderem Grade zuzuwenden. Die Grenzreize treten etwas zurück, und man erhält für R_m einen zu kleinen Werth.

In Bezug auf meine Versuche habe ich gesagt:

»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.« — Das entspricht einer Selbstbeobachtung, die ich bei den Versuchen gemacht habe; und wenn Angell die Versuche, auf welche sie sich bezieht, nachmachen wollte, würde er sie vielleicht auch machen, vielleicht auch nicht. Bei geringen Unterschieden habe ich diese Beobachtung nicht gemacht, vielmehr glaubte ich dort unmittelbar nach dem Eindruck der Empfindungen die Mitte bestimmt zu haben. Ich habe daraus geschlossen, dass bei größeren Reizunterschieden, d. h. für Verhältnisse $\frac{R_2}{R_1}$, die wesentlich den Werth 10 übertreffen, theilweise eine Schätzung nach Verhältnissen eintritt.

Angell wittert natürlich hinter jener Erwägung wieder allerlei Associationen und Erfahrungsmomente, ja er sagt: »Eine Reactionsweise, bei welcher Erwägung stattfindet, kann nicht als gültig anerkannt werden«. Freilich, wenn man sich gewöhnt, immer nach einer bestimmten Stufenzahl zu urtheilen, ist man der Erwägung enthoben, man braucht dann nur die Fähigkeit mitzubringen, bis auf 6 oder 7 zählen zu können!

Ich gebe zwar zu, dass wir von früher Jugend an Gelegenheit gehabt haben, die verschiedensten Schallwahrnehmungen zu machen, von dem leisen Schwirren der Insecten bis zu dem gewaltigen Grollen und Dröhnen des Donners. Wenn aber nach einander drei Reize auf uns einwirken, welche durch das Fallen einer Kugel von 10 g aus den Höhen 20, 35 und 60 cm erzeugt werden, welche Erfahrungsmomente und Associationen sollten uns da eine bessere Gewähr dafür geben, ob 35 in der Mitte liegt oder nicht, als die Empfin-

dungen, die jeder Schall erzeugt? Ich habe vielleicht mehr Versuche im Gebiete des Schallmaßes ausgeführt, als irgend ein anderer, aber nun und nimmer kann ich zugeben, dass jemals eine Beurtheilung der Reize statt der unmittelbaren Empfindungen eingetreten sei.

Angell wird davon ohne weiteres überzeugt werden, wenn er sich die Aufgabe stellt, nach dem unmittelbaren Eindruck der Empfindung die Höhe zu schätzen, von der eine Kugel von bekanntem Gewicht herabgefallen ist, ohne dass ihm diese Höhe angegeben wird. Wir beurtheilen zunächst die einzelnen Empfindungen und dann erst fällen wir die Entscheidung, welche Lage die mittlere Empfindung besitzt, eine Vergleichung der Unterschiedsempfindungen (als Differenzen) findet nicht statt. Wer den zweiten Reiz in Bezug auf den ersten und den dritten in Bezug auf den zweiten beurtheilt, wird nothwendig zur Beurtheilung nach Verhältnissen hingedrängt. Die Entscheidung, ob die zweite Empfindung in der Mitte zwischen der ersten und dritten steht, wird schnell getroffen, wenn die Grenzreize verhältnissmäßig wenig abweichen, langsamer, wenn sie wesentlich verschieden sind. Ich gebe zu, dass die Ursache zum Theil die etwas verschiedene Klangfarbe bildet. Wenn aber Angell sagt, dass bei den größten Höhen ein dumpfer, schwerfälliger Schall entstanden sei, welcher sogleich als ein sehr starker Schall aufgefasst worden sei, so entgegne ich, dass ich die Schallstärke für größere Höhen und für verschiedene Gewichte bestimmt habe und tatsächlich für c in der Formel $i = cph$ einen um ein Fünftel größeren Werth gefunden habe, wie für die mittleren Höhen, und dass beim schwersten Gewicht c um $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ kleiner war, als bei den mittleren Gewichten. Doch kann sachlich auch auf diese Meinungsverschiedenheit wenig ankommen; denn die Ergebnisse der Versuche bei größeren Verhältnissen der Grenzreize stehen ja viel besser mit den letzten Ergebnissen der Versuche Angell's im Einklang, während die Resultate der Versuche, bei denen die Grenzreize weniger verschieden waren, viel genauer die arithmetischen Mittel lieferten.

Das Endurtheil Angell's¹⁾ über meine Versuche nach der Methode der mittleren Abstufungen lautet: »Wenn man außerdem

1) Phil. Stud. VII, S. 467.

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 bezeichnen. 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.« Ich habe die wörtlich citirte Bemerkung in einem Zusammenhange erwähnt, in welchem von der Art und Weise die Rede ist, wie wir die Empfindungen auffassen, ich habe betont, dass wir **einen** Reiz nur dann zu schätzen vermögen, wenn die Empfindung, die er hervorruft, in Beziehung zu einer bekannten Empfindung gesetzt werden kann. So sprechen wir von dem Donner der Kanonen, von dem Murmeln des Baches, dem Brüllen der Windsbraut, dem Pfeifen und Zischen der Sägen, dem Stampfen der Dampfmaschinen u. s. w. Die Associationen und Erfahrungen bei den Versuchen nach der Methode der mittleren Abstufungen, bei denen es sich ja um die Beurtheilung **dreier** Reize handelt, verstummen aber vollständig in den von mir untersuchten Sinnesgebieten gegenüber der lauten Sprache, welche die Empfindungen selbst reden. Wie müsste Angell über die Versuche von Lorenz über die Vergleichung von Tondistanzen urtheilen, bei denen sich doch ebenso wohl gut musikalische und wenig musikalische Beobachter betheiligten?

Wenn sonach Angell in den Ergebnissen meiner Versuche auf Schritt und Tritt »das trügerische Spiel der Association«, den »überwiegenden Einfluss von kaum bemerkbaren Erfahrungsmomenten«, den »störenden Einfluss der Factoren der Erwartung und Gewöhnung« wittert, so kann ich zum Schluss nur hervorheben, dass ich wie kein anderer von dem Bestreben geleitet gewesen bin, die psychophysischen Methoden so zu gestalten, dass diese Einflüsse völlig ausgeschlossen werden.

Aus diesem Grunde habe ich meinen Versuchen nach der

Methode der mittleren Abstufungen keinerlei Ziel vorgeschrieben, und ich habe ihre Ergebnisse veröffentlicht, trotzdem sie weder die geometrischen noch auch durchgängig die arithmetischen Mittel darstellten; aus diesem Grunde habe ich die Methode der Gleichheits- und Ungleichheitsfälle eingeführt, welche bei Bestimmung der oberen Unterschiedsschwelle nicht mehr die Entscheidung verlangt, wann zwei Reize eben verschieden sind, sondern die einfach die Erklärung heischt, ob die Reize gleich waren, oder ob der eine größer war als der andere; aus diesem Grunde habe ich das Princip der Methode der Gleichheits- und Ungleichheitsfälle auch auf die Methode der mittleren Abstufungen übertragen¹⁾; aus diesem Grunde habe ich der Methode der doppelten Reize bei der Untersuchung der Empfindungen nur noch geringe Beachtung geschenkt; aus diesem Grunde endlich habe ich Methoden angewandt, die mir die Ausführung der Versuche und die Beurtheilung der Reize gestatteten, ohne dass ich von deren Größe unterrichtet gewesen wäre. Mein Verfahren ist also nicht schlechthin als ein wissenschaftliches zu bezeichnen. Aus zwei Gründen bin ich immer wieder darauf zurückgekommen, die Versuche selbst und an mir selbst auszuführen; einerseits, weil ich es für unerlässlich halte, dass man die Beurtheilungen auch selbst ausgeführt hat, andererseits, weil mir nicht die Zeit zu Gebote steht, die Versuche mit mehreren Personen durchzuführen, selbst wenn sie sich mir zur Verfügung stellen sollten.

V. Die Ergebnisse anderer Forscher.

Münsterberg²⁾ hat die Versuche von Lorenz z. Th. wiederholt und bestätigt gefunden, dass wir zwischen zwei klangverwandten, nicht mehr als zwei Octaven von einander entfernten Tönen einen mittleren Ton nach dem unmittelbaren Bewusstsein wählen, der objectiv von den beiden anderen um gleiche Schwingungszahl abweicht. Die Urtheile der Musikalischen unterschieden sich von denen der Unmusikalischen nur durch größere Sicherheit. Beim

1) Phil. Stud. IX, S. 54.

2) Münsterberg, Beitr. zur experiment. Psychologie. IV, S. 147.

Intervall von drei Octaven aber erhielt er einen zwischen dem arithmetischen (576) und geometrischen (362) Mittel gelegenen Werth (etwa 490). Hieran schloss Münsterberg Versuche, bei denen vier Töne einwirkten, von denen zwei eine constante Differenz besaßen, während von den beiden anderen der eine constant war, der andere so lange verändert wurde, bis dieselbe Differenz hergestellt war. Im ersten Falle ergaben sich etwa 426 Schwingungen, während die gleiche Schwingungsdifferenz bei 436, das gleiche Schwingungsverhältniss bei 422,9 lag. Im zweiten Falle sind die entsprechenden Zahlen 406; 416; 394,3; im dritten 388; 396; 369,4 und im vierten 374; 376; 347,4. Dabei wird der Zwischenraum zwischen dem zweiten und dritten Ton immer kleiner, d. h. mit andern Worten, die Versuche nähern sich immer mehr den Versuchen der Methode der mittleren Abstufungen, bei denen es sich um die Vergleichung zweier benachbarter Distanzen handelt. Da sich gleichzeitig auch der erhaltene Reiz mehr und mehr der gleichen Schwingungsdifferenz nähert, so zeigen diese Versuche meiner Meinung nach, dass sowohl mit der Vergrößerung der Distanz der Grenzreize, als auch wenn es gilt zwei sich immer mehr entfernende Distanzen zu beurtheilen, statt der Beurtheilung nach gleichen Unterschieden z. Th. die Beurtheilung nach gleichen Verhältnissen mit zur Verwendung kommt.

In dieser Beziehung stimmen meine Erfahrungen voll und ganz mit den Ergebnissen Münsterberg's überein, und es ist mir unerklärlich, wie Münsterberg nicht auf diese Erklärung kommen konnte, da er doch zuerst Versuche nach der Methode gleicher Verhältnisse angestellt und da er doch gefunden hat, dass diese letztere Methode gestört wird durch das Hereingreifen der Beurtheilung nach gleichen Unterschieden. Im Anschluss an seine Versuche nach der Methode gleicher Reizverhältnisse, bei denen beide Reizpaare demselben Sinnesgebiete angehörten, erwähnt Münsterberg:¹⁾

»Bei diesen Reihen fällt auf den ersten Blick auf, dass die als gleich empfundenen Reizunterschiede keine genauen Proportionen geben. Sind die beiden kleinen Gewichte gegeben und die großen Gewichte sollen eingestellt werden, so wird der relative Unterschied

1) Beitr. zur experiment. Psychologie. III, S. 85.

regelmäßig zu klein gemacht, sind die großen Gewichte gegeben und die kleinen sollen eingestellt werden, so wird der relative Unterschied regelmäßig zu groß!« Offenbar griff hier bei der Beurtheilung relativer Unterschiede die z. Th. wesentliche Verschiedenheit der absoluten Unterschiede störend ein.

Welchen Schluss zieht jedoch Münsterberg aus seinen Ergebnissen? Er sagt: »Es ergibt sich somit im allgemeinen, dass zur Prüfung der Distanzvergleichung im Gebiet der Töne die Untersuchung mit drei Tönen, also die Methode der Mittenbestimmung, unzureichend und irreführend ist. Die Mittenbestimmung unterliegt besonderen psychologischen Bedingungen, sodass die nach dieser Methode gewonnenen Ergebnisse nicht zu Gesetzen der Distanzvergleichung verallgemeinert werden können. Reine Distanzvergleichung ist nur bei der Untersuchung mit vier Tönen zu gewinnen. Hier ergibt sich, dass von einer gesetzmäßigen Gleichschätzung gleicher Schwingungsdifferenzen nicht die Rede sein kann, freilich werden ebenso wenig den musikalischen Intervallen entsprechend gleiche Schwingungszahlverhältnisse als Distanzen gleich geschätzt, sondern das Maximum der Gleichschätzung liegt zwischen beiden Punkten; es scheint sich der gleichen Verhältnisszahl um so mehr zu nähern, je kleiner die verglichenen Distanzen sind.«

So bringt es Münsterberg fertig, eine vorzügliche Methode in leichtfertiger Weise zum alten Plunder zu werfen und eine neue an ihre Stelle zu setzen, die wesentlich schwieriger ist und für die einzelne Theilnehmer erst eingeübt werden musste. Warum soll gerade die Methode der mittleren Abstufungen die irreführende sein? Münsterberg bleibt jeden Beweis schuldig, ihm haben augenscheinlich nur die Ergebnisse seiner Methode besser gefallen. Diese aber zeigen, dass nahezu gleiche Unterschiede ermittelt werden, wenn die verglichenen Distanzen einander nahe liegen, dass die erhaltenen Mittelwerthe sich gleichen Verhältnissen nähern, wenn sie weit von einander abliegen. Die größere Verschiedenheit der Reize bedingt eben, dass neben einer directen Vergleichung der Distanzen der zweite Reiz an dem verwandteren ersten und der vierte Reiz an dem verwandteren dritten gemessen wird, und das führt nothwendig zu einem Wettstreit zwischen der Beurtheilung nach gleichen Unterschieden und nach gleichen Verhältnissen. In meiner Abhand-

lung¹⁾ über die theoretische und experimentelle Begründung der Fehlermethoden habe ich übrigens das Ergebniss der Versuche Münsterberg's vorausgesagt, es war daher wahrlich nicht schwer, die obige Erklärung aufzufinden.

Fullerton und Cattell²⁾ haben in verschiedenen Gebieten umfangreiche Untersuchungen angestellt und eine Prüfung der psychophysischen Methoden ausgeführt. Leider gestatten die Versuche nicht eine unmittelbare Vergleichung mit anderen Versuchen, da die benutzte Versuchstechnik wesentliche Verschiedenheiten darbietet. So wurde bei den Gewichtsversuchen ein Federdynamometer benutzt, bei welchem der Widerstand während der Bewegung zunahm. Weiter lässt sich schwerlich entscheiden, in wie weit die untere Abweichung vom Weber'schen Gesetz im Spiele war, und ob bei schwachen und starken Reizen mit normaler bez. constanter Aufmerksamkeit beobachtet wurde. Nur unter dieser letzteren Bedingung habe ich bei den verschiedenen psychophysischen Maßmethoden übereinstimmende Ergebnisse erhalten, welche sich innerhalb gewisser Grenzen vor allem auch im Einklang mit dem Weber'schen Gesetz befinden.

Die Methode der eben merklichen Unterschiede wird von den genannten Forschern angegriffen, weil kein bestimmter Punkt als eben merklicher Unterschied für verschiedene Beobachter und für denselben Beobachter zu verschiedenen Zeiten bezeichnet werden könne.

Dies trifft nur für gewisse Sinnesgebiete zu. Kann man den Vergleichsreiz ganz allmählich vom constanten Reize entfernen, oder sind die zufälligen Fehler verhältnissmäßig gering im Vergleich zum Schwellenwerthe, so liefert die Methode der eben merklichen Unterschiede ganz gute Ergebnisse. Würden bei Beurtheilung der Reize keinerlei äußere und innere Fehler begangen, so würde bei einem bestimmten Unterschiede zweier Reize der Unterschied eben bemerkt werden, unmittelbar vorher ein Unterschied nicht wahrgenommen werden. Dies ist aber nicht der Fall. In Folge der

1) Phil. Stud. VII, S. 560 u. 561.

2) On the perception of small differences. Publications of the university of Pennsylvania, 1892.

zufälligen Fehler scheinen in einzelnen Sinnesgebieten bereits gleiche Reize in der Mehrzahl der Fälle verschieden groß zu sein. In einem solchen Falle wird die Methode der eben merklichen Unterschiede nur dann brauchbare Ergebnisse liefern, wenn sie die Principien zu Hilfe nimmt, welche der Methode der richtigen und falschen Fälle oder der Methode der mittleren Fehler zu Grunde liegen¹⁾. Erscheinen aber gleiche Reize niemals völlig gleich, wie es bei den Versuchen nach der Methode der richtigen und falschen Fälle bei den genannten Forschern der Fall war, so wird meines Erachtens die Methode der eben merklichen Unterschiede überhaupt hinfällig. Ueberdies werden die Ergebnisse verschiedener Forscher nur dann vergleichbar sein, wenn die Versuche mit gleicher (normaler) Aufmerksamkeit ausgeführt werden, da die Größe des eben merklichen Unterschiedes von dem Grade der Aufmerksamkeit abhängt, welcher auf die Versuche verwandt wird.

Fullerton und Cattell bezeichnen die Methode der richtigen und falschen Fälle als die genaueste. Sie schließen aber nach dem Vorgange von Jastrow die Gleichheitsfälle aus und bemerken, dass uns zwei Reize niemals völlig gleich erscheinen. Wäre dies der Fall, so würden die bei der Beurtheilung begangenen Fehler sämtlich größer sein als die Schwelle. Eine Bestimmung der Schwelle ist alsdann nicht möglich. Die Urtheile richtig und falsch können dann in der Hauptsache durch zufällige der Versuchstechnik anhaftende Fehler bedingt sein, und es erscheint keineswegs auffällig, wenn sich das Weber'sche Gesetz nicht bestätigt zeigt.

Bei der Methode der mittleren Fehler ist der erhaltene Fehler zusammengesetzt aus dem Fehler, der bei der Herstellung der Reize und bei Auffassung derselben begangen wird. Der erstere kann nach der Meinung der genannten Forscher nur durch die Methode der richtigen und falschen Fälle eliminirt werden, oder eine getrennte Bestimmung dieser Fehler kann nur durch die letztgenannte Methode ermöglicht werden²⁾.

Unter Benutzung der Methode der mittleren Abstufungen end-

1) Vergl. Wundt, *Physiol. Psychol.* 4. Aufl. S. 343 und meine Abhandlung über die Fehlermethoden, *Phil. Stud.* VII, S. 620 ff. und IX, S. 187 ff.

2) *Am g. O.* S. 19 u. 151.

lich erhielten Fullerton und Cattell verschiedenartige Ergebnisse, die aber dem arithmetischen Mittel mehr oder weniger nahe lagen. Sie glauben ebenfalls, dass der Beobachter nicht nach dem Eindruck der Empfindung geurtheilt, sondern gleiche Reizdifferenzen beurtheilt habe, welche durch Association kennen gelernt worden seien.

So ruht das Hauptergebniss der Versuche von Fullerton und Cattell, nach welchem der Beobachtungsfehler mit der Quadratwurzel der Reizstärke wächst, vorwiegend auf den Ergebnissen der Methode der richtigen und falschen Fälle, und es bedarf daher jedenfalls noch der Bestätigung von anderer Seite. Versuche, bei denen die Schwellenbestimmung ausgeschlossen ist, haben für mich keine psychophysische Bedeutung, so lange nicht der Nachweis geführt ist, dass der wahrscheinliche Fehler nicht vorwiegend zufälligen und äußeren Fehlerursachen seine Entstehung verdankt.

Um eine einwurfsfreie Bestimmung der Schwelle bei normaler Aufmerksamkeit auszuführen bei Vermeidung der Urtheile »eben merklich«, muss man sich der Methode der Gleichheits- und Ungleichheitsfälle bedienen¹⁾. Man wählt in der Nähe der oberen Schwelle zwei oder mehrere Vergleichsreize und gibt jedesmal in einer gleichen Zahl von Versuchen (etwa 50 oder 100) an, ob der Vergleichsreiz größer als der Normalreiz erscheint oder nicht. Aus den erhaltenen Zahlen lässt sich die Schwelle berechnen, für welche die Hälfte der Urtheile größer lauten. Liegen mehr als zwei Vergleichsreize vor, so kann man sich der Methode der kleinsten Quadrate bedienen. Bei der neuerdings von Wundt²⁾ angegebenen Methode hängt der zu erwartende Schwellenwerth von der Wahl der Vergleichsreize ab. Liegen dieselben in überwiegender Zahl über dem wahren Schwellenwerthe, so erhält man einen zu großen Werth, im umgekehrten Falle einen zu kleinen. Zur Prüfung des Weber'schen Gesetzes eignet sich diese Methode, wenn bei verschiedenen Normalreizen dieselben verhältnissgleichen

1) Phil. Stud. IV, S. 257—261; VII, S. 606—612.

2) Physiol. Psychol. 4. Aufl. S. 344.

Vergleichsreize gewählt werden, also z. B. für den Normalreiz 100 beim Schallmaß die Vergleichsreize: 125, 127, 129, 131, 133 und 135 und für den Normalreiz 200 die Vergleichsreize: 250, 254, 258, 262, 266, 270.

Schließlich hat Stefanini¹⁾ eine experimentelle Prüfung der Formel:

$$E = \log \frac{c + R}{c}$$

von Delboeuf, welche nur eine Modification der Fechner'schen Formel darstellt, sowie der Plateau'schen Formel:

$$E = cR^k$$

in der er z. Th. auf die Ergebnisse meiner Lichtversuche gestützt, den Werth $k = 1/2$ setzt, vorgenommen und eine größere Uebereinstimmung mit der Plateau'schen Formel bestätigt gefunden.

VI. Neue Versuche aus dem Gebiete des Schallmaßes.

1. Die Methode der richtigen und falschen Fälle in ihrer Anwendung auf die Methode der mittleren Abstufungen.

Die folgenden Versuche aus dem Gebiete des Schallmaßes sollen einerseits eine genauere Untersuchung der Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung darstellen, andererseits die Frage lösen, in wie weit die Methode der richtigen und falschen Fälle zur Herstellung des mittleren Reizes Verwendung finden kann. Gerade bei Schallreizen hatte sich bei Anwendung der Methode der Minimaländerungen der fortwährend nothwendige Wechsel des mittleren Reizes als ein Uebelstand erwiesen. Diesen Uebelstand konnte nur die Methode der richtigen und falschen Fälle beseitigen, nur bei ihr war es möglich in einer großen Zahl von Versuchen drei constant bleibende Reize der Beurtheilung darzubieten, nur in diesem Falle durfte erwartet werden, über Art und Weise der Beurtheilung durch Selbstbeobachtung einigermaßen sichere Aufschlüsse zu gewinnen.

1) Sulle leggi spicofisiche di Fechner e di Plateau, Atti della R. Accad. Lucchese di Scienze, Lettere et Arti. Vol. XXVI, S. 201.

Ich gedenke die Versuche genau in der Reihenfolge mitzutheilen, in der sie entstanden sind, und im Anschluss daran die gemachten Erfahrungen zu erörtern und die für die neuen Versuche getroffenen Aenderungen zu begründen. Die nöthigen Formeln sowie die theoretischen Auseinandersetzungen finden sich bereits in meiner Abhandlung über die theoretische und experimentelle Begründung der Fehlermethoden ¹⁾.

Bei der ersten Versuchsgruppe wurden die Gewichte: 0,45; 1,06; 2,03; 5,33; 10,62 und 20,97 g angewandt und die Höhenpaare $R_u = 10$ cm und $R_o = 50$ cm sowie 10 cm und 100 cm für die Grenzreize. Für den dritten Reiz dienten im ersten Falle die Höhen $R_1 = 25$ und $R_2 = 35$, im zweiten Falle 45 und 65. Für jede Zeitfolge wurden 50 Versuche angestellt, in denen zu entscheiden war, ob R_1 bezw. R_2 näher an R_u (Unterschätzung = u) oder näher an R_o (Oberschätzung = o) oder ob es in der Mitte lag (Mittenschätzung = m). Da die Versuche zugleich die Schwelle für die Mittenschätzungen liefern sollten, wurden diese Urtheile nicht nach Möglichkeit ausgeschlossen, sondern überall da abgegeben, wo ich zum Urtheile o oder u nicht berechtigt zu sein glaubte. Die vollständige Elimination des constanten Zeitfehlers war nicht möglich, weil verschiedene Reihen keine u - bzw. o -Urtheile aufwiesen. Ich habe daher die unvollständige Elimination anwenden müssen, und demnach die Zahlen für beide Zeitfolgen einfach addirt. Für die Oben- und Mittenschätzungen beim Reiz R_1 wurden die t -Werthe der Fechner'schen Tabelle aufgesucht für o (t_1) und $o + m$ (t_2). Die Summe dieser Werthe sei t_I . Der entsprechende Werth für R_2 sei t_{II} . Die Division dieser Werthe durch 2 ist überflüssig mit Rücksicht auf die zur Berechnung des mittleren Reizes R_m dienende Formel. Führt man an Stelle der Zulagen D die benutzten Reize R selbst in die Formeln ein, so ergeben sich an Stelle der auf den Seiten 592, 593, 614 und 615 ²⁾ genannten Formeln die folgenden

$$R_m = \frac{At_{II}R_1 - t_I R_2}{At_{II} - t_I}, \dots \dots \dots \text{(I)}$$

$$A = \sqrt{\frac{R_u^2 + R_o^2 + R_2^2}{R_u^2 + R_o^2 + R_1^2}}, \dots \dots \dots \text{(II)}$$

1) Phil. Stud. VII, S. 558.

2) Phil. Stud. VII.

$$S_x = \frac{t_2 - t_1}{t_2 + t_1} (R_x - R_m), \dots \dots \dots \text{(III)}$$

$$S_u = \frac{2 R_m S_x}{R_m + R_x + S_x}, \quad S_o = \frac{2 R_m S_x}{R_m + R_x - S_x}, \dots \dots \text{(IV)}$$

$$V_u = \frac{S_u}{R_m - S_u}, \quad V_o = \frac{S_o}{R_m}, \dots \dots \dots \text{(V)}$$

$$m_{II} = \frac{t_{II}}{2(R_2 - R_m)}, \dots \dots \dots \text{(VI)}$$

$$c = m_{II} \sqrt{R_u^2 + R_o^2 + R_2^2}, \dots \dots \dots \text{(VII)}$$

$$\frac{F_m}{R_m} = \frac{0,4769}{c}, \quad F_m = R_m \cdot \frac{0,4769}{c}. \dots \dots \text{(VIII)}$$

In diesen Formeln bedeutet S_x die Theilungsschwelle, S_o und S_u die obere und untere Unterschiedsschwelle für den mittleren Reiz, d. h. das Gebiet, für welches ein Reiz R_m als Mittelreiz zwischen R_u und R_o geschätzt wird. V_o und V_u müssen sich bei Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes als constant erweisen. m_{II} ist das Präcisionsmaß für die Reize R_u , R_o und R_2 , und F_m der bei der Beurtheilung von R_m begangene wahrscheinliche Fehler. Für die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes ist ferner die Constanz der Ausdrücke c und $\frac{F_m}{R_m}$ maßgebend. Der Werth S_x lässt sich für die Reize $R_u R_1 R_o$ und $R_u R_2 R_o$ besonders berechnen ($x = 1, 2$), ich habe für den ersten Werth S_u und für den zweiten S_o ermittelt, da die Verhältnisse V_u und V_o in jedem der beiden Fälle übereinstimmen.

Die benutzten sehr genauen Stahlkugeln fielen auf harte Buchenbretter von 28 cm Länge, 18 cm Breite, 4 cm Höhe. Jedes Brett ruhte auf drei starken senkrecht in dem überaus standhaften niedrigen Experimentirtisch, der an die Dielen festgeschraubt war, befindlichen Schrauben, die oben in feine Spitzen endeten. Unterhalb der Spitzen waren die Schrauben wesentlich stärker. Die Bretter wurden soweit hineingeschlagen, bis sie auf den stärkeren Theilen der Schrauben ruhten. Während bei der früheren Einrichtung, bei welcher die quadratischen Platten auf möglichst elastischen Polstern ruhten, die Schalle einen bestimmten Ton hatten,

der mit Zunahme der Fallhöhe höher, mit Zunahme des Gewichtes tiefer wurde, ergaben sich jetzt viel besser übereinstimmende ganz kurz andauernde Schalle, die nur noch eine geringe Abweichung von der proportionalen Zunahme der Schallstärke bei Aenderung des Gewichtes erkennen ließen. Da für jede Versuchsreihe dieselben Gewichte benutzt wurden und nur die Höhen (bis 110 cm) verändert wurden, sind diese Aenderungen belanglos. Die äußeren Platten gaben genau dieselben Schalle, die mittlere schien in vereinzelt Fällen eine geringe Aenderung der Klangfarbe aufzuweisen. Deshalb wurde der mittlere, untere und obere Schall 16 bis 17 Mal auf jeder Platte erzeugt. Die Aenderung der Stellung der Fallzangen bedingte demnach nach je 16 bis 17 Versuchen eine kleine Pause. Auffällige Unterschiede stellten sich nicht heraus. Bezeichnen A , B , C die Platten, R_u , R_m , R_o die Schalle, so lag also den Versuchen folgendes Schema zu Grunde:

A	B	C
R_u	R_m	R_o
R_m	R_o	R_u
R_o	R_u	R_m .

Die zur Bestimmung eines Mittels erforderlichen 100 Versuche bei einer Zeitlage konnten bequem in einer Stunde ausgeführt werden, ohne dass Ermüdung eintrat. Am nächsten Tage wurden die Versuche für die zweite Zeitlage ausgeführt. Die Urtheile wurden nicht aufgeschrieben, sondern dadurch bestimmt, dass Zählmarken in Kästen geworfen wurden, die die Aufschriften »Oben«, »Mitten«, »Unten« und »Zweifelhaft« trugen. Die letzteren Fälle kamen anfangs nur vereinzelt, später überhaupt nicht mehr vor. Um die erhaltenen Ergebnisse leicht vergleichen zu können, geben wir für die Reize R die Fallhöhen an, die Intensitäten würden durch Multiplication mittels des Factors $P = cp^1$) näherungsweise erhalten werden können, und zwar gilt der für R_m mitgetheilte Werth gleichzeitig für R_u und R_o . Die für die ganzen Tabellen geltenden Bezeichnungen stellen wir an den Kopf derselben. Von den Werthen der Spalten o und m beziehen sich die oberen Werthe

1) Phil. Stud. V, S. 510, Tabelle VIII.

auf R_1 die unteren auf R_2 . Alles andere bedarf keiner weiteren Erklärung.

Tabelle I.

$$R_u = 10, \quad R_o = 50, \quad R_1 = 25, \quad R_2 = 35, \quad A = 1,09.$$

o	m	P	R_m	S_1	S_u	S_2	S_o	V_u	V_o	m_{II}	c	$\frac{F_m}{R_m}$	F_m
10 34	52 56	0,19	30,08	8,28	7,86	9,59	10,4	0,354	0,346	0,062	3,85	0,124	3,73
13 40	55 53	0,48	28,31	8,01	7,40	9,43	9,91	0,354	0,350	0,065	3,99	0,120	3,39
13 33	45 49	0,94	31,41	9,23	8,84	10,23	11,44	0,392	0,364	0,047	2,89	0,165	5,19
14 47	45 41	2,50	29,16	6,36	6,15	6,66	6,64	0,267	0,228	0,066	4,05	0,118	3,44
18 33	43 54	4,86	29,60	8,69	8,13	12,31	13,93	0,378	0,471	0,045	2,79	0,171	5,07
10 47	49 45	9,25	29,21	6,02	5,84	6,43	6,50	0,250	0,223	0,081	5,01	0,095	2,79

Tabelle II.

$$R_u = 10, \quad R_o = 100, \quad R_1 = 45, \quad R_2 = 65, \quad A = 1,087.$$

o	m	P	R_m	S_1	S_u	S_2	S_o	V_u	V_o	m_{II}	c	$\frac{F_m}{R_m}$	F_m
12 38	57 55	0,19	51,96	17,12	15,60	19,82	21,2	0,428	0,408	0,032	3,79	0,126	6,54
13 40	57 54	0,48	50,97	16,36	14,85	19,50	20,6	0,411	0,405	0,033	3,93	0,122	6,21
12 39	53 52	0,94	53,13	16,08	14,96	18,06	19,2	0,392	0,361	0,032	3,78	0,126	6,70
17 47	50 47	2,50	49,85	13,14	12,13	16,66	16,9	0,321	0,340	0,034	4,13	0,116	5,75
19 53	49 43	4,86	48,43	11,25	10,66	15,21	13,56	0,280	0,282	0,039	4,67	0,102	4,94
20 58	51 38	9,25	47,39	11,57	10,54	13,91	13,40	0,286	0,282	0,039	4,69	0,102	4,83

Mit Rücksicht auf den Umstand, dass diesen Versuchen keinerlei Vorversuche vorausgegangen sind, können ihre Ergebnisse als durch-

aus befriedigend bezeichnet werden. Die Lösung der Frage, wie die Empfindung vom Reize abhängt, behandeln wir später im Zusammenhange. Hier handelt es sich nur um die Größen, welche das Weber'sche Gesetz charakterisiren und für oder gegen die Anwendbarkeit der Methode sprechen. Die Verhältnisse V bewegen sich zwar innerhalb der Grenzen 0,223 bis 0,471, aber völlig unregelmäßig. Sie sprechen, da hier größere Schwankungen als bei den gewöhnlichen Schwellenbestimmungen naturgemäß zu erwarten sind, entschieden für die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes. Die Mittel von V_u sind: 0,332 und 0,353, die Mittel von V_o : 0,330 und 0,346, das Gesamtmittel 0,340. Dieser Werth stimmt übrigens sehr gut mit dem Schwellenwerth überein, den ich bei der Methode der Minimaländerungen erhalten habe. Ebenso sprechen für die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes und zugleich für die Brauchbarkeit der Methode die Größen $\frac{F_m}{R_m}$, welche zwischen 0,095 und 0,171 sich bewegen. Diese Größen sind indess nicht allein davon abhängig, welche Fehler wir bei der Beurtheilung der Reize begehen, sondern auch von den objectiven Fehlern, welche bei Herstellung der Reize begangen werden. Da diese Fehler vermuthlich proportional mit der Höhe wachsen, ordnen sie sich ebenfalls dem Weber'schen Gesetz unter. Die Mittelwerthe sind 0,132 und 0,116. In wie weit in der Größe F_m äußere, von der Versuchstechnik abhängende, bezw. innere, von der Beurtheilung herführende Fehler theilhaftig sind, ist schwer zu entscheiden, es wäre sehr wohl denkbar, dass die ersteren das Uebergewicht hätten.

Ich hatte diese Versuche¹⁾ eben beendet, als die Arbeit von Angell erschien. Ich ließ nun mit mir Versuche ausführen, welche, soweit es möglich war, den Versuchen von Angell entsprachen. Angell hat bei vielen Höhen Versuche ausgeführt, zur Berechnung des mittleren Reizes aber nur zwei benutzt. In Folge der geringen Zahl von Versuchen für jede einzelne Höhe und jedenfalls auch in Folge des Umstandes, dass sich diese Versuche für jedes Paar der Grenzreize auf mindestens 3 Tage erstrecken, tritt das Gauß'sche Integral in seinen Zeichnungen nicht klar

1) Phil. Stud. VII, S. 570.

hervor, doch entsprechen sie mehr der Gauß'schen Curve als der geraden Linie. Da ich 50 Versuche für jede Höhe für erforderlich hielt und in einer Stunde nicht wesentlich mehr als 100 Versuche ausführen konnte, musste ich mich auf 2 Höhen beschränken. Ich zeigte meinem Gehülfen in den Tabellen VII von Angell¹⁾ die Höhen, für welche Angell selbst eine größere Zahl von Versuchen ausgeführt hatte, ließ ihn zwei einigermaßen entfernt von einander liegende wählen und bei jeder 50 Versuche ausführen, 25 bei der einen und ebensoviel bei der andern Zeitfolge. Mir selbst waren die gewählten Höhen und die Zeitfolge unbekannt. Am nächsten Tage wurden dieselben Versuche durchgeführt, um auf die Zahl 100 für R_1 und R_2 zu kommen. Für die beiden mittleren Reize wurden die früheren drehbaren Fallzangen angewendet, sodass die Höhen fest eingestellt werden konnten. Nachdem diese Versuche, die wegen der Einübung des Gehülfen einige Vorversuche erheischten, beendet waren, führte ich selbst noch 2 Reihen aus, welche zu fast völlig übereinstimmenden Ergebnissen führten.

Der Werth P war 9,25, die benutzten Höhen und der Werth A sind in folgender Tabelle enthalten. In vereinzelt Fällen war vom Gehülfen eine Höhe gewählt worden, bei der nur die Urtheile o und m oder u und m vorkamen. Die betreffenden Reihen waren zur Berechnung untauglich und wurden durch völlig neue ersetzt. Die Zwischenzeit zwischen 2 aufeinander folgenden Schallen betrug annähernd $1\frac{1}{2}$ Secunde. Bei den früheren Versuchen (Tab. I und II) betrug sie mindestens 2 Secunden und bei meinen Versuchen bei Anwendung der Methode der Minimaländerungen zur Bestimmung der mittleren Abstufung²⁾ mochte sie aus später zu erörternden Gründen noch etwas höher gewesen sein.

1) Phil. Stud. VII, S. 457—459.

2) Phil. Stud. V, S. 518.

Tabelle III.

R_u	R_o	R_1	R_2	A
10	40	18	27	1,094
20	60	34,5	44	1,069
15	60	30	41	1,079
20	80	40	55	1,081
20	100	49	66	1,091

Die nächste Tabelle enthält die von mir erhaltenen Werthe.

Tabelle IV.

o	m	R_m	S_1	S_u	S_2	S_o	V_u	V_o	m_{II}	c	$\frac{F_m}{R_m}$	F_m
2 34	64 50	24,49	9,73	9,12	6,07	6,54	0,593	0,272	0,082	4,03	0,119	2,90
10 36	56 52	39,24	9,24	8,73	8,95	11,90	0,286	0,303	0,061	4,66	0,103	4,02
4 35	48 57	36,68	6,97	6,93	7,59	7,94	0,233	0,217	0,084	6,19	0,077	2,82
10 42	54 49	46,43	11,43	10,84	11,61	11,99	0,305	0,258	0,047	4,66	0,103	4,76
22 46	40 53	52,16	12,87	11,75	19,57	20,70	0,291	0,397	0,031	3,79	0,126	6,56

Die Werthe V bewegen sich unregelmäßig innerhalb der Grenzen 0,217 und 0,593, die Verhältnisse $\frac{F_m}{R_m}$ innerhalb der Grenzen 0,077 bis 0,126. Die Mittelwerthe sind: $V_u = 0,342$, $V_o = 0,289$, Mittel 0,315 und $\frac{F_m}{R_m} = 0,106$. Diese Ergebnisse stimmen völlig mit den früheren überein. Die etwas geringeren Mittelwerthe für V und $\frac{F_m}{R_m}$ erklären sich aus der fortschreitenden Übung. Möglicherweise ist auch die Aufmerksamkeit etwas stärker angespannt gewesen, doch bin ich mir nicht bewusst, dass mich diese Versuche in Folge des völlig unwissentlichen Verfahrens irgend mehr angestrengt hätten. Das war einfach deshalb nicht der Fall, weil ich mir bei der Abgabe der Urtheile o , u und m keinerlei

Zwang auferlegte. Die Versuche bestätigen sowohl das Weber'sche Gesetz als auch die Brauchbarkeit der Methode. Die auf Grund derselben Formeln aus den von Angell für dieselben Höhen gefundenen Zahlen berechneten Werthe finden sich in folgender Tabelle. Der zweite Werth der Spalte R_m ist der von Angell bestimmte.

Tabelle V.

o	m	R_m	S_1	S_u	S_2	S_o	V_u	V_o	m_{II}	c	$\frac{F_m}{R_m}$	F_m
15 79	28,5 9	21,21 19,62	2,34	2,39	0,637	0,568	0,127	0,027	0,121	5,96	0,080	1,70
35 92	25 4	34,86 35,00	2,09	2,05	1,00	0,897	0,062	0,026	0,122	9,38	0,050	1,76
41 72	41 26	26,5 28,6	5,81	4,93	8,07	7,19	0,229	0,272	0,064	4,76	0,100	2,65
21 89	39 8	42,13 41,61	4,07	3,98	2,72	2,42	0,105	0,058	0,085	8,43	0,057	2,38
42 94	42 4	44,70 43,77	6,49	5,73	2,94	2,44	0,147	0,055	0,060	7,29	0,065	2,92

Die Zahlen weichen wesentlich von den meinigen ab. Auf die Verschiedenheit von R_m komme ich später zurück. Die Werthe V liegen zwischen 0,026 und 0,272, die Werthe $\frac{F_m}{R_m}$ zwischen 0,050 und 0,100, die Mittelwerthe sind: $V_u = 0,134$, $V_o = 0,088$, Mittel 0,111 und $\frac{F_m}{R_m} = 0,070$. Ich vermag mir die Abweichungen der Schwellenwerthe nur zu erklären durch stärker angespannte und weniger constant erhaltene Aufmerksamkeit oder dadurch, dass andere Ursachen als die Schallstärke allein bei Abgabe der Urtheile maßgebend waren. Die Werthe $\frac{F_m}{R_m}$ verhalten sich indess ähnlich wie die von mir gefundenen, ihr geringerer Betrag kann durch die größere Anspannung der Aufmerksamkeit sehr wohl erklärt werden. Die größeren Variationen erklären sich natürlich aus dem Umstande, dass den Angell'schen Werthen eine geringere Versuchszahl zu Grunde liegt.

Diese Ergebnisse dürften kaum einen irgendwie entscheidenden Grund zu Gunsten des völlig unwissentlichen Verfahrens in die

Wagschale werfen. Hätte ich mich bei meinem Verfahren irgendwie durch die Kenntniss der Höhen beeinflussen lassen, so hätte ich unbedingt weniger *m*-Urtheile erhalten müssen, denn die benutzten mittleren Reize waren weder dem arithmetischen noch dem geometrischen Mittel gleich. Die Versuche zeigen genau das Gegentheil. Uebrigens kann von einem Unterschiede zwischen wissentlichem und unwissentlichem Verfahren im eigentlichen Sinne dieser Worte nicht die Rede sein, denn der mittlere Reiz ist ja nicht bekannt, er soll erst experimentell festgestellt werden. Variirt man nun den mittleren Reiz in noch größerem Maßstabe wie ich, d. h. benutzt man nicht nur bei unregelmäßigem Wechsel zwei Fallhöhen und zwei Zeitfolgen, sondern, wie es Angell gethan hat, eine größere Zahl von Fallhöhen, so kann der wahre Erfolg nur der sein, die Gewinnung eines sicheren Urtheils zu erschweren. Lasse ich aber in völlig unveränderter Weise 3 Schalle 50 mal hinter einander einwirken, so werde ich bei den ersten Urtheilen noch verhältnissmäßig die größten Irrthümer begehen, dann aber zu einer immer sichereren Beurtheilung gelangen. Die Versuche verhalten sich dann ebenso wie irgend welche physikalische Versuche. Mit dem Wachsthum der Beobachtungsreihen wird vermuthlich der wahrscheinliche Fehler in Folge der Uebung abnehmen und mehr oder weniger die Grenze erreichen, welche durch die zufälligen Fehler bedingt ist, die äußeren Ursachen ihre Entstehung verdanken. Wird hingegen der mittlere Reiz fortwährend verändert, so ist eine sichere Beurtheilung erschwert, die abgegebenen Urtheile stehen etwa mit denjenigen auf einer Stufe, die beim vorhin genannten Verfahren zuerst gefällt werden. Weiterhin stehen die dargebotenen Reize unter verschiedenen Bedingungen; zwei sind während der ganzen Versuche hindurch abgesehen von der Zeitfolge constant, der mittlere ist variabel. Der bei Beurtheilung des mittleren Reizes begangene Beobachtungsfehler wird auch relativ ein anderer sein, als der Beobachtungsfehler, der bei Beurtheilung der constanten Reize begangen wird, oder es wird die Versuchung entstehen, auf den mittleren Reiz in besonderer Weise die Aufmerksamkeit zu lenken. Sonach bietet das Verfahren Angell's mancherlei Nachteile. Dazu kommt, dass Angell zu demselben geführt worden ist,

indem er den Einfluss der Schwelle nicht beachtet hat, der durch die Ergebnisse meiner Versuche außer Zweifel gestellt ist, der aber auch aus den Versuchen Angell's unzweideutig hervorgeht. Zudem ist Angell bei seiner Versuchsänderung stehen geblieben, nachdem er erst den dritten Theil des Weges durchmessen hat. Wie kommt er dazu, muss man sich fragen, nur den mittleren Reiz unregelmäßig zu ändern und nicht auch die beiden Grenzreize?

Führt man dies durch, so hat man es dann bei einer Reihe von 100 Versuchen für jede Reizgruppe nur mit vereinzelt Versuchen zu thun, auf die selbstverständlich die Methode der kleinsten Quadrate gar nicht anwendbar sein kann. Bei dieser Methode müssen zahlreiche Versuche derselben Art vorliegen. Nun erhebt zwar Angell gar keinen Anspruch auf diese Methode, er hat die aus ihr sich ergebenden Formeln gar nicht angewandt, hat weder Schwellenwerth noch mittleren Fehler berechnet, sondern lediglich auf Grund der von Wundt vorgeschlagenen Formel, der die analytische Gleichung der geraden Linie zu Grunde liegt, den mittleren Reiz berechnet. Befremdend erscheint die graphische Darstellung, welche Angell gibt. Warum zeichnet er nicht die Höhen als Abscissen, die Zahl der Fälle (o) als Ordinaten? Dann würde er sofort die Abweichung von der geraden Linie erkannt haben. Warum benutzt er bei der Mittelbestimmung kaum den dritten Theil seiner jeweiligen Versuche? Legt man alle seine Versuche zu Grunde, so ergibt sich unter Benutzung der Wundt'schen Formel ein Werth, welcher dem arithmetischen Mittel wesentlich näher liegt; aber auch bei Anwendung der von mir abgeleiteten Formeln, welchen die Gauß'sche Curve zu Grunde liegt, liefert die Benutzung aller von Angell gefundenen Werthe einen größeren Werth für R_m , als ihn Angell bestimmt hat.

Damit glaube ich die Benutzung dreier unveränderlicher Reize gerechtfertigt zu haben, jedenfalls ist dies eine psychologische Aufgabe für sich, die ebensoviel und vielleicht mehr Berechtigung als die Aufgabe hat, bei welcher der Beurtheilung zwei constante und ein variabler Reiz dargeboten werden. Dass die genannten Nachtheile z. Th. die Methode der Minimaländerungen treffen, ist zweifellos, aber ich habe dieser Methode auch nirgends den Vorzug zugesprochen. Mit diesen Ausführungen will ich nicht die Versuche

nach der Methode Angell's oder Versuche nach der von mir genannten Methode, bei welcher 3 variable Reize der Beurtheilung dargeboten werden, schlechthin verwerfen, ich will nur betont haben, dass man mit diesen Aenderungen Bedingungen einführt, die die Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate in Frage stellen können.

Abgesehen davon, dass mein Verfahren ein wissentliches nicht genannt werden kann, würde auch ein wirklich wissentliches Verfahren wesentliche Nachtheile nicht darbieten, wenn man dem unmittelbaren Urtheile nach der Empfindung keinerlei Hemmschuhe anlegt, wenn man alle Gattungen von Urtheilen unbeschränkt zulässt (m , o , u bei der Methode der mittleren Abstufungen, r , f , g bei der Methode der richtigen und falschen Fälle). Noch einen wesentlichen Vortheil bietet mein Verfahren, indem es die Selbstbeobachtung in hohem Grade ermöglicht. Beurtheilt man 50mal und öfter hinter einander dieselben Reize, so gewinnt man besser als bei irgend einer andern Methode einen Einblick in die bei der Beurtheilung maßgebenden Momente. So führten mich diese Versuche auf die Vermuthung, dass die Einflüsse der Zeitfolge wahrscheinlich nicht derartig seien, dass sie durch den Wechsel von R_u R_m R_o zu R_o R_m R_u aufgehoben würden. Um dies zu untersuchen, mussten die Ergebnisse für jede Zeitfolge allein berechnet werden. Da die Versuche in den meisten Fällen zu Fehlschlägen führten, wurden neue Versuche ausgeführt und für jede Zeitfolge zwei andere Höhen gewählt. Sehr bald bemerkte ich, dass diese Versuche größere Aufmerksamkeit erheischten, da die Werthe R_1 und R_2 nicht mehr so verschieden gewählt werden durften, wenn sich nicht Fehlschläge ergeben sollten. Dadurch erlitt die Zahl der m -Urtheile eine Verminderung. Die Versuche sollten zugleich den Einfluss der Fallhöhe untersuchen. Deshalb wurde dasselbe Gewicht 10,62 g ($P = 4,86$) beibehalten, aber verschiedene Höhen und Höhenverhältnisse angewandt. Während die Werthe A bei den früheren Versuchen zwischen 1,069 und 1,094 schwankten, bewegen sie sich für die folgenden Versuche zwischen 1,029 und 1,074. Es empfiehlt sich bei diesen Versuchen, bei denen die Aufmerksamkeit als eine völlig normale nicht mehr bezeichnet werden kann, dass die zur Berechnung eines Werthes erforderlichen Versuche in einer Versuchsstunde durchgeführt werden, da an verschiedenen Tagen

abgesehen von der Disposition auch der Spannungsgrad der Aufmerksamkeit ein wechselnder sein kann. Auf keinen Fall ist es rathsam, wie es in einigen neueren Arbeiten geschehen ist, die Versuchszahlen zusammenzuwerfen, welche sich auf Wochen hinaus erstrecken.

In der folgenden der Tabelle III entsprechenden Tabelle beziehen sich die ersten Werthe R_1 R_2 auf die Zeitlage R_u R_m R_o , die andere auf die Zeitlage R_o R_m R_u . Für o und m gebe ich das Doppelte der erhaltenen Zahlen an, um die Fechner'sche Tabelle unmittelbar benutzen zu können. Die Zwischenzeit zwischen zwei Reizen betrug bei allen folgenden Versuchen nur etwas über eine Sekunde.

Tabelle VI.

R_u	R_o	R_1	R_2	R_1	R_2
10	30	18	22	17	22
10	50	28	33	24	32
10	100	45	55	38	46
20	60	37	43	34	42
20	100	55	65	45	55
30	90	55	65	49	56

Die Werthe für die erste Zeitfolge (R_u R_m R_o) sind:

Tabelle VII.

o	m	R_m	S_1	S_u	S_2	S_o	V_u	V_o	m_{II}	c	$\frac{F_m}{R_m}$	F_m
6 42	52 50	20,06	2,67	2,63	2,59	2,63	0,151	0,131	0,219	8,45	0,057	1,13
12 40	50 52	30,10	3,58	3,49	4,18	4,27	0,131	0,142	0,106	6,44	0,074	2,23
22 40	48 44	47,43	12,72	11,48	12,74	13,42	0,320	0,283	0,035	3,96	0,121	5,71
22 28	40 54	40,44	7,94	7,45	11,53	12,83	0,226	0,321	0,042	3,52	0,136	5,43
20 32	38 44	62,20	11,74	11,32	13,78	14,43	0,222	0,232	0,030	3,64	0,131	8,17
18 28	46 50	62,37	16,29	15,21	18,80	21,60	0,323	0,346	0,025	2,93	0,163	10,2

Die Werthe für die zweite Zeitfolge sind:

Tabelle VIII.

<i>o</i>	<i>m</i>	R_m	S_1	S_u	S_2	S_o	V_u	V_o	m_{II}	<i>c</i>	$\frac{F_m}{R_m}$	F_m
12 32	50 60	19,3	3,91	3,75	5,4	5,79	0,241	0,301	0,123	4,73	0,101	1,95
12 58	44 38	27,0	3,90	3,83	6,35	6,52	0,165	0,242	0,109	6,59	0,072	1,96
19 53	46 44	39,57	4,03	3,91	5,93	5,89	0,101	0,149	0,107	11,82	0,040	1,60
12 48	56 48	36,3	5,40	5,18	6,04	6,07	0,166	0,167	0,170	8,00	0,060	2,17
20 48	40 44	47,9	5,40	5,25	7,36	7,38	0,123	0,154	0,067	7,82	0,061	2,92
16 44	60 50	50,5	8,89	8,24	6,68	6,76	0,195	0,134	0,090	9,93	0,048	2,43

Bei den folgenden Versuchen wurden, soweit es möglich war, neben Höhenänderungen auch Gewichtsänderungen vorgenommen, doch wurden bei einer und derselben Gruppe immer gleiche Gewichte verwandt. Die Höhen gibt die folgende Tabelle, die an zweiter Stelle mitgetheilten Werthe von R_1 und R_2 beziehen sich auf die zweite Zeitfolge.

Tabelle IX.

R_u	R_o	R_1	R_2	R_1	R_2
30	90	55	65	49	56
20	100	55	65	45	55
10	110	55 (50)	65	40	50 (55)

In der folgenden Tabelle sind die zugehörigen Gewichte und die Werthe P angegeben. Die Spalte IX gibt die Nummer der Reihe in der betreffenden Tabelle an, für welche die genannten Gewichte benutzt wurden. Die in Tabelle IX eingeklammerten Höhenzahlen wurden bei dem Gewicht 10,62 g benutzt.

Tabelle X.

<i>p</i>	1,06	2,03	5,3	10,62	40,25	164
<i>P</i>	0,48	0,94	2,50	4,86	16,7	55,1
IX	3	1 bis 3	3	1 bis 3	1 u. 2	1 u. 2

Die Werthe der beiden folgenden Tabellen, von denen sich die erste auf die Zeitlage $R_u R_m R_o$, die zweite auf die Zeitlage $R_o R_m R_u$ bezieht, gelten zunächst für das erste Höhenpaar und sämtliche dabei benutzten Gewichte, sodann für das zweite Höhenpaar und die bei ihm angewandten Gewichte u. s. w. Die Werthe A bewegten sich zwischen 1,030 und 1,072.

Tabelle XI.

<i>o</i>	<i>m</i>	R_m	S_1	S_u	S_2	S_o	V_u	V_o	m_{II}	<i>c</i>	$\frac{F_m}{R_m}$	F_m
16 32	40 46	62,4	10,0	9,84	10,6	11,4	0,187	0,182	0,041	4,73	0,101	6,3
16 32	44 52	60,5	9,25	9,00	12,5	13,4	0,175	0,221	0,041	4,76	0,100	6,07
16 38	46 50	59,3	8,09	7,84	9,68	9,99	0,152	0,168	0,054	6,19	0,077	4,57
18 34	48 48	59,7	12,0	11,34	14,0	15,1	0,234	0,254	0,033	3,85	0,124	7,41
10 28	50 60	61,2	9,23	9,02	11,3	12,0	0,173	0,196	0,055	6,64	0,072	4,41
10 34	50 54	60,7	8,49	8,03	8,93	9,29	0,158	0,153	0,048	5,87	0,081	4,93
6 40	50 54	60,0	6,07	6,15	6,93	7,05	0,114	0,117	0,092	11,1	0,043	2,58
4 46	46 50	60,1	5,10	5,11	5,50	5,52	0,093	0,092	0,119	14,4	0,033	1,99
16 32	36 52	61,2	6,84	6,81	10,6	11,2	0,128	0,183	0,049	6,28	0,076	4,66
14 32	45 54	60,8	8,89	8,67	10,6	11,2	0,166	0,184	0,051	6,59	0,072	4,41
12 34	52 56	59,8	9,02	8,71	10,1	10,6	0,171	0,177	0,059	7,57	0,063	3,78
10 48	36 54	57,9	10,9	10,6	12,6	13,3	0,234	0,229	0,046	5,89	0,081	4,70

Tabelle XII.

<i>o</i>	<i>m</i>	R_m	S_1	S_u	S_2	S_o	V_u	V_o	m_{II}	<i>c</i>	$\frac{F_m}{R_m}$	F_m
10 34	56 58	52,2	6,24	6,08	6,97	7,21	0,132	0,138	0,092	10,2	0,047	2,45
10 38	50 54	52,0	5,85	5,70	6,22	6,35	0,123	0,122	0,097	10,7	0,045	2,32
16 38	54 52	51,2	7,11	6,78	7,80	8,04	0,153	0,157	0,072	7,93	0,060	3,08
14 42	64 46	50,7	10,2	9,42	7,50	7,66	0,228	0,151	0,065	7,16	0,067	3,38
4 34	58 52	51,6	9,25	5,92	7,61	7,93	0,129	0,154	0,069	8,05	0,059	3,06
14 50	48 46	48,0	5,36	5,22	7,00	7,00	0,122	0,146	0,088	10,3	0,047	2,23
18 42	52 52	47,1	7,74	7,31	10,3	10,5	0,184	0,224	0,096	11,1	0,043	2,03
24 44	44 50	46,5	7,41	6,97	10,3	10,5	0,176	0,226	0,058	6,76	0,071	3,28
22 60	54 36	40,3	6,70	6,21	7,26	7,05	0,182	0,175	0,073	8,85	0,054	2,17
18 44	52 50	41,9	7,01	6,61	8,1	8,1	0,187	0,193	0,068	8,24	0,058	2,43
16 48	52 44	43,0	8,34	7,85	8,67	8,83	0,223	0,206	0,063	7,67	0,062	2,67
14 48	50 44	45,1	10,2	9,64	10,6	10,7	0,272	0,238	0,048	5,96	0,080	3,61

Die Mittelwerthe sind für V_u : 0,165 und 0,176, für V_o : 0,180 und 0,177, das Gesamtmittel 0,173, für $\frac{F_m}{R_m}$: 0,077 und 0,058, das Gesamtmittel 0,067. Die Werthe V bewegen sich ganz unregelmäßig innerhalb der Grenzen 0,092 und 0,272 und sprechen in Folge dessen wiederum für die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes. Auffallender Weise sind diese Werthe durchgängig wesentlich geringer als bei den früheren Versuchen, dagegen größer, als bei den Versuchen Angell's. Die Werthe $\frac{F_m}{R_m}$ bewegen sich innerhalb der Grenzen 0,033 und 0,124 und sind ebenfalls geringer als die entsprechenden Werthe bei den früheren Versuchen, dagegen

nahezu von gleicher Größe wie bei den Versuchen Angell's. Die Erklärung liegt zweifellos darin, dass diese Versuche größere Aufmerksamkeit erheischten, um Fehlschläge zu vermeiden. Dieser Umstand war zudem mit einem Nachtheil verbunden. Ich gewann bei diesen Versuchen nicht dieselbe sichere Ueberzeugung von der Richtigkeit der Resultate. Während die früheren Versuche sich mit großer Leichtigkeit ausführen ließen, während die Ergebnisse zweier Versuchstage nahezu übereinstimmten, waren die vorliegenden Versuche anstrengender, und die Ergebnisse zweier Versuchstage zeigten größere Abweichungen. Während bei den beiden ersten Tabellen das Verhältniss der am meisten abweichenden Werthe von $V_{2,1}$ ist, ist es hier 3, während früher das Verhältniss der am meisten abweichenden Werthe von $\frac{F_m}{R_m}$ gleich 1,8 war, ist es jetzt 3,8.

Die Werthe der Tabelle VII und VIII bilden gewissermaßen den Uebergang von den früheren Versuchen zu den letzteren. Die Mittelwerthe $V_u = 0,197$, $V_o = 0,218$, $\frac{F_m}{R_m} = 0,089$ stehen den Werthen der letzten Tabellen wesentlich näher, dagegen erstrecken sich die Variationen über ein größeres Gebiet, ja einzelne Werthe übertreffen die Größe der früheren Mittelwerthe. V_u bewegt sich zwischen 0,101 und 0,346 und $\frac{F_m}{R_m}$ zwischen 0,040 und 0,163.

Den Unterschied der Zeitfolge lassen die Versuche der beiden letzten Tabellen recht deutlich erkennen. Das arithmetische Mittel der Grenzreize ist hier überall 60. Die Werthe der Zeitfolge R_u , R_m , R_o liegen durchgängig in der Nähe dieses Mittels, während die Werthe der Zeitfolge R_o , R_m , R_u mehr von einander abweichen und sämtlich wesentlich kleiner sind als das arithmetische Mittel. Das Gesamtmittel der Werthe R_m ist im ersten Falle 60,3, im zweiten 47,5. — Diese Ergebnisse forderten einerseits eine nähere Untersuchung des Einflusses der Zeitfolge geradezu heraus, sie ließen es andererseits als wünschenswerth erscheinen, eine Methode zu besitzen, welche gestattet, für jede Zeitfolge getrennt den Werth R_m zu bestimmen und die Versuche bei normaler Aufmerksamkeit durchzuführen. Während der Versuche der vier letzten Tabellen hatte ich die Ueberzeugung gewonnen, als ob bei der Zeitfolge R_u , R_m , R_o die Reize ihre wahre Größe besäßen, während die Zeitfolge R_o

R_m R_u Verschiebungen zu bedingen schien. Alfred Lehmann¹⁾ sagt in seiner Arbeit »Kritische und experimentelle Studien über das Wiedererkennen«: »Bei der Vergleichung wird immer die zweite Empfindung mit dem Erinnerungsbilde der ersten verglichen, und weil nun das Erinnerungsbild schwächer sein muss als die im Augenblicke gegebene Empfindung, wird diese als verhältnissmäßig intensiver beurtheilt, d. h. überschätzt. Doch liegt die Annahme nahe, dass die Stärke des Erinnerungsbildes, womit der zuletzt gehörte Schall verglichen wird, nicht gleichmäßig abnehme, sondern periodisch abklinge, so dass sie nach sechs Secunden ihre ursprüngliche Stärke beinahe erreicht habe.« Eine Wiederholung der Versuche Lehmann's führte mich zwar zu ähnlichen Ergebnissen, doch erweckte mir die Erklärung namentlich der letzten Beobachtung Bedenken, und zwar besonders deshalb, weil ich bei meinen Versuchen alle drei Reize einwirken ließ und erst nach einer kurzen Zwischenzeit das Urtheil fällte, also gewissermaßen alle drei Reize als Erinnerungsbilder gegeben waren. Die Reize ließ ich aber besonders aus dem Grunde rasch auf einander folgen, um ihre Stärke noch in lebendiger Erinnerung zu haben.

Um die Frage experimentell näher zu untersuchen, ließ ich die Reize zunächst in Zwischenräumen von sechs Secunden auf einander folgen, allein dadurch wurde die Entscheidung, ob R_m dem Reize R_u oder R_0 näher liege, wesentlich erschwert. Zudem war in einer Versuchsstunde nicht eine genügende Zahl von Versuchen zu erhalten. Vor allem aus diesem letzteren Grunde suchte ich nach einem anderen Verfahren. Nimmt man an, dass von drei auf einander folgenden Reizen der letzte um $\frac{1}{10}$ seiner Größe überschätzt werde, so würden die Reize 30, 60, 90 bei den folgenden sechs Zeitlagen die nachstehenden Werthe erhalten, in denen R_m den Mittelwerth der Grenzreize darstellt.

I.	30.	60.	99.	$R_m = 64,5.$
II.	90.	60.	33.	$R_m = 61,5.$
III.	60.	30.	99.	$R_m = 64,5.$
IV.	60.	90.	33.	$R_m = 61,5.$
V.	30.	90.	66.	$R_m = 60.$
VI.	90.	30.	66.	$R_m = 60.$

1) Phil. Stud. VII, S. 205 u. 207.

Der mittlere Reiz müsste hiernach im ersten und dritten Falle um 4,5 zu groß, im zweiten und vierten Falle um 1,5 zu groß und in den beiden letzten Fällen um 6 zu klein gefunden werden. Das Mittel aus allen Zeitfolgen würde dagegen den richtigen Werth liefern.

Bis jetzt sind meines Wissens nur die beiden ersten Zeitfolgen berücksichtigt worden. Insofern meine Versuche bei der Zeitlage I z. Th. einen größeren Werth als das arithmetische Mittel lieferten und mit Rücksicht darauf, dass der zu erwartende Werth von R_m auch kleiner als das arithmetische Mittel sein könnte, sprechen die bisherigen Ergebnisse nicht gegen die obige Annahme. Um jedoch den großen Unterschied der Werthe der I. und II. Zeitfolge zu erklären, müsste man annehmen, dass der letzte Schall ganz bedeutend mehr überschätzt werde. Jedenfalls schien es nothwendig, auch die andern Zeitfolgen zu berücksichtigen. Bemerken will ich noch, dass mir die Annahme näher liegen würde, die beiden ersten Reize würden geschwächt, der dritte in seiner wahren Größe aufgefasst, doch sind die Folgerungen für die vorliegenden Versuche dieselben. In der folgenden Tabelle sind die benutzten Höhen angegeben. Die bei jeder Zeitfolge benutzten Werthe R_1 und R_2 finden sich in den Verticalreihen, welche am Kopfe die fragliche Zeitfolge enthalten. Das Gewicht war 10,62 g ($P = 4,86$). Die Werthe A schwankten zwischen 1,040 und 1,062. Die Versuche mussten mit großer Aufmerksamkeit durchgeführt werden und strengten außerordentlich an. Mit ungeübten Beobachtern würden sie vermuthlich nicht durchführbar sein. Zunächst musste jeder Reiz möglichst sicher aufgefasst und im Gedächtniss behalten werden, und dann galt es zu entscheiden, ob der Anfangs- bez. Endreiz in der Mitte der beiden andern liege oder dem einen derselben näher.

Tabelle XIII.

R_u	R_o	III.		IV.		V.		VI.	
		R_m	$R_u R_o$	$R_m R_o$	R_u	$R_o R_m$	$R_o R_u$	R_m	
30	90	60	70	60	70	50	60	55	65
20	100	60	70	60	70	50	60	55	65
10	110	60	75	50	65	45	60	45	60

In der folgenden Tabelle sind die für R_m gefundenen Werthe für jede Zeitfolge und die drei verschiedenen Höhenpaare (R_u R_o) nach einander angegeben. Die Zeitlagen sind durch die römischen Ziffern gekennzeichnet.

Tabelle XIV.

	o	m	R_m	S_1	S_u	S_2	S_o	V_u	V_o	m_{II}	c	$\frac{F_m}{R_m}$	F_m
III.	10 26	58 56	67,3	15,7	14,8	15,5	17,1	0,281	0,255	0,036	4,19	0,114	7,67
	8 28	52 54	67,8	11,2	10,94	9,91	10,5	0,192	0,155	0,053	6,58	0,073	4,92
	10 32	70 60	64,6	22,2	19,5	20,7	22,5	0,432	0,348	0,032	4,25	0,112	7,26
IV.	10 30	54 58	64,9	11,4	10,84	11,9	12,5	0,200	0,193	0,049	5,77	0,083	5,37
	10 28	56 60	65,9	11,5	11,07	12,2	13,0	0,202	0,197	0,051	6,30	0,076	5,00
	12 32	54 58	57,3	15,3	14,3	16,5	17,9	0,333	0,313	0,037	4,79	0,100	5,71
V.	12 32	56 56	55,7	10,1	9,75	11,2	12,0	0,212	0,215	0,054	6,01	0,079	4,43
	14 38	58 54	53,1	10,3	9,66	10,7	11,1	0,223	0,209	0,056	6,67	0,072	3,80
	8 28	52 66	53,1	11,6	11,28	15,2	16,4	0,270	0,310	0,050	6,24	0,077	4,06
VI.	10 32	58 56	60,3	11,4	10,82	10,9	11,5	0,215	0,191	0,053	6,12	0,078	4,70
	10 26	62 60	61,1	16,3	15,04	15,4	17,0	0,326	0,278	0,038	4,78	0,100	6,11
	10 30	60 56	54,5	22,7	20,25	15,9	17,5	0,591	0,322	0,036	4,48	0,107	4,61

Die Werthe V liegen zwischen 0,155 und 0,591, die Werthe $\frac{F_m}{R_m}$ zwischen 0,072 und 0,114. Die Mittelwerthe sind $V_u = 0,290$, $V_o = 0,249$, $\frac{F_m}{R_m} = 0,089$. Die größeren Schwankungen für V und die höheren Mittelwerthe für V und $\frac{F_m}{R_m}$ erklären sich aus der größeren Schwierigkeit der Versuche. Was nun die untersuchte

Frage anlangt, so stimmen die Werthe der Zeitfolgen I und III, II und IV nicht überein und die Werthe der Zeitfolgen V und VI nur in einem Falle. Bei den Zeitlagen IV und VI weicht der dritte Werth wesentlich von den beiden ersten ab, in geringerem Maßstabe bei den Zeitfolgen III und V. Was die absoluten Werthe anlangt, die indess nicht maßgebend sein können, so stimmen nur die Werthe der Zeitfolge V mit den Zahlen, die aus der zu Grunde gelegten Annahme folgen, überein, alle übrigen weichen mehr oder weniger ab. Die Mittelwerthe für sämtliche Zeitfolgen sind: I. 60,3; II. 47,5; III. 66,6; IV. 62,7; V. 54; VI. 58,6. Das Gesamtmittel ist 58,3. Für die Höhen 30 und 90, sowie 20 und 100, also bei Fortlassung des Höhenpaares 10 und 110 ergeben sich die Mittel: 60,6; 48,8; 67,6; 65,4; 54,4 und 60,7, für welche das Gesamtmittel 59,6 lautet, also nahezu dem arithmetischen Mittel gleich kommt, während der Mittelwerth für die beiden ersten Zeitlagen 54,7 lautet, also wesentlich abweicht.

Ich will die nähere Erörterung der obigen Thatsachen, soweit sie der von Lehmann gegebenen Erklärung widersprechen, auf einen späteren Ort verschieben und mich jetzt der Lösung der zweiten Frage zuwenden, der Frage nach einer Methode, bei welcher bei getrennter Behandlung der Zeitlagen mit normaler Aufmerksamkeit beobachtet werden kann.

(Fortsetzung folgt im nächsten Heft.)
