

## Ueber psychologische Methoden.

Von

**W. Wundt.**

---

Da die Ausbildung der Methoden wissenschaftlicher Untersuchung meistens von zufälligen Anlässen abhängt, so pflegt man sich verhältnismäßig spät erst der Principien bewusst zu werden, auf welche die Methoden gegründet sind. Die experimentelle Psychologie befindet sich zwar insofern in einer Ausnahmslage, als ihr vielfach die Physik und die Physiologie vorgearbeitet haben. Einzelne ihrer Verfahrensweisen sind darum geradezu aus methodischen Erwägungen hervorgegangen: sie stützen sich auf Gesichtspunkte, zu denen man in jenen anderen Forschungsgebieten geführt wurde, und die sich dort hinreichend bewährt haben, um ihnen auch in einem neuen Anwendungsbereich zu vertrauen. Gleichwohl pflegt das neue Object veränderte Bedingungen mit sich zu führen, welche die logischen Grundlagen der Methoden nicht immer unangetastet lassen. In noch anderen Fällen jedoch haben sich in physikalische oder physiologische Untersuchungen, die in ganz anderer Absicht ausgeführt wurden, psychologische Resultate eingemengt, ja diese sind manchmal, ohne dass der ursprüngliche Entdecker sich davon Rechenschaft giebt, erst von dem Psychologen zu finden, oder sie bieten für ihn Anlass, weitere Nachforschungen anzuknüpfen. Wegen der eigenthümlichen Schwierigkeiten in der Beurtheilung innerer Erfahrungen entstehen aber hier leichter als anderswo verschiedenartige Auffassungen über die Bedeutung der Ergebnisse, woraus dann wiederum Zweifel über die Methoden, die für bestimmte Zwecke zu wählen sind, entspringen können. Je mehr die experimentelle Psychologie bis jetzt beinahe ganz auf die gelegentliche Hülfe angewiesen ist, die ihr der Physiologe, dann und

wann wohl auch einmal der Zoologe, Physiker und Astronom spenden, um so begreiflicher ist es, dass dies Gebiet einigermaßen den Eindruck macht, als sei es aus gelegentlichen Entlehnungen zusammengesetzt, und dass diejenigen, die sich an der Bearbeitung desselben betheiligen, zum Theil Gesichtspunkte zur Anwendung bringen, welche mit den aus sonstigen Quellen geschöpften psychologischen Anschauungen schwer zu vereinigen sind. Aus allen diesen Gründen dürfte es wohl gerechtfertigt sein, der Frage näher zu treten, ob und in welchen Beziehungen die experimentellen Methoden der Psychologie charakteristische Eigenthümlichkeiten darbieten, und inwiefern dieselben einer weiteren Fortbildung fähig scheinen.

Die allgemeine Aufgabe der experimentellen Psychologie lässt sich dahin feststellen, dass sie den Inhalt unseres Bewusstseins in seine Elemente zerlegt, diese Elemente nach ihren qualitativen und quantitativen Eigenschaften kennen lehrt und die Verhältnisse der Coexistenz und der Aufeinanderfolge derselben in exacter Weise ermittelt. Es ist dies eine Aufgabe, welche durchaus parallel geht derjenigen, welche die experimentelle Physik in Bezug auf die äußere Erfahrung verfolgt. Auch die Physik zerlegt die Naturerscheinungen in ihre Bestandtheile, bestimmt die Eigenschaften der letzteren und ermittelt so genau als möglich ihre zeitlichen Verhältnisse. Die in allen diesen Beziehungen gewonnenen Resultate überliefert dann die experimentelle der theoretischen Physik, welcher das Geschäft der Aufstellung geeigneter Hypothesen und der durch dieselben vermittelten Erklärung der Erscheinungen obliegt. In ähnlicher Weise würde sich der experimentellen eine theoretische Psychologie gegenüberstellen lassen. Doch ist es selbstverständlich, dass auf beiden Gebieten diese Scheidung keineswegs auch praktisch durchgeführt wird, sondern dass sich schon die experimentelle Wissenschaft selbst die theoretische Verwerthung ihrer Resultate angelegen sein lässt, um so mehr, als sich sehr häufig aus dieser Verwerthung neue experimentelle Probleme ergeben. Trotzdem ist es klar, dass, abgesehen von dieser aus praktischen Motiven hervorgegangenen Verbindung, die Aufgabe einer experimentellen Wissenschaft als solcher erschöpft ist, wenn sie eine exacte Beschreibung der sämtlichen Erscheinungen ihres Gebietes zu Stande gebracht hat, und dass dann die weitere Verwerthung der von ihr beschriebenen Thatsachen der zugehörigen theoretischen Disciplin zufällt.

Die exacte Beschreibung der Thatsachen des Bewusstseins ist darum das einzige Ziel der experimentellen Psychologie, jedenfalls das einzige, was sich direct durch experimentelle Methoden erreichen lässt. Denn Hypothesen und Theorien sind ein Bestandtheil der Wissenschaft, welchen erst unser eigenes Denken dem objectiv gegebenen Thatbestande hinzufügt. Dadurch, dass ihre Beschreibung eine exacte sein will, unterscheidet sich aber die experimentelle von der gewöhnlichen, mit der sogenannten Selbstbeobachtung operirenden Psychologie. Der letzteren steht im Gebiete der äußeren Erfahrung nicht etwa auch eine besondere Art der Physik gegenüber, sondern lediglich die gewöhnliche Wahrnehmung der äußeren Naturerscheinungen, wie sie ohne quantitative Methoden und ohne andere Hilfsmittel als unsere natürlichen Sinnesorgane möglich ist. Offenbar würde übrigens diese gewöhnliche Sinneswahrnehmung mit dem nämlichen Recht den Anspruch erheben können, eine Wissenschaft zu heißen, wie die gewöhnliche Psychologie; sie würde sich vielleicht sogar vor dieser noch durch etwas größere Sicherheit auszeichnen. Denn ein wesentliches Erforderniss guter Beobachtung ist bekanntlich die Unabhängigkeit der beobachteten Objecte von den zufälligen Eigenschaften des Beobachters; es ist aber selbstverständlich, dass in dieser Beziehung die äußeren Objecte von dem Beobachter unabhängiger sind als dessen eigenes Bewusstsein.

Nach einem weit verbreiteten Vorurtheil erwächst der experimentellen Psychologie eine besondere Schwierigkeit, welche sich bei gewissen Problemen zur Unmöglichkeit steigern soll, daraus, dass wir nicht im Stande sind, direct in den Verlauf der Bewusstseinserscheinungen verändernd einzugreifen, sondern dass wir immer nur die äußeren physischen Bedingungen verändern können, unter deren Einfluss unser Bewusstsein steht. Nun ist es aber für das Wesen der experimentellen Methode ganz und gar gleichgültig, ob jene willkürliche Variation der Bedingungen des Geschehens, in welcher jedes Experiment besteht, die in Frage stehenden Erscheinungen direct oder indirect verändert, so lange nur die Forderung erfüllt ist, dass sie in messbarer Weise verändert werden. Auch auf physikalischem Gebiete kommt es oft genug vor, dass man die zu untersuchenden Erscheinungen direct nicht zu verändern vermag, sondern sich begnügen muss, an anderen Erscheinungen, die mit jenen in einer bestimmten

Beziehung stehen, Veränderungen hervorzubringen. Im gegenwärtigen Falle ist aber das indirecte Verfahren eine selbstverständliche Folge der durchgängigen Gebundenheit des Bewusstseins an die uns umgebende Außenwelt. Verlangen, dass wir die innere Erfahrung völlig isolirt untersuchen, hieße beanspruchen, dass unsere Vorstellungen thatsächlich außer aller Beziehung stehen sollen zu äußeren Objecten. Die Psychologie begegnet hier der nämlichen Schranke, welche von der entgegengesetzten Seite her der Physik gesetzt ist. Niemand wird sich unterfangen wollen, physikalische Beobachtungen auszuführen ohne die Hülfe sinnlicher Wahrnehmungen, also von Vorgängen unseres Bewusstseins. Auch hat ja aus diesem Grunde längst schon der Skepticismus die Möglichkeit einer objectiven Naturerkenntniß bestritten. Die Naturwissenschaft hat sich dadurch glücklicher Weise nicht abhalten lassen, ihren Weg zu gehen, indem sie nach dem Grundsätze handelte, es seien die Sinneswahrnehmungen zunächst als Thatsachen anzuerkennen, die zwar selbst keine unmittelbare objective Realität besitzen, aber auf eine solche hinweisen, und es sei daher mittelst der Verbindung dieser Wahrnehmungen und der Veränderungen, die sie bei experimentellen Eingriffen erfahren, jene objective Realität, selbstverständlich in den ihr durch die Gesetze unseres Denkens angewiesenen Formen, zu construiren. Die Psychologie dagegen wird umgekehrt objective Veränderungen benutzen müssen, um mittelst der Einwirkungen, die sie auf unser Bewusstsein äußern, die subjectiven Eigenschaften und Gesetze des letzteren festzustellen.

Die oben in ihren allgemeinen Umrissen angedeutete Aufgabe der experimentellen Psychologie, die exacte Beschreibung der Erscheinungen des Bewusstseins, gliedert sich nun von selbst in drei Einzelaufgaben, deren jede wieder besondere methodische Hülfsmittel erforderlich macht. Wir können erstens fragen: welches sind die Elemente, aus denen sich alle Bestandtheile unseres Bewusstseins zusammensetzen, und welche qualitativen und quantitativen Eigenschaften besitzen dieselben? Wir können zweitens untersuchen, wie sich die Elemente mit einander verbinden, um die thatsächlich gegebenen Zustände und Vorgänge des Bewusstseins, die immer complexer Natur sind, hervorzubringen. Wir können endlich drittens die Verhältnisse der Coexistenz und Aufeinanderfolge bestimmen, die für die inneren

Vorgänge im allgemeinen maßgebend sind. Es muss nun sogleich bemerkt werden, dass eine einigermaßen erfolgreiche Behandlung dieser drei Grundprobleme erst in Bezug auf diejenigen psychischen Erscheinungen möglich gewesen ist, welche durch eine regelmäßige Abhängigkeit von den äußeren Objecten, mit denen unser Bewusstsein in Beziehung steht, sich auszeichnen. Wir nennen diese Erscheinungen, eben wegen ihrer constanten Beziehung auf Objecte, bekanntlich Vorstellungen. Ihnen gegenüber besitzen die Gefühle, Gemüthsbewegungen, Willensregungen einen schwankenderen, in höherem Grade von unberechenbaren subjectiven Einflüssen abhängigen Charakter. Da übrigens bei diesen Zuständen wiederum gewisse regelmäßige Beziehungen zu den Vorstellungen nachweisbar sind, so ist keineswegs ausgeschlossen, dass sie mit Hülfe der letzteren ebenfalls der experimentellen Untersuchung zugänglich sein werden; in der That ist dies in einem gewissen, freilich noch sehr beschränkten Umfange schon jetzt der Fall. Immerhin ist wohl anzunehmen, dass auf diesem Gebiete andere Quellen objectiver Beobachtung und in einem gewissen Grade auch die Selbstwahrnehmung fortan eine größere Bedeutung besitzen werden. Jedenfalls können wir uns daher an dieser Stelle, wo nur die experimentellen Methoden einer kurzen kritischen Prüfung unterzogen werden sollen, auf diejenigen Probleme beschränken, die uns im Gebiete des Vorstellens begegnen. Hier aber entsprechen den drei oben aufgestellten Fragen drei verschiedene Classen von Methoden, die wir kurz bezeichnen können: 1) als die psychophysischen Methoden (im engeren Sinne des Wortes), 2) als die Methoden zur Analyse der Sinneswahrnehmungen, und 3) als die Methoden der psychologischen Zeitmessung.

### 1. Die psychophysischen Methoden.

Wenn wir das Wort »psycho-physisch« im weiteren Sinne verstehen, so sind die sämmtlichen Methoden, die wir oben unterschieden haben, psychophysische zu nennen. Aber der Kürze wegen mag es verstatet sein, hier den Ausdruck im Wesentlichen für dasjenige Gebiet von Untersuchungen beizubehalten, für welches ihn Fechner zuerst gebraucht hat. Doch werden wir uns dabei mehr den thatsäch-

lichen Umfang seiner Psychophysik als die Definition, die er dieser Disciplin gegeben hat, vor Augen halten. Demgemäß verstehen wir unter psychophysischen Methoden alle diejenigen, die sich auf die exacte Untersuchung der Elemente unserer Vorstellungen beziehen. Ich behalte auch hier für diese Elemente den Namen Empfindungen bei und rechne also die ganze Feststellung der Eigenschaften und Gesetze der Empfindungen der psychophysischen Methodik zu. Indem wir nun zum Maß der inneren Veränderungen unserer Empfindungen nur die begleitenden Veränderungen der äußeren Sinnesreize nehmen können, pflegen alle psychophysischen Methoden darauf auszugehen, einerseits die Grenzen zu bestimmen, zwischen denen gewisse äußere Naturvorgänge als Sinnesreize wirksam sind, andererseits die gesetzmäßigen Beziehungen zwischen der äußeren Veränderung des Reizes und der inneren der Empfindung zu bestimmen. Dadurch gewinnt dann das Gebiet dieser Untersuchungen den Charakter einer Disciplin, welche überhaupt die Wechselbeziehungen zwischen dem Physischen und Psychischen zu ihrem Objecte hat. In der That ist die Psychophysik in diesem Sinne von Fechner definiert worden. Durch diesen Charakter ihrer Untersuchungen dürfen wir uns aber nicht abhalten lassen, die Psychophysik als einen integrirenden Bestandtheil der Psychologie zu betrachten. In der That sind die Empfindungen als psychische Zustände der eigentliche Gegenstand ihrer Untersuchung, und nur der allgemeine Charakter experimenteller Methodik in der Psychologie bringt es mit sich, dass wir der äußeren Sinnesreize zu dieser Untersuchung bedürfen.

Die Ausbildung der psychophysischen Methoden ist bisher wesentlich durch den Umstand bestimmt gewesen, dass dieselben hauptsächlich zur Untersuchung der quantitativen Eigenschaften der Empfindungen dienten. Nur in einzelnen Fällen, wie namentlich bei den Tonempfindungen, sind die nämlichen Methoden auch zur Ermittlung der gesetzmäßigen Beziehungen solcher Eigenschaften, die wir qualitative zu nennen pflegen, benutzt worden. Doch haben für weitere Fragen auf diesem Gebiete theils jetzt schon andere Verfahrungsweisen oder wenigstens eigenthümliche Modificationen der quantitativen psychophysischen Methoden Platz gegriffen, theils wird dies wohl in Zukunft in noch höherem Maße der Fall sein. So dürfte z. B. das Studium der Farbenempfindungen noch mannigfache Modificationen der

psychophysischen Methodik erfordern. Auf der anderen Seite greifen diejenigen Methoden, deren klare Formulirung und Unterscheidung Fechner's großes Verdienst ist, über das Gebiet der eigentlichen Empfindungslehre hinaus, indem sie auch im Gebiete der zusammengesetzten Wahrnehmungen überall da anwendbar bleiben, wo zwischen verschiedenen Vorstellungen eine rein quantitative Vergleichung möglich ist. So lassen z. B. die nämlichen Methoden auf die Schätzung von Raumstrecken oder von Zeitintervallen sich anwenden. Doch dürfte dies eben nur deshalb möglich sein, weil in solchen Fällen die quantitative Abstufung der Vorstellungen von der quantitativen Abstufung gewisser elementarer Empfindungen abhängt, die in sie eingehen.

Eine ausführliche Erörterung der psychophysischen Methoden wird hier nicht beabsichtigt. Die Theorie derselben ist theils von Fechner selbst, theils in neuerer Zeit von G. E. Müller ausführlich besprochen worden. Wenn die Anschauungen Beider über die Bedeutung und Anwendungsweise der verschiedenen Methoden keineswegs in allen Punkten übereinstimmen, so hat dies wohl zum Theil seinen Grund darin, dass einzelne Methoden selbst noch einer eingehenderen experimentellen Prüfung bedürfen. Vielleicht hat man bis dahin allzu sehr sich darauf verlassen, dass gewisse theoretische Voraussetzungen, unter denen man die Methoden anwandte, a priori festständen, während sie doch noch eine experimentelle Untersuchung nöthig machen, auf Grund deren sich erst mit Sicherheit über die Art ihrer Verwerthung für einzelne psychophysische Zwecke wird urtheilen lassen.

Das größere Vertrauen, das man im Allgemeinen mit Recht Durchschnittswerthen aus großen Reihen von Beobachtungen schenkt, im Vergleich mit bloßen Einzelbeobachtungen, auch wenn diese an sich genauer sein mögen, hat dazu geführt, dass unter den drei hauptsächlich angewandten psychophysischen Methoden, der Methode der eben merklichen Unterschiede, der mittleren Fehler und der richtigen und falschen Fälle, die zwei letztgenannten als die unbedingt vorzüglicheren angesehen wurden, während man der ersten oft nur noch einen provisorischen Werth zuschrieb, indem man sie für geeignet hielt, diejenigen Reizgrößen oder Reizunterschiede vorläufig zu bestimmen, welche bei der Anwendung der beiden anderen vollkommeneren

Methoden am passendsten zu wählen seien. Diese Ansicht ist, wie ich glaube, aus drei Gründen nicht haltbar: erstens weil die Methode der eben merklichen Unterschiede, in der angemessenen Weise angewandt, viel genauer ist, als man gewöhnlich vorauszusetzen scheint; zweitens weil es Untersuchungsgebiete giebt, wo vermöge der speciellen Bedingungen der Empfindlichkeit die beiden anderen Methoden gar nicht anwendbar sind; und drittens endlich, weil die Interpretation der durch diese anderen Methoden gewonnenen Resultate noch keineswegs in allen Beziehungen feststeht, so dass, wie schon oben bemerkt, einer zuverlässigen Verwerthung derselben erst die experimentelle Prüfung der Methoden selber vorausgehen müsste.

Das bei der Methode der eben merklichen Unterschiede oder, besser ausgedrückt, der Minimaländerungen der Empfindung eigentlich allein zulässige Verfahren ist bereits von G. E. Müller näher bezeichnet worden. Es besteht darin, dass man zuerst einen untermerklichen Reiz oder Reizunterschied so lange möglichst stetig vergrößert, bis er eben übermerklich geworden ist, und dann einen übermerklichen so lange in derselben Weise verkleinert, bis er eben untermerklich geworden ist, oder auch umgekehrt verfährt, dann aber den Mittelwerth zwischen der Grenze des Uebermerklichen und Untermerklichen als die Reizschwelle oder Unterschiedsschwelle annimmt<sup>1)</sup>. Auch bei dieser Methode kann natürlich durch Vermehrung der Beobachtungen die Genauigkeit der Mittelwerthe vergrößert werden; ebenso lassen sich Fehler, die durch gewisse constante Bedingungen veranlasst sind, durch Variation dieser Bedingungen eliminiren. Der unschätzbare Vorzug des ganzen Verfahrens besteht aber nicht darin, dass es am schnellsten — denn dies ist bei einer genauen Anwendung der Methode keineswegs zutreffend — sondern darin, dass es am unmittelbarsten, nicht erst unter Vermittelung einer bestreitbaren Interpretation der Versuche die aufgeworfenen Fragen beantwortet. Nur für einen Zweck ist diese Methode an und für sich weniger geeignet. Wo es sich darum handelt, ein Maß der Präcision, mit welcher ein Sinnesreiz in der Empfindung aufgefasst wird, zu gewinnen, da wird man von selbst zu einer der anderen Methoden, namentlich zu derjenigen der richtigen und falschen Fälle, greifen. Aber es ist doch

1) G. E. Müller, Zur Grundlegung der Psychophysik, S. 63.

hervorzuheben, dass die exacte Bestimmung eines solchen Präcisionsmaßes, abgesehen von den Schlüssen über die Unterschiedsempfindlichkeit, zu denen man es verwerthete, bis jetzt noch keine bemerkenswerthe Rolle in den psychophysischen Untersuchungen gespielt hat. Auch scheint es durchaus wahrscheinlich und mit der Beobachtung übereinzustimmen, dass das Präcisionsmaß mit der Größe der Unterschiedsempfindlichkeit gleichen Schritt hält.

Verdient die Methode der Minimaländerungen mehr Vertrauen, als ihr im Allgemeinen in neuerer Zeit zu Theil geworden ist, so wird nun aber die Bedeutung derselben dadurch noch erheblich gesteigert, dass für eine Reihe der wichtigsten Untersuchungsgebiete die anderen Methoden entweder gar nicht anwendbar sind oder Fehlerquellen mit sich führen, welche die sonst bei ihnen mögliche größere Genauigkeit völlig illusorisch machen. Es wird genügen, wenn wir uns in dieser Beziehung auf die Methode der richtigen und falschen Fälle beschränken, da für die Methode der mittleren Fehler ganz dasselbe gilt, diese Methode aber aus anderen Gründen, wie jetzt allgemein anerkannt ist, hinter derjenigen der richtigen und falschen Fälle weit zurücksteht. Nun besteht das Wesen der letzteren Methode darin, dass ein Reiz  $R$  in einer sehr großen Zahl einzelner Beobachtungen mit einigen anderen Reizen  $R + D$ ,  $R + D_1$  . . . verglichen wird, wobei die Zuwüchse  $D$ ,  $D_1$  . . . hinreichend klein genommen werden, dass nicht nur richtige, sondern auch falsche und eventuell zweifelhafte Schätzungen vorkommen. Nach den Betrachtungen von G. E. Müller ist  $D$  am geeignetsten so zu wählen, dass das Verhältniss  $r/n$  der richtigen Fälle zur Gesamtzahl der Fälle annähernd  $= 1/2$  wird.

Bei den theoretischen Untersuchungen über diese Methode ist man nun stets, so weit auch übrigens die Anschauungen divergiren mochten, in der stillschweigend gemachten Voraussetzung einig gewesen, dass die objective Abstufung der Sinnesreize absolut genau oder doch so genau sei, dass etwaige Schwankungen derselben gegenüber den Schwankungen unserer subjectiven Schätzung nicht in Betracht kämen. Bei denjenigen Versuchen, die man bisher hauptsächlich den theoretischen Erörterungen zu Grunde legte, nämlich bei der Schätzung gehobener Gewichte, ist dies auch unbedingt zutreffend. Darf man aber bei allen Sinnesgebieten, auf welche die Methode bis dahin angewandt worden ist oder sich anwenden lässt, die nämliche

Voraussetzung machen? Ich glaube, es lässt sich zeigen, dass diese Frage vielleicht für die meisten Fälle verneint werden muss.

Jede psychophysische Methode steht unter der Voraussetzung, dass eine genaue Abstufung der physischen Reizstärken möglich sei. Wo diese Voraussetzung gar nicht zutrifft, da sind natürlich alle Resultate illusorisch, welche Methode man auch anwenden möge. Wo sie aber nur sehr annähernd zutrifft, da wird unter der Ungenauigkeit der physikalischen Vorbedingungen diejenige Methode am meisten zu leiden haben, welche die größere Genauigkeit fordert, und dies ist hier selbstverständlich die Methode der richtigen und falschen Fälle.

Ein Gebiet, welches an sich in noch höherem Maße als die Gewichtsversuche zur Untersuchung des Wachstums der Empfindungsstärken geeignet sein dürfte, ist das Gebiet der Schallstärken. Die einzigen Versuche, welche hier bis jetzt den methodischen Ansprüchen in zureichender Weise zu genügen scheinen, sind von Nörr unter Vierordt's Leitung ausgeführt<sup>1)</sup>. Der Schall wurde durch eiserne Kugeln, die von wechselnder Höhe auf eine vibrationsfähige Metallplatte herabfielen, hervorgebracht. Nörr nimmt, auf Versuche von Vierordt gestützt, an, dass die Schallstärke nicht dem Product  $p \cdot h$  (Gewicht mal Fallhöhe), sondern genau dem Product  $p \cdot \sqrt{h}$  proportional sei. Sehen wir uns nun die betreffenden Versuche von Vierordt näher an, so sind dieselben nach zwei Methoden angestellt. Bei der ersten wurden einfach zu zwei verschiedenen Gewichten  $p$  und  $p_1$  solche Fallhöhen  $h$  und  $h_1$  gewählt, dass die Producte  $p \cdot \sqrt{h}$  und  $p_1 \cdot \sqrt{h_1}$  einander gleich waren, und es wurde constatirt, dass hierbei auch die beiden Schallstärken gleich empfunden wurden, während dies nicht eintrat, wenn die Producte  $p \cdot h$  und  $p_1 \cdot h_1$  gleich waren. Bei der zweiten Methode wurde die kleinere Fallhöhe constant erhalten und die größere, diejenige des kleineren Gewichts, so lange variirt, bis die Schallstärken gleich empfunden wurden. Es ist klar, dass für unsern Zweck nur die nach der zweiten Methode angestellten Versuche verwerthbar sind; die anderen können höchstens lehren, dass unter den speciellen Versuchsbedingungen das Wachstum der Schallstärken mehr der Zunahme der Quadratwurzel der Fallhöhe als der Fallhöhe selbst entspricht. Die von Vierordt mitgetheilten Versuche nach

1) Nörr, Zeitschr. f. Biologie, 1879, XV, S. 297.

der zweiten Methode zeigen nun zwar, dass die Werthe  $p.\sqrt{h}$  im Ganzen mehr als  $p.h$  mit den Beobachtungen übereinstimmen; auch bei den ersteren bleiben aber nicht unbedeutende Differenzen, und namentlich sind die Schwankungen sehr bedeutend, so dass z. B. ein Versuch von dem Product  $p.h$  weniger abweicht als von  $p.\sqrt{h}$ <sup>1)</sup>. Hier würde denn doch nur dann jene Annahme erlaubt sein, welche Nörr zum Fundament seiner Untersuchung macht, wenn die Schallstärken durch ein unerbittliches Schicksal gezwungen wären, entweder dem Product  $p.h$  oder dem andern  $p.\sqrt{h}$  zu gehorchen. Aber eine solche Nothwendigkeit existirt durchaus nicht, sondern die Schallstärke könnte ebenso gut irgend einem zwischenliegenden Werthe proportional sein. In meinem psychophysischen Laboratorium sind zu andern Zwecken Versuche über diese Frage ausgeführt worden. Es ergab sich dabei, dass die durch eine fallende Kugel hervorgebrachte Schallstärke, ausser von dem Gewicht und der Fallhöhe, noch von verschiedenen Bedingungen abhängig ist, namentlich von dem Material, aus welchem die Kugel besteht, und von der Beschaffenheit der Unterlage, auf welche sie fällt. Bei Bleikugeln, welche auf eine elastische Unterlage (eine mit Tuch überzogene, auf Kautschukfüßen stehende Holzplatte) auffielen, entsprach, wenn das Gewicht nicht unter eine gewisse Grenze sank, das Verhältniss fast genau dem Product  $p.h$ . Fielen aber die nämlichen Kugeln auf eine direct auf den Boden gestellte Eisenplatte, so war das Verhältniss ein ganz anderes, und es näherte sich etwas mehr der Proportionalität mit der Quadratwurzel. Eine solche, jedoch ebenfalls bloß annähernde und zwischen gewissen Grenzen gültige Proportionalität mit der Quadratwurzel der Fallhöhe hat auch Oberbeck nach einem soeben erschienenen Aufsätze in Wiedemann's Annalen in Versuchen gefunden, in welchen er die Schallstärke von Blei- oder Steinkugeln, die auf eine Eisenplatte fielen, objectiv zu messen suchte<sup>2)</sup>. Es handelt sich hier offenbar um Erscheinungen, die physikalisch noch der näheren Untersuchung bedürfen. Von der gesammten lebendigen Kraft, welche mit dem Product  $p.h$  wächst, geht durch Rückprall, bleibende Formänderungen u. s. w. ein Theil verloren. Unter diesen in Abzug kommenden Bewegungsformen scheint es nun namentlich die bleibende Formänderung der Bleikugeln zu sein,

1) Vierordt, Zeitschrift f. Biologie, 1878, XIV, S. 303.

2) Wiedemann's Annalen, XIII, S. 222 f.

welche mit zunehmender Fallhöhe immer schneller wächst, so dass dem entsprechend die Schallstärke langsamer zunimmt. Wählt man die Unterlage elastisch, so dass die Bleikugeln zurückprallen können, so verschwindet diese Abweichung. Dass bei derselben überdies die Größe der fallenden Kugeln von Einfluss sein werde, und dass bei Kugeln aus verschiedenem Material die Verhältnisse abweichen, ist naheliegend. Es ist also sehr zweifelhaft, ob die Beziehung, die sich in Vierordt's Versuchen für kleine Bleischrote von meist nur wenig Milligrammen Gewicht annähernd gültig erwiesen, bei den großentheils mit sehr viel schwereren eisernen Kugeln ausgeführten Versuchen Nörr's noch gültig sein wird. Überhaupt aber ist es ersichtlich, dass bei dieser Lage der Sache kein Gesetz über die Beziehung zwischen Fallhöhe und Schallstärke a priori angenommen werden darf, sondern dass jeder psychophysischen Untersuchung eine vorherige empirische Ermittlung der angewandten Schallstärken vorausgehen muss. Was für einen Sinn hat es nun, die Regeln der Wahrscheinlichkeitstheorie auf Versuche anzuwenden, bei denen man über die unerlässlichsten Voraussetzungen noch in der größten Unsicherheit schwebt?

Noch größeren Bedenken begegnet die Anwendung der Methode der richtigen und falschen Fälle natürlich dann, wenn die Voraussetzung, dass die objective Abstufung der Reizstärken sehr viel genauer als die subjective Schätzung unserer Empfindung sei, aus Gründen, die in der Beschaffenheit der Sinnesempfindungen selbst liegen, unzulässig wird.

In der That scheint aber bei einer Reihe wichtiger Untersuchungsgebiete die Unterschiedschwelle der Empfindung mit der Grenze der physikalischen Unterscheidung ungefähr zusammenzufallen. So bei der Unterscheidung von Lichtstärken, von Tonhöhen, von Temperaturen, die der Eigenwärme der Haut nahe liegen, und endlich unter gewissen Versuchsbedingungen auch bei der Unterscheidung von Zeitintervallen. Auf Lichtstärken, Tonhöhenunterschiede, Temperaturempfindungen hat man bis jetzt immer nur die Methode der eben merklichen Unterschiede, in einigen Fällen auch die sogenannte Methode der übermerklichen Unterschiede angewandt. Es ist das, wie ich glaube, zum Theil wenigstens aus dem guten Grunde geschehen, weil die Methode der richtigen und falschen Fälle hier überhaupt unbrauchbar wird. Man

vergegenwärtige sich z. B. die Schattenversuche, wie sie zur Messung der Unterschiedsempfindlichkeit für Lichtintensitäten ausgeführt werden<sup>1)</sup>. Unser Empfindungsmaß ist hier ein so sicheres, dass wir mit größter Bestimmtheit den Moment anzugeben vermögen, wo die beiden mit einander verglichenen Schatten ungleich werden; vorher erscheinen sie uns gleich, und zu einer Registrierung richtiger und falscher Fälle bietet sich daher gar keine Gelegenheit. Wegen dieser ungemein genauen Schätzung der Lichtstärken durch das Auge verlassen sich auf dieselben ja auch die meisten photometrischen Methoden. Wir würden also hier eventuell in den Widerspruch gerathen, zuerst durch die Methode der eben merklichen Unterschiede Lichtstärken zu messen und dann die Lichtempfindungen selbst nach einer noch genaueren Methode messen zu wollen. Ähnlich dürfte es sich mit der Unterscheidung von Tonhöhen, wenigstens in den mittleren Lagen der musikalischen Scala, verhalten. In Bezug auf die Schätzung von Zeitintervallen haben zwar Vierordt und seine Schüler sowohl nach der Methode der richtigen und falschen Fälle, wie nach derjenigen der mittleren Fehler Beobachtungen ausgeführt. In Versuchen, die unter meiner Leitung unternommen wurden, scheiterte jedoch sogleich die erstere dieser Methoden an derjenigen Aufgabe, zu der man sie von vornherein wegen ihrer größeren Genauigkeit vorzugsweise geeignet halten musste, an der Aufgabe nämlich, dasjenige Zeitintervall zu bestimmen, bei welchem in der unmittelbar erfolgenden Reproduction die wirkliche und die geschätzte Zeit einander gleich sind, bei welchem also weder eine Verkürzung noch Verlängerung durch die Reproduction erfolgt. Es zeigte sich, dass gerade in der Gegend dieses Indifferenzpunktes unser Zeitsinn so außerordentlich fein ist, dass man den Apparaten eine sehr große Genauigkeit geben müsste, um den Ansprüchen der Methode zu genügen. Letzteres ist aber in diesem Falle deshalb schwierig, weil die Variation des Intervalls durch Einstellung von Seiten eines Beobachters geschehen muss, der bei dieser Einstellung Fehler begehen kann, die nun Schwankungen bedingen, welche in dem Verhältniss zu dem Zuwachse  $D$  nicht unbedeutend sind. Auch hier bleibt man also wieder unsicher, inwiefern diese Variationen der Einstellung an den wechselnden Schätzungen Schuld tragen.

1) Vgl. meine Grundzüge der physiol. Psychologie. 2. Aufl. I, S. 336.

Wir können hiernach die Bedingung für die Anwendbarkeit der Methode der richtigen und falschen Fälle kurz dahin zusammenfassen, dass sie überall da zulässig ist, wo die objectiven Hülfsmittel zur Messung der Reizstärken an Genauigkeit unserer Empfindung weit überlegen sind, und wo daher die Fehler, die bei der Variation der objectiven Reizstärken begangen werden, verschwindend klein bleiben gegenüber den Fehlern unserer Empfindungsschätzung. In allen andern Fällen — und sie betreffen, wie wir gesehen haben, zum Theil gerade die vollkommeneren Sinnesgebiete — ist die Methode unanwendbar, oder, wo sie trotzdem benutzt werden sollte, da liefert sie jedenfalls weit ungenauere Resultate als die Methode der eben merklichen Unterschiede.

Die dritte Schwierigkeit, welche noch ihrer Lösung auf experimentellem Wege harrt, bezieht sich endlich auf die Interpretation der mittelst der Methode der richtigen und falschen Fälle erhaltenen Versuchsergebnisse. Die Verwerthung dieser Ergebnisse geht von der im Allgemeinen wohl zulässigen Voraussetzung aus, dass auch hier das ursprünglich für objective Beobachtungen abgeleitete Gauss'sche Fehlergesetz anwendbar sei, wonach die Wahrscheinlichkeit  $w$  eines einzelnen Beobachtungsfehlers  $x$  bestimmt wird durch die Gleichung  $w = ce^{-h^2 x^2}$ . Insofern sich die Abweichungen der Schätzung von dem wirklichen Verhältniss der Reize als analog den zufälligen Beobachtungsfehlern bei irgend welchen physikalischen Messungen betrachten lassen, ist wohl gegen diese Annahme nichts einzuwenden. Gleichwohl ist hier dem Umstande Rechnung zu tragen, dass sich diese psychophysischen Versuche in einer Beziehung wesentlich von physikalischen Beobachtungen unterscheiden, darin nämlich, dass uns nicht eine große Anzahl verschiedener Messungswerthe gegeben wird, aus deren numerischen Verhältnissen die Wahrscheinlichkeit des Beobachtungsfehlers sich bestimmen lässt. Vielmehr trägt hier im Unterschiede von den quantitativen physikalischen Beobachtungen die Untersuchung einen rein qualitativen Charakter an sich: wir unterscheiden nur ganz allgemein richtige, falsche und zweifelhafte Fälle, und diese Unterscheidung wird wiederum im Gegensatze zu physikalischen Messungen nur dadurch möglich, dass der wahre Werth der zu messenden Größen bekannt ist. Die Beurtheilung der auf diese Weise gesammelten Beobachtungen bereitet

nun aber wegen der zweifelhaften Fälle, die sich zwischen die richtigen und falschen einschieben, Schwierigkeiten. In Bezug auf sie haben sich zwei entgegengesetzte Auffassungen geltend gemacht. Fechner betrachtet die zweifelhaften Fälle im eigentlichen Sinne als Nullfälle. Auf der Grenze zwischen den richtigen und falschen Fällen gelegen, treten sie dann auf, wenn uns die zwei Reize  $R$  und  $R + D$  als gleich erscheinen. Aus diesem Grunde ist er der Ansicht, sie seien von vornherein zu gleichen Theilen auf beide Seiten zu vertheilen, d. h. zur Hälfte den richtigen und zur Hälfte den falschen Fällen zuzurechnen. Müller dagegen geht von der Erwägung aus, dass das Vorkommen der zweifelhaften Fälle in erheblicher Zahl die Annahme eines gewissen Grenzgebietes erforderlich mache, welches, ihnen entsprechend, zwischen dem Bereich der richtigen und dem der falschen Fälle liege. Er bestreitet aber, dass dieses Grenzgebiet stets in zwei gleiche Strecken zu zerlegen sei, von denen dann ohne Beeinträchtigung des Resultates die eine zu dem Bereich der richtigen und die andere zu demjenigen der falschen Fälle geschlagen werden könnte. Vielmehr sind nach ihm die zweifelhaften Fälle besonders in Rechnung zu ziehen<sup>1)</sup>.

Den bisher ausgeführten Versuchen gegenüber scheint diese Streitfrage mehr von theoretischer als von praktischer Bedeutung; denn die Berechnungen der Versuchsergebnisse zeigen keine erheblichen Unterschiede, ob sie nach dem einen oder nach dem andern Princip ausgeführt werden<sup>2)</sup>. Von Wichtigkeit aber ist es jedenfalls, dass diese Erörterung auf wesentliche Eigenthümlichkeiten der psychophysischen Untersuchungen aufmerksam gemacht hat. Wären die zweifelhaften Fälle in exactem Sinne als Nullfälle zwischen den richtigen und falschen zu betrachten, so würde ihr Vorkommen nur einem einzigen Punkt der Curve entsprechen, durch welche das Gauss'sche Fehlergesetz dargestellt wird, d. h. die Wahrscheinlichkeit, dass ein solcher Fall vorkäme, würde erst bei einer unendlich großen Zahl von Beobachtungen eintreten, gerade so wie bei physikalischen Beobachtungen ein ganz bestimmter einzelner Messungswerth erst unter unendlich vielen Fällen einmal mit Sicherheit erwartet werden kann. Wir können uns hier nur mit der Voraussetzung helfen, die in der That

1) G. E. Müller, a. a. O., S. 37f.

2) Man vergleiche z. B. die Berechnung der Versuche von Nörr, a. a. O.

ausdrücklich oder stillschweigend allen Erörterungen über diesen Gegenstand zu Grunde liegt, dass jener Nullpunkt innerhalb eines größeren Gebietes liege, in welchem eine Unterscheidung der einzelnen Werthe ebenso wenig möglich sei, wie im Gebiet der richtigen und der falschen Fälle einander beliebig nahe gerückte Werthe unterschieden werden. Diese Voraussetzung macht es nun aber sehr wohl denkbar, dass gewisse Modificationen in den Versuchsbedingungen die Bedeutung der zweifelhaften Fälle verändern und das Gebiet derselben erweitern oder verengern können, ohne dass diese Bedingungen an der Unterschiedsempfindlichkeit oder auch an der Präcision der Beobachtungen irgend etwas zu ändern im Stande sind. Indirect muss dann zugleich die relative Zahl der richtigen und der falschen Fälle und damit das ganze Rechnungsergebniss verändert werden. In der That kommen bei den bisher ausgeführten Versuchen solche Verschiedenheiten der Bedingungen bereits vor, ohne dass man auf sie Rücksicht genommen hätte.

Die gewöhnliche Versuchsweise bei der Methode der richtigen und falschen Fälle besteht im Wesentlichen darin, dass man zwei Reize  $R$  und  $R'$  mit einander vergleicht und, zum Zweck der Elimination der constanten Fehler, die Zeitfolge und eventuell auch die Raumlage beider wechseln lässt. Bei dieser Versuchsweise giebt es also keine realen Nullfälle, d. h. es ist niemals der wirkliche Unterschied der beiden Reize gleich Null; wohl aber kommen empfundene Nullfälle vor, d. h. in gewissen Fällen wird der vorhandene Unterschied nicht empfunden. Bei der Anwendung der gleichen Methode auf die extensiven Tastversuche wird jedoch anders verfahren. Man setzt zwei abgestumpfte Spitzen von einer constanten, hinreichend kleinen Distanz in häufig wiederholten Versuchen auf eine Hautstelle und lässt angeben, ob die zwei Eindrücke unterschieden werden oder nicht. Um das Urtheil unbefangen zu erhalten, werden gelegentlich Vexirversuche mit nur einem Eindruck eingeschaltet, bei der Berechnung werden aber diese hinweggelassen. Auch hier kommen nun wieder richtige, falsche und zweifelhafte Fälle vor. Die Feststellung der beiden ersteren hat kein Bedenken. Was aber bedeuten die zweifelhaften Fälle? Sie werden natürlich dann angenommen, wenn man darüber schwankt, ob zwei Eindrücke einwirken oder nur einer. Ist nun dieser Fall wirklich vollkommen identisch mit dem Vorkommen

der zweifelhaften Fälle bei der vorhin erörterten gewöhnlichen Versuchsweise? Wenn ich zwei Gewichte oder andere Reize  $R$  und  $R'$  ihrer Intensität nach mit einander vergleiche, so sind die drei Fälle möglich  $R > R'$ ,  $R < R'$  und  $R = R'$ . Die zweifelhaften Fälle können also hier einer thatsächlichen Gleichheit der beiden Empfindungen entsprechen. Wenn ich aber entscheiden soll, ob zwei Eindrücke auf eine Hautstelle stattfinden oder nur ein einziger, so sind als wirkliche Empfindungen nur diese zwei Fälle möglich, und einen mittleren giebt es nicht. Höchstens insofern könnte man eine Mittelstufe annehmen, als man bei einem gewissen kleinen Spitzenabstand zwar schon den doppelten Eindruck deutlich von dem einfachen unterscheidet, aber die Distanz noch nicht deutlich wahrnimmt. Doch würde sich die Zurechnung dieser zu den zweifelhaften Fällen in keiner Weise durchführen lassen, weil es sich dann leicht ereignen könnte, dass überhaupt nur richtige und zweifelhafte, aber keine falschen Fälle zur Beobachtung kämen. Denn soll der Eindruck einer deutlichen Distanz erhalten werden, so muss diese im Allgemeinen übermerklich sein. Mit Recht wird daher ausdrücklich von einem erfahrenen Beobachter auf diesem Gebiete hervorgehoben, man müsse sogar schon dann die Unterscheidung von zwei Eindrücken statuiren, wenn auch nur die Empfindung eines breiteren Eindrucks stattfinde<sup>1)</sup>. Man sieht also, die zweifelhaften Fälle haben bei beiden Versuchsweisen eine ganz verschiedene Bedeutung: bei der ersten können sie einer wirklichen Empfindung entsprechen, bei der zweiten bezeichnen sie nur einen zweifelhaften Gemüthszustand des Beobachters. Es ist aber kaum zu vermuthen, dass dieser Umstand auf die relative Häufigkeit derselben ohne Einfluss sein werde.

Nun wird nicht zu verkennen sein, dass die so genannten zweifelhaften Fälle das größere Existenzrecht dann besitzen, wenn sie eigentliche Nullfälle sind, wenn sie also einer Empfindung entsprechen, die in der That zwischen zwei andern Empfindungen möglich ist. Dies vorausgesetzt, erscheint aber die gewöhnliche Versuchsweise, wie sie z. B. bei den Gewichtsversuchen Anwendung gefunden hat, wobei man bloß zwei verschiedene Reize  $R$  und  $R'$  mit einander vergleicht, als eine relativ ungünstige. Denn die Kenntniss der Thatsache, dass der Fall  $R = R'$  in Wirklichkeit nicht vorkommt, wird hier das

1) W. Camerer, Zeitschrift für Biologie. XVII. S. 17.

Vorkommen jener Nullfälle zu vermindern streben. Mit demselben Rechte also, mit dem man bei den extensiven Tastversuchen Vexirversuche einschaltet, um für die Urtheile »ein Eindruck« oder »zwei Eindrücke« gleiche Chancen zu gewinnen, mit demselben Rechte würden offenbar hier solche Vexirversuche eingeschaltet werden können, in denen wirklich  $R' = R$  ist. Mindestens wird dieses Verfahren als ein vollkommen berechtigtes anzuerkennen sein. Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass bei demselben bei sonst völlig gleichen Bedingungen ein völlig anderes Verhältniss richtiger, falscher und zweifelhafter Fälle sich ergeben wird.

Nach allem diesem ist wohl die oben ausgesprochene Behauptung nicht ungerechtfertigt, dass die Methode der richtigen und falschen Fälle noch eine eingehendere experimentelle Prüfung erfordert. Es könnte leicht sein, dass der wahre Werth der Methode weniger in ihrer Verwerthung für die Untersuchung des Empfindungsmaßes, als in den Ergebnissen liegt, zu denen sie durch derartige Veränderungen in der Form ihrer Anwendung führen kann und denen manche Aufschlüsse über die Eigenschaften der Aufmerksamkeit und über die Natur der bei derselben in Betracht kommenden psychologischen Schätzungsfehler zu entnehmen sein werden.

## 2. Die Methoden zur Analyse der Sinneswahrnehmungen.

Der Zweck der Untersuchung besteht hier in der vollständigen Ermittlung der Elemente, aus welchen ein einzelner Wahrnehmungsprocess sich zusammensetzt, sowie der Gesetze, nach welchen sich diese Elemente verbinden. Die Elemente einer Wahrnehmung sind aber nothwendig stets einfache Empfindungen, und unter Gesetzen ihrer Verbindungen werden wir die regelmässigen Beziehungen zu verstehen haben, welche zwischen den Veränderungen der Elemente bestehen, und durch welche die Abänderungen in dem resultirenden Wahrnehmungsvorgang bedingt werden. Beide Aufgaben, die Aufsuchung der Empfindungen und die Untersuchung der Gesetze ihrer Verbindungen, lassen sich übrigens in der Ausführung nicht von einander trennen, da in den meisten Fällen die erste dieser Aufgaben nur dadurch gelöst werden kann, dass man in den Bedingungen der Beobachtung Veränderungen einführt, aus deren Wirkungen sich dann

gleichzeitig Folgerungen in Bezug auf die Verbindungsgesetze der Empfindungen ergeben.

Die elementaren Empfindungen, die sich zu einem Wahrnehmungsvorgang vereinigen, können nun entweder *direct* ermittelt werden, indem man die zusammengesetzte Vorstellung aus ihren Elementen *reconstruirt*, oder *indirect*, indem man die Bedingungen variirt, unter denen eine Wahrnehmung zu Stande kommt, und aus den sich ergebenden Resultaten auf die bei derselben zusammenwirkenden Elemente zurückschließt. Hiernach ist nur die zweite Methode analytisch, die erste aber synthetisch. An sich ist diese synthetische Methode der analytischen überlegen, weil sie eine vollkommeneren Beherrschung der Elemente einer Vorstellung voraussetzt. Aber eben deshalb ist ihre Anwendung eine weit beschränktere; denn wir sind nur selten in der Lage, alle Elemente einer Vorstellung isoliren und isolirt hervorbringen zu können. Auch pflegt sich stets diese synthetische mit der analytischen Methode zu verbinden, indem die Anwendung der letzteren regelmäßig jener vorangehen, ihr zuweilen aber außerdem auch noch nachfolgen muss, weil es entweder nicht gelingt, auf alle Elemente einer Vorstellung das synthetische Verfahren anzuwenden, oder weil es wünschenswerth ist, die durch dasselbe gewonnenen Resultate durch die Analyse gegebener zusammengesetzter Vorstellungen zu verificiren. Diese Umstände verleihen dem *directen* oder *synthetischen* Verfahren im Allgemeinen den Character einer bloßen Hilfsmethode, welche in die Analyse der Sinneswahrnehmungen gelegentlich eingreifen, dann aber allerdings von unschätzbarem Werthe sein kann.

#### a. Die Methode der Zusammensetzung.

Die *directe* Ermittlung der Elemente einer Wahrnehmung und der Gesetze ihrer Verbindung auf dem Wege der Zusammensetzung ist möglich, wenn gleichzeitig zwei Bedingungen erfüllt sind: es müssen erstens jene Elemente sämmtlich als isolirte Vorstellungen vorkommen, und sie müssen zweitens willkürlich von uns combinirt werden können. Es ist wohl einzig und allein das Gebiet der Klangvorstellungen, bei welchem diese Bedingungen in zureichender Vollständigkeit verwirklicht sind. Bei der hauptsächlich von Helmholtz ausgebildeten Methode der Klangcomposition wird irgend ein zu-

sammengesetzter Klang durch die gleichzeitige Erzeugung relativ einfacher Töne hervorgebracht. Indem man einzelnen unter den letzteren eine geringere Stärke giebt, stellt man ein Verhältniss her, welches demjenigen der Obertöne entspricht. Um nun aber nicht planlos nach den einfachen Tönen, welche einen gewissen Klang constituiren, suchen zu müssen, sind diese durch eine vorangehende Klanganalyse einigermaßen sicherzustellen. Bei Klängen oder Geräuschen von sehr complicirter Beschaffenheit, wo diese Analyse nicht mit hinreichender Vollständigkeit möglich ist, hat darum auch die darauf folgende Synthese nur mangelhafte Resultate, oder sie ist wohl gar wegen der ungeheuren Zahl einfacher Töne von unbekannter Beschaffenheit, die man herbeiziehen müsste, völlig unausführbar. So pflegen z. B. schon die aus Stimmgabelklängen componirten künstlichen Vocale immer nur annähernd den wirklichen Vocalen zu gleichen. Demnach besteht auch der Werth der Methode keineswegs darin, dass man etwa auf diesem Wege im Stande wäre, die Elemente einer zusammengesetzten Schallvorstellung aufzufinden, sondern vielmehr darin, dass er für die durch vorangegangene Analyse aufgefundene Zusammensetzung eine sichere Bestätigung giebt.

So bleibt denn als der regelmäßige Weg zur Entdeckung der Elemente einer Vorstellung nur der *indirecte* übrig, welcher durch Veränderungen der Beschaffenheit einer Wahrnehmung oder der Bedingungen, unter denen sie zu Stande kommt, die Bestandtheile derselben zu ermitteln trachtet. Die befolgte Methode ist hierbei analytisch, denn sie besteht immer in der Zerlegung eines complexen Gebildes. Die einzelnen Versuchsweisen, die zu diesem Zweck eingeschlagen werden können, sind wieder sehr mannigfaltige, sie lassen sich aber wohl auf zwei Gesichtspunkte zurückführen. Jede analytische Untersuchung der Wahrnehmungsprocesse besteht nämlich entweder in der bald mit äußeren Hilfsmitteln, bald ohne solche bewerkstelligten Zerlegung eines gegebenen Wahrnehmungsactes, oder sie besteht in der Variation der Bedingungen, unter denen eine Wahrnehmung zu Stande kommt. Das erste Verfahren mag kurz als die *Zerlegungsmethode*, das zweite als die *Variationsmethode* bezeichnet werden. Beide sind nicht immer streng zu trennen, da die künstlichen Hilfsmittel der Zerlegung unter Umständen auch ebenso gut als äußere Bedingungen angesehen werden können, welche Varia-

tionen der Wahrnehmung herbeiführen sollen. In derartigen Fällen wird der dominirende Zweck darüber entscheiden müssen, welcher Methode man ein gegebenes Verfahren zurechnet.

#### b. Die Zerlegungsmethode.

Die Zerlegungsmethode kommt in ihrer einfachsten Form zur Anwendung, wenn man durch irgend welche Hilfsmittel die Fähigkeit, bestimmte Eindrücke aufzufassen, verstärkt und dadurch einzelnen Empfindungen in einem Wahrnehmungscomplex eine solche Intensität verleiht, dass sie deutlich unterschieden werden können. Die Vergleichung mit der isolirten Empfindung kann außerdem noch das Resultat einer solchen Zerlegung befestigen. Die subjective Klanganalyse ist ein typisches Beispiel dieser Art. Man verstärkt bei derselben durch einen Resonator, der auf irgend einen einzelnen Theilton des zusammengesetzten Klanges abgestimmt ist, eben diesen Theilton und vermag dann meistens auch leicht denselben aus dem unveränderten Klang herauszuhören. Das Verfahren hält demnach, wenn wir es mit physikalischen Methoden vergleichen, die Mitte zwischen jenen Hilfsmitteln, durch welche wir die Wahrnehmungsfähigkeit unserer Sinnesorgane verstärken, wie das Mikroskop, Mikrophon u. dgl., und andererseits denjenigen Vorkehrungen, durch welche wir einen zusammengesetzten objectiven Vorgang in seine elementaren Bestandtheile zerlegen, wie Spektroskop, Polariskop. Die subjective Klanganalyse verstärkt einen einzelnen Bestandtheil einer complexen Wahrnehmung, durch successive Anwendung dieses Verfahrens aber vermag sie die ganze Wahrnehmung in ihre Bestandtheile zu zerlegen. Gerade diese Combination ermöglicht die psychologische Verwerthung, bei der es — ganz abgesehen von der objectiven Deutung, die man nachträglich den Resultaten der Analyse giebt — zunächst auf die Zerlegung des subjectiven Inhaltes einer Wahrnehmung abgesehen ist.

Eine andere Anwendungsweise der Zerlegungsmethode besteht darin, dass man untersucht, bis zu welcher Grenze in der Wahrnehmung selbst, ohne Hinzuziehung verändernder Hilfsmittel, eine Zerlegung vorgenommen werden kann. Zunächst dient diese natürliche Analyse, wie oben schon angedeutet wurde, als unerlässliche Controle der bei der künstlichen erhaltenen Resultate. Bei der Klanganalyse z. B. ist ein einzelner Partialton erst dann als unzweifelhafter Bestandtheil des

zusammengesetzten Klanges nachgewiesen, wenn er auch unmittelbar in diesem empfunden werden kann; im entgegengesetzten Falle bleibt der Einwand, er könne durch das angewandte Hilfsmittel selbst erst hervorgebracht sein. Ganz und gar angewiesen auf eine solche unmittelbare Zerlegung der Wahrnehmungen sind wir nun aber in einem andern wichtigen Gebiete, in demjenigen der extensiven räumlichen Vorstellungen. Die Art der Zerlegung ist hier wieder eine wesentlich abweichende. Die eigenthümliche Beschaffenheit der räumlichen Wahrnehmungen bringt es mit sich, dass bei ihnen eine directe Unterscheidung der elementaren Empfindungen, von deren Verbindung mit andern Empfindungen abstrahirt werden könnte, unmöglich ist. Denn wie sehr wir auch eine räumliche Vorstellung zerlegt denken mögen, sie behält stets den räumlichen Charakter, d. h. sie wird von uns in eine extensive Beziehung gesetzt zu andern Empfindungen. Einen Punkt im Gesichtsfeld z. B. können wir uns nicht vorstellen, ohne gleichzeitig mehr oder minder bestimmt das ganze Gesichtsfeld dazu vorzustellen. Darum bleibt hier für die Zerlegungsmethode nur ein Verfahren übrig: sie kann die kleinste extensive Größe bestimmen, deren Unterscheidung in der Wahrnehmung möglich ist. Hierher gehören also die verschiedenen Bestimmungen der so genannten Raumschwelle der extensiven Sinne, wie sie zuerst von E. H. Weber für den Tastsinn und dann nach diesem Vorbilde auch für den Gesichtssinn vorgenommen worden sind. Auf diese Bestimmungen sind, da es sich um reine Größenunterscheidungen handelt, die psychophysischen Methoden anwendbar. Neben der absoluten Reizschwelle bietet sich dann außerdem die Unterschiedschwelle bei räumlichen Distanzen von wechselnder Größe als ein Object der Untersuchung dar, auf welches die nämlichen Methoden Anwendung finden. Doch ist diese Untersuchung selbst der nunmehr zu besprechenden Variationsmethode zuzurechnen.

### c. Die Variationsmethode.

Indem die Variationsmethode die Bedingungen verändert, unter denen eine Wahrnehmung zu Stande kommt, kann sie eine solche Veränderung auf verschiedenen Wegen zu Stande bringen: entweder durch einen willkürlichen Wechsel in den subjectiven Bedingungen, oder durch einen Eingriff in die objectiven Ursachen der Wahr-

nehmung, oder endlich durch ein gemischtes Verfahren, indem man die subjectiven und die objectiven Bedingungen gleichzeitig abändert.

Eine Variation subjectiver Bedingungen nennen wir es, wenn das Object der Wahrnehmung unverändert bleibt, aber in dem Verhalten des Beobachters, namentlich seiner Sinnesorgane, irgend welche Veränderungen absichtlich hervorgebracht werden. Vergleicht man z. B. einen Lichteindruck im directen und indirecten Sehen und in den verschiedenen Regionen des letzteren, Tast- und Wärmereize von constanter Beschaffenheit an verschiedenen Stellen der Haut, einen Schalleindruck auf rechtes und linkes Ohr oder auf beide Ohren gleichzeitig, so handelt es sich um solche subjective Variationen. Die Vergleichung eines Gesichtseindrucks bei dauernder und momentaner Beleuchtung wird ebenfalls hierher zu zählen sein, sobald etwa dabei keine Veränderung des objectiven Eindrucks selber beabsichtigt wird, sondern nur eine solche in den Bedingungen seiner Auffassung, also z. B. eine Ausschließung der Bewegungen des Auges. Ueberhaupt ist demnach die Benutzung objectiver Hilfsmittel bei diesem Verfahren nicht ausgeschlossen, sofern nur diese Hilfsmittel nicht gleichzeitig eine Veränderung der wahrzunehmenden Objecte herbeiführen.

Dagegen ist umgekehrt eine Variation objectiver Bedingungen dann gegeben, wenn wir den Zustand des Wahrnehmenden und der die Wahrnehmung vollziehenden Organe möglichst unverändert lassen, aber die einwirkenden Vorstellungsobjecte in bestimmter Weise variiren und die entsprechenden Veränderungen der Wahrnehmung verfolgen. Hierher gehören zunächst die Versuche über die Schätzung wechselnder Distanzen mit Tast- und Gesichtssinn, oder die Bestimmung der so genannten Unterschiedschwelle extensiver Größen. Indem man hierbei wieder die nämlichen psychophysischen Methoden benutzt, die auf die Empfindungen Anwendung finden, kann unter Umständen eine Zerlegung des Wahrnehmungsactes in die an ihm beteiligten Empfindungen stattfinden. So hat z. B. die Untersuchung gezeigt, dass die Unterschiedschwelle der Bewegungsempfindungen des Auges mit der Unterschiedschwelle für extensive Gesichtsvorstellungen übereinstimmt, ein Ergebniss, aus welchem zu schließen ist, dass die Bewegungsempfindungen bei der räumlichen Wahrnehmung wesentlich beteiligte Elemente sind. Geht man zu weiteren Variationen der Objecte über, so eröffnet sich die Möglichkeit zu einer Fülle ex-

perimenteller Beobachtungen, die bei gewissen Sinnesgebieten für die Theorie der Wahrnehmungsvorgänge außerordentlich wichtig geworden sind. Namentlich gehören hierher fast alle Versuche über normale Sinnestäuschungen, wie sie namentlich im Gebiet des Gesichtssinns in reichlicher Menge vorliegen. Wir bieten z. B. eine leere und eine ausgefüllte Distanz, eine getheilte und eine ungetheilte Linie dem Auge zur Vergleichung dar; wir construiren Figuren, bei denen absichtlich Bedingungen verwirklicht sind, welche Täuschungen über die Distanz von Punkten, die Richtung von Linien, die Tiefenausdehnung der Objecte bedingen; wir verändern während der Beobachtung die Verhältnisse stereoskopischer Objecte, u. s. w.

Sehr häufig macht sich nun bei solchen Versuchen das Bedürfniss nach einer gleichzeitigen Veränderung der subjectiven Bedingungen der Wahrnehmung geltend, und dann gelangen wir zu einem gemischten Verfahren. Jeder stereoskopische Versuch enthält im Grunde eine solche Mischung der Bedingungen. Wir benutzen objectiv verschiedene Zeichnungen; indem wir diese aber den beiden Augen darbieten, benutzen wir gleichzeitig eine subjective Variation, welche noch verstärkt werden kann, wenn man die Zeichnungen vertauscht, die Gesichtslinien abwechselnd vor oder hinter dem Objecte kreuzt und dgl. Ebenso ist das Verfahren ein gemischtes, wenn wir verticale und horizontale, obere und untere oder (bei der Beobachtung mit einem Auge) äußere und innere Distanzen von bestimmter Größe mit einander vergleichen lassen. Uebrigens ist es besonders dieses gemischte Verfahren, welches sich gelegentlich auch mit der Zerlegungsmethode combiniren kann. Bestimmen wir z. B. nach der Weber'schen Methode die extensive Schwelle an den verschiedenen Stellen des Tast- und Gesichtsansorgans, so wird hier die Zerlegung der extensiven Wahrnehmung in ihre kleinsten unterscheidbaren Theile durch eine objective Variation der Eindrücke ermöglicht, und es tritt ausserdem zum Zweck der Vergleichung der verschiedenen Regionen eines Sinnesgebietes die subjective Variation hinzu. Je mehr in dieser Weise durch getrennte und combinirte Anwendung der verschiedenen Methoden die Functionen der Sinneswahrnehmung unter allen möglichen äusseren und inneren Bedingungen untersucht sind, um so bestimmter wird die Frage nach den Elementen eines Wahrnehmungsactes und den Gesetzen ihrer Verbindung sich beantworten lassen.

### 3. Die Methoden der psychologischen Zeitmessung.

Die psychologische Zeitmessung hat die schwierigsten Aufgaben des inneren Erfahrungsgebietes zu lösen. Die zeitlichen Verhältnisse der psychischen Zustände erscheinen in der subjectiven Wahrnehmung so schwankend und unzugänglich jeder Messung, dass man namentlich ihnen gegenüber stets geneigt gewesen ist, auf eine exacte Untersuchung ganz zu verzichten. Nichts desto weniger liegt gerade hier das wichtigste Object der experimentellen Psychologie vor, welches auch in theoretischer Beziehung das größte Interesse beansprucht. Zunächst lassen nun die Verhältnisse der Coexistenz und des Wechsels der Vorstellungen, auf die hier allein eingegangen werden soll, eine qualitative und eine quantitative Untersuchung zu. Die erstere beschäftigt sich mit den Beziehungen, welche die in simultane oder successive Verbindungen tretenden Vorstellungen nach ihrem qualitativen Inhalte darbieten. Die zweite sucht die absoluten und relativen Zeitwerthe der psychischen Vorgänge zu ermitteln.

Die qualitative Untersuchung der Coexistenz und des Wechsels der Vorstellungen fällt zum Theil, insoweit es sich nämlich um simultane Prozesse handelt, in das Bereich der Analyse der Wahrnehmungsvorgänge, zum Theil aber besitzen wir längst in den Regeln über die Association der Vorstellungen, über Begriffs- und Urtheilsbildungen Resultate von Beobachtungen, die wohl nur deshalb für die Psychologie verhältnissmäßig steril geblieben sind, weil sie mehr zufällig als nach einer bestimmten Methode gesammelt wurden. Was die Associationen, diese wichtigen Grundlagen aller höheren apperceptiven Functionen, betrifft, so scheint der einzig zugängliche Weg, um zu umfassenderen Aufschlüssen über ihre Formen, deren Beziehungen zu einander, zu den individuellen Anlagen und den Entwicklungszuständen des Bewusstseins zu gelangen, die statistische Methode zu sein, die Sammlung einer zureichenden Anzahl einzelner Beispiele, begleitet von den erforderlichen Notizen über die Bedingungen ihrer Entstehung. Schon um eine bestimmte Nöthigung zur Sammlung solcher Beispiele zu haben, und um zugleich den Einfluss wechselnder Bewusstseinszustände möglichst zu eliminiren,

dürfte es sich empfehlen, dass man diese statistischen Ermittlungen mit der quantitativen Untersuchung der zeitlichen Verhältnisse der Associationen combinirt. Bei der Untersuchung der individuellen Verschiedenheiten aber dürfte die Berücksichtigung psychopathischer Individuen oder solcher mit psychopathischer Disposition, so weit sie möglich ist, auch für die reine Psychologie von besonderem Interesse werden. Dagegen liegt die qualitative Untersuchung der apperceptiven Prozesse oder der eigentlichen Denkvorgänge jenseits des Gebiets der hier abgehandelten experimentellen Methoden. Indem vorzugsweise die Sprache die objectiven Erzeugnisse dieser psychischen Functionen enthält, wird wohl hier allmählich ein Zweig der Psychologie entstehen, der sich zunächst an die Linguistik anlehnt, deren Ergebnisse er zu psychologischen Zwecken verwerthet.

Die quantitative Untersuchung der zeitlichen Verhältnisse der Vorstellungen kann wieder verschiedenartige Verfahrungsweisen benutzen. Wir trennen dieselben in zwei Gruppen, von denen wir die eine als die Reactionsmethoden, die andere als die Vergleichungsmethoden bezeichnen wollen. Die ersteren stimmen sämtlich darin überein, dass eine äußere körperliche Reaction, nämlich eine willkürlich festgestellte Bewegung, benutzt wird, um einen bestimmten Zeitmoment zu fixiren. Die Methoden der zweiten Art dagegen vergleichen unmittelbar das zeitliche Verhältniss, in welches unsere subjective Auffassung bestimmte Sinneseindrücke bringt, deren objectives zeitliches Verhältniss genau bekannt ist und willkürlich variirt werden kann. Die Methoden der zweiten Art haben den Vorzug, dass ihre Resultate eine unmittelbare psychologische Bedeutung besitzen, während bei den Methoden der ersten Gruppe zum Zweck der Gewinnung psychologischer Zeitwerthe immer erst bestimmte physiologische Vorgänge durch geeignete Versuchscombinationen eliminirt werden müssen. Andererseits bieten diese Methoden den Vortheil, dass jedes einzelne Resultat einen numerisch bestimmbareren Werth besitzt, während bei den Vergleichsversuchen in der Regel nur darüber entschieden werden kann, ob gegebene psychische Vorgänge simultan sind, ob und in welcher Reihenfolge sie nach einander eintreten, ob sie in Bezug auf ihren zeitlichen Verlauf gleich erscheinen oder nicht.

Glücklicher Weise übrigens ergänzen sich beide Verfahrensweisen, indem gerade bei solchen Aufgaben, bei denen die Reactionsversuche fehlschlagen, die Vergleichungsversuche das geeignete Gebiet ihrer Anwendung finden.

#### a. Die Reactionsmethoden.

Die Reactionsmethoden gehen sämmtlich aus von der Bestimmung eines relativ einfachen, an sich aber sehr zusammengesetzten Vorganges, welchen wir der Kürze halber als einfache Reaction bezeichnen. Es ist dies derjenige Vorgang, welcher mit der Einwirkung eines einfachen Sinnesreizes von zuvor bekannter Beschaffenheit beginnt und mit einer zuvor bestimmten und nach der Auffassung des Reizes möglichst schnell ausgeführten willkürlichen Bewegung endigt. Die Zeit, welche dieser Vorgang beansprucht, und welche man leicht durch Registrirung des Reizmomentes und der reagirenden Bewegung an einer hinreichend genauen chronometrischen Vorrichtung messen kann, ist die einfache Reactionsdauer. Das Wesen aller zu psychologischen Zwecken verwertbaren Reactionsmethoden besteht nun darin, dass man zu dem Vorgang der einfachen Reaction, welcher mehrere physische und psychische Vorgänge in nicht zu trennender Weise in sich schließt, bestimmte psychische Vorgänge von im Allgemeinen bekannter Beschaffenheit hinzutreten lässt, um dann aus der Differenz der so gewonnenen zusammengesetzten Reactionszeiten und der einfachen Reactionszeit die Dauer der betreffenden psychischen Acte für sich zu bestimmen. Das so begonnene Verfahren lässt sich nun aber beliebig weiter fortsetzen. Denn die psychischen Vorgänge haben die Eigenschaft, dass die complicirteren unter ihnen die einfacheren voraussetzen. Wie also die Zeit eines einfachen psychischen Actes durch Vergleichung der Reactionsdauer, die ihn einschließt, mit der einfachen Reactionszeit erhalten werden kann, so lässt sich nun nicht nur auf demselben Wege die Zeit irgend eines zusammengesetzteren psychischen Actes ermitteln, sondern es kann auch dieser in seine einzelnen Bestandtheile zerlegt werden, indem man die Elimination successiv ausführt, so also, dass man z. B. zuerst von einer Reactionsdauer III. Ordnung eine solche II. Ordnung, und dann von der letzteren diejenige I. Ordnung in Abzug bringt. Dabei soll die Ordnungszahl der Reactionszeiten die Zahl der psychischen Acte be-

zeichnen, die der ganze Vorgang einschließt. Dass bei diesem Verfahren alle sonstigen Bedingungen außer denjenigen, die den Hinzutritt neuer psychischer Acte veranlassen, constant erhalten werden müssen, versteht sich von selbst. Ebenso ist, um die Einflüsse der Ermüdung und Uebung möglichst auszuschneiden, die geeignete Gruppierung der Versuche auszuführen.

Vergegenwärtigen wir uns zunächst dieses Eliminationsverfahren in schematischer Allgemeinheit, ohne Rücksicht auf die Hilfsmittel, welche es möglich machen, zusammengesetzte Reactionszeiten verschiedener Art zu bestimmen. Es bezeichne  $R$  die einfache Reactionszeit,  $R_u$  diejenige Reactionszeit II. Ordnung, welche außer den Vorgängen der einfachen Reaction noch einen bestimmten Unterscheidungsact, z. B. die Unterscheidung eines Farbeindrucks von andern Farbeindrücken, eines Tons von andern Tönen, enthält. Sodann bedeute  $R_{uw}$  eine Reactionszeit III. Ordnung, bei welcher zu den vorigen Processen auch noch der Vorgang einer Wahl zwischen verschiedenen Bewegungen hinzutritt. Wir erhalten dann, wenn wir mit  $U$  die Zeitdauer einer Unterscheidung, mit  $W$  die Zeit eines Wahlactes, endlich mit  $UW$  die Zeit des zusammengesetzten Vorgangs bezeichnen, welcher eine Unterscheidung und eine von ihr abhängige Wahl einschließt, die Zeiten  $U$ ,  $W$  und  $UW$  aus folgenden einfachen Gleichungen:

$$U = R_u - R, \quad W = R_{uw} - R_u, \quad UW = R_{uw} - R.$$

Um irgend einen dieser Vorgänge, z. B. den Act der Unterscheidung, unter wechselnden Bedingungen zu untersuchen, können verschiedene Wege eingeschlagen werden. Denken wir uns eine Anzahl von Versuchsreihen so angeordnet, dass in einer ersten nur eine Unterscheidung zwischen zwei zuvor bekannten, aber in unbestimmter Weise wechselnden Eindrücken, z. B. zwischen Schwarz und Weiß, ausgeführt wird, ebenso in einer zweiten Reihe zwischen drei, in einer dritten zwischen vier Eindrücken unterschieden wird, u. s. w. Bezeichnen wir die successiv erhaltenen Reactionszeiten II. Ordnung durch Indices, welche die Zahl der unterschiedenen Eindrücke in Klammern angeben, und ähnlich die Unterscheidungszeiten, so erhalten wir eine Reihe zunehmender Zeiten

$U_{(2)} = R_{u(2)} - R, \quad U_{(3)} = R_{u(3)} - R, \quad U_{(4)} = R_{u(4)} - R \dots$ ,  
in welcher uns die zunehmenden Werthe von  $U$  Aufschluss geben

werden über den Einfluss, welchen die regelmäßige Variation des Zustandes der Erwartung auf den Vollzug eines constant erhaltenen Unterscheidungsactes ausübt.

Denken wir uns dagegen eine Anzahl anderer Versuchsreihen in solcher Weise ausgeführt, dass die Beschaffenheit der zu unterscheidenden Sinnesobjecte eine immer zusammengesetztere wird, so werden wir eine andere Reihe wachsender Reactionszeiten II. Ordnung erhalten. Es werde für diesen Fall die Abstufung der letzteren durch einen Zahlenindex ohne Klammer angedeutet, ebenso die zugehörige Unterscheidungszeit, so wird sich nun als Resultat die Reihe ergeben:

$$U_1 = R_{u1} - R, \quad U_2 = R_{u2} - R, \quad U_3 = R_{u3} - R \dots,$$

welche Reihe in den zunehmenden Werthen von  $U$  das Gesetz anzeigt, nach welchem mit regelmäßig zunehmender Complication der Wahrnehmungsobjecte die Zeit ihrer Auffassung sich ändert.

Combiniren wir nun die oben besprochenen Unterscheidungsversuche  $U_{(2)}$ ,  $U_{(3)}$  ... mit Wahlversuchen, so lässt sich folgende Anordnung treffen. In einer Reihe von Beobachtungen werde wieder zwischen zwei einfachen Eindrücken  $a$  und  $b$  unterschieden; in einer damit zu vergleichenden Reihe werde nicht nur dieser Unterscheidungsact, sondern auch in der Weise ein Wahlact ausgeführt, dass dem Eindruck  $a$  die Bewegung  $\alpha$ , dem Eindruck  $b$  die Bewegung  $\beta$  folgt, z. B. dem Eindruck Schwarz die Bewegung der rechten, dem Eindruck Weiß die Bewegung der linken Hand. Von hier aus schreitet man zu drei Eindrücken  $a, b, c$  und drei zugehörigen Bewegungen  $\alpha, \beta, \gamma$ , dann zu vier Eindrücken, u. s. w. Auf diese Weise gewinnt man einander parallel gehende Reactionszeiten II. und III. Ordnung, ebenso selbstverständlich die immer zur Vergleichung herbeizuziehenden Reactionszeiten I. Ordnung. Die unter den einfachsten Bedingungen der Erwartung erhaltenen Reactionen III. Ordnung lassen aber hier noch eine Modification zu. Wir können nämlich, statt zu den zwei Reizen  $a$  und  $b$  zwei Bewegungen  $\alpha$  und  $\beta$  zu wählen, auch die Bestimmung treffen, dass bloß der Reiz  $a$  durch eine Bewegung  $\alpha$  beantwortet werde, bei dem Reiz  $b$  aber keine Bewegung erfolgen solle. Es ist dann in einer solchen Versuchsreihe nicht zwischen zwei Bewegungen, sondern zwischen Bewegung und Ruhe die Wahl gestellt. Bezeichnen wir die Reactionszeit in diesem letzteren Falle mit  $R_{u(2)w}$ , die übrigen successiv erhaltenen Reactionszeiten III. Ordnung successiv

mit  $R_{uw(2)}$ ,  $R_{uw(3)}$ ,  $R_{uw(4)}$  . . . , wobei sich der Zahlenindex auf die beiden voranstehenden Symbole  $u$  und  $w$  bezieht, so erhalten wir demgemäss eine Reihe entsprechender Wahlzeiten:

$$W_{(1)} = R_{u(2)w} - R_{u(2)},$$

$$W_{(2)} = R_{uw(2)} - R_{u(2)},$$

$$W_{(3)} = R_{uw(3)} - R_{u(3)} \dots$$

Die Zunahme dieser Wahlzeiten aber wird theils den Einfluss erkennen lassen, welchen die zunehmende Zahl von Bewegungsformen, zwischen denen die Wahl stattfindet, auf die Zeit dieser letzteren ausübt; theils aber wird bei diesen Versuchen der Einfluss vorangegangener Gewohnheit und Uebung sehr bedeutend sein. Zur möglichsten Trennung dieser beiden Einflüsse werden daher wieder besondere Methoden erforderlich sein, die wir hier vorläufig übergehen, um noch auf einige weitere Verwerthungen der zusammengesetzten Reactionszeiten aufmerksam zu machen.

Es lässt sich wohl als allgemeine Regel aufstellen, dass die Variationen, welche die Reactionsformen zulassen, mit ihrer Ordnungszahl zunehmen. Die einzige Abänderung, welche die einfache Reaction gestattet, ist durch die Verschiedenheit der einfachen Sinnesreize bedingt, welche möglicher Weise benutzt werden können. Unter den Unterschieden der einfachen Reactionszeit, welche hierdurch veranlasst werden, haben aber diejenigen, die von dem Sinnesgebiet herrühren, wahrscheinlich nur eine physiologische Bedeutung, und bei den von der Intensität der Reize abhängigen Unterschieden lassen sich wenigstens die rein physischen und die psychophysischen Wirkungen in keiner Weise von einander trennen. Ungleich mannigfaltiger gestalten sich schon die Reactionszeiten II. Ordnung, da bei ihnen nicht nur alle die Bedingungen, welche die Reactionen I. Ordnung bestimmen, ebenfalls wechseln können, sondern außerdem jene Variationen von specifisch psychologischer Bedeutung hinzutreten, die wir oben erörtert haben: die wechselnden Bedingungen für die Erwartung und die steigende Complication des Eindrucks, die natürlich beide wieder in der mannigfaltigsten Weise sich bewirken lassen. Immerhin sind auch die Reactionen II. Ordnung insofern noch von einer relativ gleichförmigen Beschaffenheit, als es sich bei ihnen stets um Unterscheidungsacte irgend welcher Art handelt. Diese bilden gewissermaßen die nothwendige Durchgangsstufe zur Ermittlung der Dauer aller möglichen

anderen psychischen Acte. Bei den Reactionen III. Ordnung aber können nun an dritter Stelle Vorgänge von verschiedenartiger Beschaffenheit eingefügt werden. Oben wurde der Fall besprochen, wo dieser Vorgang, welcher zu der bei der Reaction I. Ordnung vorhandenen einfachen Apperception und zu der bei der Reaction II. Ordnung ausgeführten Unterscheidung hinzutritt, ein mehr oder weniger complicirter Willensact ist. Es steht nichts im Wege, statt dessen einen andern psychischen Process in die ganze Kette von Vorgängen aufzunehmen. Lassen wir wieder  $R_u$  die Reaction II. Ordnung,  $R_{ua}$  aber eine Reaction III. Ordnung bedeuten, bei welcher zu der Unterscheidung einer einfachen oder complicirten Vorstellung ein Associationsact hinzugekommen ist, indem die Reactionsbewegung erst dann ausgeführt wird, wenn die durch den äußeren Eindruck erregte Vorstellung eine andere durch Association erweckt hat, so erhalten wir, wenn  $A$  die Zeit der Association,  $AU$  aber die Zeit der Unterscheidung einer Vorstellung sammt der an diese sich anschließenden Association bedeutet, ganz wie bei den Wahlversuchen:

$$A = R_{ua} - R_u, \quad AU = R_{ua} - R.$$

Wir haben bis dahin die Verwerthung der Reactionsmethode bloß theoretisch erörtert, damit sogleich die Aufgaben, die auf diese Weise gelöst werden können, deutlich hervortreten, mögen nun die bisher angewandten oder anwendbaren Hilfsmittel zureichend sein oder nicht. Nun aber wird es unsere Aufgabe sein, zu prüfen, ob und welche Hilfsmittel wir thatsächlich zur Lösung jener Aufgaben besitzen.

Donders war wohl der Erste, welcher den Versuch gemacht hat, mit Hülfe der Reactionsmethode und auf dem Wege der Elimination der einfachen Reactionszeit die Dauer gewisser psychischer Acte zu isoliren. Er hat zu diesem Zweck zwei Methoden angewandt. Bei der einen wurde zwischen zwei Eindrücken  $a$  und  $b$  unterschieden und außerdem zwischen zwei Bewegungen  $\alpha$  und  $\beta$  gewählt, von denen  $\alpha$  nach dem Eindruck  $a$ ,  $\beta$  nach dem Eindruck  $b$  vollzogen wurde. Bei der zweiten wurde wieder zwischen zwei Eindrücken  $a$  und  $b$  unterschieden, aber nur bei  $a$  eine Bewegung  $\alpha$ , bei  $b$  dagegen keine Bewegung ausgeführt. Donders glaubte auf dem zweiten Wege einfache Unterscheidungsacte messen zu können, und auch v. Kries und

Auerbach haben diese Annahme beibehalten. Aus den obigen Auseinandersetzungen geht aber hervor, dass in der That in beiden Fällen die durch Elimination der einfachen Reactionszeit gewonnenen Zeiten noch zwei Acte einschließen. Bei der ersten Methode erhält man nämlich

$$UW_{(2)} = R_{uw(2)} - R,$$

bei der zweiten aber

$$U_{(2)}W_{(1)} = R_{u(2)w} - R,$$

d. h. im ersten Fall schließt der Vorgang eine Unterscheidung zwischen zwei Eindrücken und eine Wahl zwischen zwei Bewegungen ein, im zweiten Fall eine Unterscheidung zwischen zwei Eindrücken und eine Wahl zwischen Bewegung und Ruhe. Außerdem hat das Verfahren den Nachtheil, dass jedenfalls die zweite Methode nur auf den Fall der Unterscheidung von zwei einfachen Eindrücken sich anwenden lässt, und dass auch bei der ersten eine Ausdehnung auf eine größere Zahl schwierig, jedenfalls aber alle Aufgaben, die sich auf steigende Complication der Eindrücke und sonstige Variationen der Bedingungen beziehen, unlösbar sein würden.

Diesen Schwierigkeiten lässt sich nun, so lange es sich um dauernde Sinneseindrücke oder solche, denen leicht eine beliebige Dauer gegeben werden kann, handelt, in verhältnissmäßig einfacher Weise begegnen, indem man den Versuch so einrichtet, dass der Sinneseindruck genau in dem Moment unterbrochen wird, in welchem der Unterscheidungsact erfolgt ist, und dass im gleichen Moment die Reactionsbewegung vollzogen wird. Bei Registrirvorrichtungen, die auf elektrischem Wege ausgelöst werden, lässt sich eine derartige Anordnung des Versuchs immer leicht ausführen. Etwaige Fehlversuche, bei denen man etwa zu früh reagirt, geben sich in der Selbstwahrnehmung so leicht zu erkennen, dass die Befürchtung vor der unbeabsichtigten Zulassung solcher völlig ausgeschlossen bleibt. Nach einiger Übung kommt aber ein solcher Fehlversuch kaum mehr vor.

Anders verhält sich die Sache bei kurz dauernden Sinnesreizen, deren Natur eine beliebige Verlängerung ihrer Dauer ausschließt, also z. B. bei momentanen Schalleindrücken. Hier ist nur das umgekehrte Verfahren anwendbar: um sich vor zu frühen Reactionen zu sichern, richtet man den Versuch so ein, dass die Reactionsbewegung zugleich einen andern Eindruck auslöst,

welcher die Nachwirkung des appercipirten Reizes auslöscht, so dass, wenn bis zu dem Moment der Reaction die Unterscheidung nicht erfolgt war, sie nachträglich nicht mehr vollzogen werden kann. Um dies sicher zu erreichen, muss man den auslöschenden Reiz möglichst gleichartig dem appercipirten und möglichst stark wählen. Handelt es sich z. B. um momentane Schalleindrücke von verschiedener Intensität, so kann man als auslöschenden Reiz einen Schall wählen, der stärker ist als jede der verglichenen Intensitäten, und den man durch den Fall eines schweren elektromagnetischen Hammers aus geringer Höhe leicht in einer im Verhältniss zu der Dauer psychischer Acte verschwindend kurzen Zeit nach erfolgter Reactionsbewegung hervorbringen kann.

Die hier geschilderten Verfahrungsweisen bieten nun den großen Vortheil dar, dass sie eine fast unbeschränkte Anwendbarkeit der Reactionsmethode auf die Fragen, zu deren Beantwortung sie sich eignet, gestatten. Alle psychischen Vorgänge, deren Ermittlung unsere obige theoretische Erörterung als experimentelle Aufgaben hingestellt hat, lassen sich auf diesem Wege wirklich in Bezug auf ihren zeitlichen Verlauf ermitteln. Höchstens bei den Wahlversuchen werden durch die beschränkte Auswahl zwischen den uns zur Verfügung stehenden Bewegungsorganen gewisse Grenzen gesteckt sein, die aber immerhin weit genug sind, um auf die fundamentaleren Fragen eine Antwort zuzulassen. Auf diese Weise eröffnet sich hier ein weites Gebiet von Aufgaben, deren Lösung noch auf lange hinaus die experimentelle Psychologie beschäftigen wird, und bei deren Bearbeitung sich neue Probleme ergeben werden, die wir gegenwärtig noch nicht voraussehen im Stande sind.

#### b. Die Vergleichungsmethoden.

Bekanntlich haben die Reactionsmethoden ihre Quelle in gewissen astronomischen Zeitbestimmungen, bei denen man den Augenblick irgend eines Ereignisses am Himmel, z. B. eines Sterndurchgangs durch den Meridian, mittelst einer willkürlichen Bewegung an einer zeitmessenden Vorrichtung registriert. Aehnlich sind die Vergleichungsmethoden astronomischen Ursprungs. Die Gleichzeitigkeit oder Aufeinanderfolge bestimmter Sinneseindrücke kann zu den Zwecken astronomischer Zeitmessungen in verschiedener Weise An-

wendung finden. Insbesondere beurtheilt man so das Zeitverhältniss bestimmter Gesichtseindrücke, indem man sie vergleicht mit den gleichzeitigen Pendelschlägen einer Secundenuhr. Psychologisch lässt sich die Vergleichungsmethode in zwei Formen anwenden: in einer ersten, die sich unmittelbar an das astronomische Vorbild anlehnt, dient sie zur Untersuchung der zeitlichen Verbindungsgesetze der von Herbart so genannten Complicationen der Vorstellungen; in der zweiten etwas abgeänderten Form ist sie dazu bestimmt, die Zeitgesetze der Reproduction der Vorstellungen zu ermitteln. Die erste Methode mag daher kurz als die Complicationsmethode, die zweite als die Reproductionsmethode bezeichnet werden.

#### Die Complicationsmethode.

Unter Complicationen verstehen wir bekanntlich die Verbindungen disparater Sinnesvorstellungen, z. B. einer Schall- und Licht-, einer Tast- und Lichtempfindung u. s. w. Lassen wir nun zwei disparate äußere Sinnesreize gleichzeitig einwirken, so werden darum nicht auch nothwendig die entsprechenden Vorstellungen gleichzeitig vollzogen, sondern die Erfahrung lehrt, dass namentlich dann, wenn die Aufmerksamkeit auf einen der Eindrücke in höherem Grade gespannt ist, dieser vor dem andern appercipirt werden kann. Umgekehrt aber kann es sich ereignen, dass Sinnesreize, die in Wirklichkeit durch ein gewisses Intervall getrennt sind, gleichwohl simultan appercipirt werden. Diese letztere Erscheinung ist zum Theil von der physiologischen Nachwirkung der Sinnesreize abhängig. In Folge der Nachempfindungen, die für die verschiedenen Sinne von verschiedener Dauer sind, giebt es für jedes Sinnesgebiet ein kleinstes Intervall, eine Zeitschwelle der Empfindung, in welchem die einwirkenden Reize zusammenfallen. Die Bestimmung dieses Intervalls mag hier außer Betracht bleiben, da sie ein ausschließlich physiologisches Interesse hat. Ebenso lässt sich die Verbindung disparater Eindrücke, die innerhalb eines jener Zeitschwelle sich nähernden Intervalls einwirken, zu simultanen Empfindungen auf die nämliche physiologische Nachwirkung der Reize beziehen. Nun beobachten wir aber, dass noch weit jenseits der Grenzen solcher Nachwirkungen disparate Eindrücke zu simultanen Vorstellungen verbunden werden können, und hier muss der Grund der Verbindung offenbar in den psychologischen

Bedingungen der Apperception gesucht werden, ähnlich wie dies bei der entgegengesetzten Erscheinung der zeitlichen Trennung simultaner Eindrücke der Fall war. Demgemäß wird nun auch die experimentelle Untersuchung dieser beiden Erscheinungen ein Hilfsmittel abgeben, um zu bestimmten Aufschlüssen über die zeitlichen Verhältnisse der Apperceptionsthätigkeit zu gelangen, und zwar werden wir zu diesem Zweck am besten die Bedingungen zum Eintritt beider Formen der Zeitverschiebung combiniren, indem wir eine Versuchsanordnung treffen, durch welche bei einer und derselben Beobachtung simultane Eindrücke getrennt und successive verbunden werden können.

Ausgehend von den astronomischen Beobachtungen am Passageapparat, glaubte ich zu einer Zeit, in welcher Untersuchungen mittelst der Reactionsmethode zu psychologischen Zwecken noch nicht vorlagen und mir selbst die Hilfsmittel zu solchen noch nicht zu Gebote standen, durch Versuche, die nach dem Princip der Complicationsmethode ausgeführt waren, am einfachsten zu Aufschlüssen über den Zeitwerth bestimmter psychischer Acte gelangen zu können. Im Laufe der Zeit hat diese Methode zur Construction eines Apparates geführt, welcher eine dreifache Anwendung der Complicationsmethode gestattet: 1) Eintritt eines Schalleindrucks in eine regelmäßig ablaufende Reihe von Gesichtseindrücken, 2) Eintritt eines Tasteindrucks in eine regelmäßige Reihe von Gesichtseindrücken, und 3) Combination eines Schall- und Tasteindrucks unter den gleichen Bedingungen. Die gleichzeitige Umwandlung successiver in simultane und simultaner in successive Eindrücke wurde somit dadurch ermöglicht, dass die eine Art disparater Reize, in diesem Fall die Gesichtseindrücke, in der Form einer raschen Succession zahlreicher Eindrücke zur Verwendung kam. Außerdem wurde es durch die Benutzung eines in seiner Länge variablen Pendels als Motor möglich, die Einflüsse der verschiedenen Geschwindigkeit in der Aufeinanderfolge der Reize sowie der verschiedenen Formen der Geschwindigkeitsänderung (Beschleunigung und Verlangsamung) zu prüfen <sup>1)</sup>.

### Die Reproductionsmethode.

Die Reproductionsmethode ist nur für ein bestimmtes Versuchs-

1) Rücksichtlich der technischen Ausführung der Methode vgl. Physiologische Psychologie. 2. Aufl. II. S. 275f.

gebiet, für dieses aber auch ausschließlich geeignet, nämlich für das Gebiet des so genannten Zeitsinns oder der Veränderungen, welche die Auffassung von Zeitgrößen in Folge ihres kürzeren oder längeren Verbleibens im Gedächtnisse erfährt. Bezeichnen wir die Zeiten, deren Veränderungen in der subjectiven Schätzung ermittelt werden sollen, als die Normalzeiten und die ihnen gleich geschätzten Zeiträume als die Vergleichszeiten, so handelt es sich demnach darum, in jeder Versuchsreihe zu einer gegebenen Normalzeit nach einem bestimmten Intervall eine Vergleichszeit herzustellen, welche ihr gleich erscheint. Auch hier wird also eine unmittelbare Vergleichung von Vorstellungen herbeigeführt, diese Vergleichung geschieht aber mit Hülfe der Reproduction, und sie kann daher in einer quantitativ zuverlässigen Weise nur innerhalb der Grenzen geschehen, in denen eine einigermaßen sichere Reproduction möglich ist. Am angemessensten wird man demnach so verfahren, dass man mittelst momentaner Eindrücke, z. B. Schalleindrücke, Anfang und Ende der willkürlich festgestellten Normalzeit markirt und dann nach einem ebenfalls willkürlich festgestellten Intervall durch zwei ebensolche Eindrücke eine Zeit abgrenzt, welche der Normalzeit gleich geschätzt wird.

Wie jede quantitative Vergleichung von Vorstellungen, so führt auch diese wieder auf die Benutzung der psychophysischen Methoden zurück. Es ist aber wohl zu beachten, dass der Zweck derselben in diesem Falle ein anderer ist, als z. B. bei der Untersuchung der Empfindungsintensität. Gerade auf jene constanten Fehler, die man bei der letzteren zu eliminiren sucht, indem man die Beobachtungen auf den idealen Fall zu reduciren strebt, wo zwei Eindrücke zu gleicher Zeit und unter genau denselben Bedingungen der Empfindlichkeit einwirken, — gerade auf jene constanten Fehler erstreckt sich hier das Hauptinteresse, indem sie ein Maß abgeben sollen für die Veränderungen der Zeitauffassung. Wegen dieser selbst von der Zeit abhängigen Schätzungsfehler ist zugleich die mehrfach geplante Untersuchung der Frage, ob für die Schätzung von Zeitgrößen das Weber'sche Gesetz gültig sei oder nicht, völlig unausführbar, da mit jeder Veränderung des zu schätzenden Zeitintervalls auch die Bedingungen der Schätzung verändert werden, es also hier ganz unmöglich ist, jenen idealen Fall, den wir bei den Untersuchungen über das Weber'sche Gesetz herzustellen suchen, auch nur annähernd zu verwirklichen.

In seinen Versuchen über den Zeitsinn hat zuerst Vierordt Beobachtungen mitgeteilt, die nach dem oben skizzirten Verfahren ausgeführt sind. Zur Herstellung der zu vergleichenden Zeiträume bediente er sich der Schläge eines Ma elzel'schen Metronoms. Bei der Normalzeit wurde das Metronom auf eine bestimmte, während einer Versuchsreihe constant erhaltene Schwingungsdauer eingestellt; zur Herstellung der Vergleichszeit wurde entweder eine kleine Verschiebung an dem Laufgewicht des Metronoms vorgenommen, oder es wurde die Taktfolge der Normalzeit durch willkürlich hervorgebrachte Taktschläge von Seiten des Beobachters nachgeahmt, und diese Taktschläge wurden auf einer registrirenden Vorrichtung aufgezeichnet. Bei dem ersten Verfahren entsprechen die Beobachtungen der Methode der richtigen und falschen Fälle; denn es wurde im Allgemeinen gesucht, die Verschiebung so klein zu machen, dass sie die Grenze des Ebenmerklichen nicht überschritt. Das zweite Verfahren führte von selbst zur Anwendung der Methode der mittleren Fehler; denn es konnte hier der bei der Nachahmung der Taktfolge durchschnittlich begangene Fehler als Maß der Abweichung der geschätzten Zeit von der Normalzeit angesehen werden.

Die nach beiden Methoden ausgeführten Versuche sind jedoch aus verschiedenen Gründen nicht geeignet, zuverlässige Resultate zu ergeben. Das Princip der ersten Methode würde gefordert haben, dass nur wenige fest bestimmte Zeitdifferenzen, diese aber in einer sehr großen Zahl von Fällen angewandt würden. Dies war unausführbar, Vierordt begnügte sich daher mit den zufällig entstandenen, aber natürlich sehr zahlreichen Differenzen, die durch beliebige rasch ausgeführte kleine Verschiebungen des Laufgewichts hervorgebracht wurden. Ueberdies wurde schon oben erörtert, dass gerade in der Region der genauesten Zeitauffassung wegen der Feinheit unseres Zeitsinns die Methode der richtigen und falschen Fälle unanwendbar ist. Dass dies Vierordt selbst nicht bereits bemerkte, kann nur darin seinen Grund haben, dass er überhaupt die Methode nicht in exacter Weise anwandte. Das zweite Verfahren erscheint deshalb ungeeignet, weil es die Reproductionsmethode mit der Reactionsmethode in einer Weise verbindet, die es unmöglich macht, zu entscheiden, inwiefern die Abweichungen der Vergleichszeit von der Normalzeit in der Einmischung jener Vorgänge ihren Grund haben, welche der Ausführung der will-

kürlichen Taktbewegung vorangehen. Insbesondere ist es zu bezweifeln, ob der Taktschlag auch wirklich genau in dem Moment erfolgt, in welchem der Wille vorhanden ist, ihn auszuführen.

In den in meinem Laboratorium ausgeführten Versuchen wurde nach zwei Methoden verfahren, die in der Ausführungsweise verschieden sind, im Princip aber durchaus mit einander übereinstimmen. Für kleine Normalzeiten von 0,4—1,5 Secunden werden zwei Metronome benutzt, ein Normalmetronom und ein Vergleichsmetronom, deren Pendel durch Elektromagnete festgehalten und durch Stromunterbrechungen so in Bewegung gesetzt werden können, dass ein jedes zwei durch ein bestimmtes Intervall getrennte Schläge angiebt. Das an zweiter Stelle schlagende Vergleichsmetronom wird durch Verschiebung zweier Laufgewichte, eines größeren und eines kleineren, so lange variiert, bis ein eben merklicher Unterschied entsteht oder verschwindet. Bei der zweiten Methode, welche für alle größeren Zeiten benutzt werden kann, wird durch ein Uhrwerk eine mit constanter Geschwindigkeit rotirende Trommel in Bewegung gesetzt, an deren Umfang sich ein kleiner Metallfortsatz befindet, welcher bei seiner Bewegung Metallcontacte, die auf einem die Trommel umgebenden getheilten Kreis angebracht sind, herstellt und unterbricht und dadurch auf elektromagnetischem Wege momentane Glockensignale auslösen kann. Bei dieser Vorrichtung ist es möglich, die Normal- und Vergleichszeiten von einer untern Grenze von etwa 1,5 Secunde an beliebig zu verlängern und ebenso die Intervalle zwischen Normal- und Vergleichszeit beliebig zu variieren. Um jedoch bei Verlängerungen dieser Intervalle über den Betrag der Normalzeit hinaus reine Resultate zu erhalten, erweist es sich als nothwendig, dass man während der ganzen Dauer des Intervalls eine unwillkürliche Reproduction der Normalzeit unmöglich macht. Dies geschieht dadurch, dass man durch die Metallcontacte die Auslösung einer schnellen Folge von Gehöreindrücken (der Schläge einer elektrischen Klingel) bewirken lässt, die genau vom Ende der Normalzeit bis zum Beginn der Vergleichszeit andauert. Bei der Anwendung des Rotationsapparates sowohl wie der Metronome wird nach der Methode der eben merklichen Unterschiede in der früher angegebenen Weise verfahren.