

Neue Experimente über den Vorgang der einfachen Reaction auf Sinneseindrücke.

Von

Ludwig Lange.

Erster Artikel.

Mit vier Holzschnitten.

Die experimentellen Untersuchungen, deren Ergebnisse im Nachfolgenden veröffentlicht sind, haben von einer specielleren Frage ihren Ausgang genommen, von der Frage nämlich, welchen Einfluss der Zustand der Erwartung auf die Apperception von Sinneseindrücken ausübt. Es erschien von vornherein wohl kaum zweifelhaft, dass die apperceptive Erfassung eines Eindruckes um so schneller erfolgt, je gespannter derselbe erwartet wird; allein von der objectiven Bedeutung dieses Einflusses der Erwartung konnte man zunächst nur mit Hülfe des Experimentes ein klares Bild zu gewinnen hoffen.

Als nächstliegender Weg für eine derartige experimentelle Untersuchung bot sich der schon so vielfach zu ähnlichen Zwecken betretene Weg der Messung von Reactionszeiten dar. In der That war zu vermuthen, dass die den Umständen entsprechenden Verlängerungen oder Verkürzungen der Apperceptionsdauer in parallelgehenden Verlängerungen und Verkürzungen der Reactionszeit ihren Ausdruck finden würden; und man durfte also hoffen, wenn auch nicht die verschiedenen Werthe der Apperceptionszeit selbst, so doch wenigstens ihre Differenzen ermitteln zu können.

Mehr Schwierigkeiten, als die vergleichende Zeitmessung selbst,

schien die Orientirung über den jeweils vorliegenden Spannungsgrad der Erwartung darzubieten. Man bedarf geringer Ueberlegung, um sich zu überzeugen, dass es an einem directen objectiven Maß für diesen Spannungsgrad vollkommen gebricht, und dass eine auf die Apperceptionsdauer sich stützende mittelbare Maßbestimmung, wie sie in anderen Fällen ganz angebracht sein könnte, im vorliegenden Falle schlechterdings auf einen Cirkel hinauslaufen würde. Man musste der Sache also von einer anderen Seite beizukommen suchen, und hier eröffnete sich der folgende Weg, auf dem man immerhin erwarten durfte, gewisse vorläufige Ergebnisse als Grundlage späterer Untersuchungen zu gewinnen.

Wenn der Reagent, d. h. die Person, welche auf den fraglichen Sinneseindruck durch eine Bewegung reagiren soll, vermittelt eines Signales (Avertissements) darauf hingewiesen wird, dass der Eindruck unmittelbar bevorsteht, so wird der vorher absichtlich minimal erhaltene Spannungsgrad seiner Erwartung von dem Augenblicke dieses Signales an stetig zunehmen, ein Maximum erreichen, alsdann eine Zeit lang wesentlich unverändert bleiben, endlich aber in eine krampfartige Oscillation gerathen. Macht man also das zeitliche »Intervall« zwischen Signal und Haupteindruck (so nenne ich den Eindruck, auf den reagirt werden soll) verschieden groß, so wird der letztere bei verschieden hohem Spannungsgrade der Erwartung eintreten. Und wenn man die verschiedenen großen Intervallen entsprechenden Reactionszeiten ermittelt, so wird die durch Coordination zusammengehöriger Werthe gegebene Functionsbeziehung Anhalt genug bieten, um über die Frage, von der wir ausgingen, einiges Licht verbreiten zu können.

Untersuchungen über die Abhängigkeit zwischen dem »Intervall« und der Reactionszeit sind beiläufig und in beschränkter Anzahl schon von Anderen mitgetheilt worden. Ich komme auf diese Andeutungen bei passenderer Gelegenheit zurück.

Das Sinnesgebiet, auf welchem wir zunächst zu experimentiren begannen, war das Gehör, für welches eine zweckentsprechende Versuchsanordnung, wie die nachfolgend beschriebene, verhältnissmäßig am einfachsten hergestellt werden konnte.

I. Die Versuchsanordnung für Schallreactionen. Grundsätze für die Berechnung der erhaltenen Zeiten.

Die hervorstechendste Eigenthümlichkeit unserer Anordnung lag darin, dass der Experimentator und das Object der psychologischen Untersuchung, d. h. der Reagent, in zwei (durch mehrere Thüren von einander getrennten) verschiedenen Zimmern untergebracht waren, in ähnlicher Weise, wie dies bei den Versuchen von Tigerstedt und Bergqvist¹⁾ der Fall war. Als Signal für den Reagenten diente ein vom Experimentatorenzimmer aus hervorgebrachter einmaliger kurzer Anschlag einer elektrischen Glocke; als Haupteindruck ferner der Schall, welcher dadurch entstand, dass ein elektromagnetisch vom Experimentatorenzimmer aus bewegter Schlaghammer²⁾ auf einen unter ihm liegenden Amboss kräftig aufschlug.

Die von uns angewandte Aufstellung der Versuchsanordnung in zwei getrennten Räumen ist bei allen Reactionsversuchen natürlich schon um deswillen sehr zu empfehlen, weil dadurch die von den Zeitmessungsapparaten ausgehenden störenden Geräusche unschädlich gemacht werden. Für unsere Zwecke war sie aber sogar unumgänglich nothwendig; denn die Manipulationen, welche kurz vor jedem Versuch an den Zeitmessungsapparaten vorgenommen werden müssen, bringen stets Geräusche mit sich, welche bei ungetrennter Versuchsanordnung als unbeabsichtigte Signale wirken und insofern die geforderten Versuchsbedingungen verunreinigen würden.

Von der ganzen für Schallreactionen nothwendigen Anordnung befand sich im Reagentenzimmer außer der Signalglocke und dem elektromagnetischen Schlaghammer nur noch der Reactionstaster, welcher im Princip vollkommen mit den sonst angewandten Tastern übereinstimmte.

Als Zeitmessungsapparat diente das Hipp'sche Chronoskop älterer Construction, als galvanische Batterie eine Anzahl Meidinger'scher Elemente, von denen der Strom zunächst natürlich zu einem Strom-

1) Zeitschrift f. Biologie, hrsgg. von Kühne und Voit, Bd. XIX.

2) Derselbe, welchen Estel bei seinen Zeitsinnversuchen benutzt hat: Phil. Stud., Bd. II. S. 51.

wender geleitet wurde. Im übrigen wich die zur Zeitmessung dienende Drahtanordnung (was ihren schematischen Charakter anlangt) nicht wesentlich von der in Wundt's »Grundzügen« angegebenen¹⁾ ab. In unserer Figur²⁾ (Fig. 1) bedeutet *B* die Batterie. Von dem Commutator *C* verzweigt sich die Leitung. Der eine Zweig geht durch das Chronoskop *Ch* und das Rheochord *Rh* zurück zum

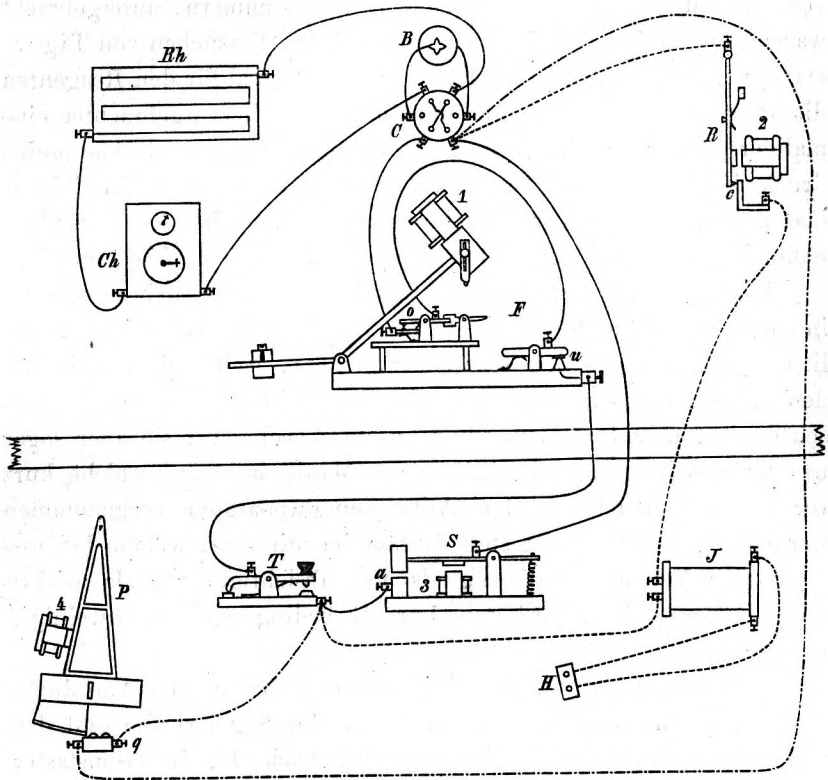


Fig. 1.

Stromwender. Der andere Zweig führt zunächst hinüber in's Reagentenzimmer und zwar zum Schlaghammer *S*, dann vom darunter liegenden Amboss *a* zum Reactionstaster *T*, von diesem zurück

1) *Physiol. Psychologie*, Bd. II³ S. 274 f.

2) In derselben sind alle Drahtleitungen fortgelassen, welche nicht unmittelbar mit der Zeitmessung etwas zu thun haben. Daher sind die Elektromagnete 1,2,3,4 ohne Drahtverbindung und die Signalglocke fehlt ganz.

in's andere Zimmer und zum Stromwender. Auf dem Wege zum letzteren aber schalteten wir einen Controlapparat F ein, welcher dazu diente, um den aus zu großer oder zu kleiner Stromstärke der (übrigens höchst constanten) Batterie herstammenden Fehler der chronoskopischen Ablesungsergebnisse ¹⁾, mit einem Worte um den jeweiligen Betrag der »elektromagnetischen Correction« zu bestimmen. Diese Correction wurde dann stets bei den Versuchsmitteln in Anrechnung gebracht. Unser Controlapparat war nicht identisch mit dem von Cattell²⁾ angewandten Fallchronometer, dessen Fall uns nach zahlreichen Proben nicht gleichmäßig genug erschien. Er entstand vielmehr durch eine einfache Umgestaltung aus dem von Berger zum nämlichen Zwecke verwendeten Fallhammer, welcher im Niederfallen erst bei o einen Contactschluss, dann um eine constante und ein für alle Mal bestimmte Zeit (»Controlzeit«) später bei u eine Contactöffnung herstellte. Um eine über 0,1 Secunde hinausgehende Controlzeit erhalten zu können³⁾, welche der Hammer, so wie ihn Berger anwandte, nicht zu liefern vermochte, verlängerten wir den Hammerstiel über den Drehpunkt hinaus und brachten hier ein nahezu equilibrirendes, fest einstellbares Laufgewicht an, was die Fallgeschwindigkeit in abstufbarer Weise zu ermäßigen gestattete. Ferner ersetzten wir im Laufe der Versuche den oberen Quecksilbercontact des Berger'schen Hammers durch einen festen, nicht schleifenden Platincontact, wodurch die Ungenauigkeiten vermieden wurden, welche aus Niveauänderungen und Verstäubungen des Quecksilbers entstehen können. Die Controlzeit wurde entweder direct mit Hülfe einer schreibenden Stimmgabel von bekannter Schwingungszahl oder unter Anwendung eines (zufällig bereitstehenden) Chronographen ermittelt; sie betrug bei unseren Versuchen stets nahezu 150^σ ($1^\sigma = 0,001$ Secunde). Wurde die Controlzeit nun mit Hülfe des Chronoskops gemessen (zu welchem Zwecke natürlich

1) Vgl. Berger, Philos. Stud. Bd. III. S. 45.

2) Philos. Stud. Bd. III. S. 306 ff.

3) Aus theoretischen Erwägungen folgt, dass die elektromagnetische Correction bei sehr kleinen Zeiten nicht nothwendig denselben Werth hat, wie bei größeren, wengleich angenommen werden darf, dass sie von einer gewissen unteren Grenze an vollkommen constant bleibt. Aus diesem Grunde ist es immer zu empfehlen, dass man der Controlzeit einen mittleren Betrag, d. h. einen solchen Betrag gibt, welcher dem Mittel der zu messenden Reactionszeiten nahe kommt.

der Reactions- und der Schlaghammercontact geschlossen sein mussten), so ergab sich nicht ihr wahrer Werth, der abgelesene Werth war vielmehr um die »elektromagnetische Correction« falsch, welche also auf diese Weise jederzeit leicht gefunden werden konnte. Stellte man hintereinander 10 chronoskopische Messungen der Controlzeit an, so betrug die mittlere Variation der zehn abgelesenen Werthe meist nur $0,8^{\sigma}$, häufig $0,5^{\sigma}$, niemals jedoch über $1,0^{\sigma}$; bei dieser außerordentlich großen Präcision der Versuchsanordnung kann für eine hohe Genauigkeit unserer Versuchsergebnisse wohl unbedingte Gewähr geleistet werden.

Bei den eigentlichen Reactionsversuchen mussten natürlich die Contacte o und u des Fallhammers F beide geschlossen sein, damit der Strom frei durch sie hindurchgehen konnte.

Um ein exactes Zeitintervall zwischen Glockensignal und Hammerschlag herstellen zu können, verwendeten wir ein Pendel, welches zu jeder Doppelschwingung gerade eine Secunde brauchte. Dieses Pendel schloss, wenn es in Schwingung versetzt war, selbstthätig jede Secunde beim Durchgang durch seine Ruhelage einen Platin-Quecksilbercontact. Der letztere aber war gleichzeitig in zwei Stromleitungen eingeschaltet, erstens in diejenige, welche den Elektromagneten der Signalglocke, zweitens in diejenige, welche den Elektromagneten des Schlaghammers enthielt. In jeder dieser Leitungen befand sich außerdem noch ein federnder Quecksilbercontact, welcher durch Niederdrücken mit dem Finger vorübergehend geschlossen werden konnte. Drückte man von diesen beiden Contacten den einen längere Zeit hindurch nieder, so gab das schwingende Pendel alle Secunden ein Glockensignal, drückte man den anderen nieder, so gab es alle Secunden einen Hammerschlag. Es erhellt nun ohne weiteres, dass man durch rechtzeitige Schließungen beider Contacte leicht bewirken konnte, dass zuerst ein einzelnes Glockensignal und genau 1, 2, 3 oder 4 und mehr Secunden später ein Hammerschlag eintrat. Ob es nöthig werden würde, auch gebrochene Secundenzahlen anzuwenden, konnte man von vornherein nicht wissen; trat diese Nothwendigkeit ein, so ließ sich voraussichtlich durch Verschiebung der beweglichen Pendellinse, d. h. durch Veränderung der Schwingungsdauer das meiste erreichen. Nur für Intervalle $< 1^s$ hätten wir einen besonderen Apparat heranziehen müssen.

Die Glocke, welche das Signal gab, diente gleichzeitig auch dazu, um vom Zimmer des Experimentators aus dem Reagenten Mittheilungen machen zu können. Umgekehrt konnte dieser mittelst einer im Experimentatorenzimmer aufgehängten elektrischen Klingel sich verständlich machen. Es hat kein Interesse, auf die zum Zweck dieser Communication erfundene primitive Zeichensprache näher einzugehen. Nur eins mag, als methodisch wichtig, erwähnt werden. Reactionen, welche der Reagent unmittelbar nach ihrer Ausführung als nicht correct erkannte, bezeichnete er selbst sofort als unrichtig, und die solchergestalt dementirten Zeiten wurden dann vor der Mittelziehung stets weggestrichen. Hiermit komme ich überhaupt auf die Grundsätze zu sprechen, welche ich bei Berechnung der Einzelresultate als maßgebend betrachtet habe.

Die Wegstreichung von abnormen Reactionszeiten habe ich beschränkt auf folgende Fälle:

1) Wie schon gesagt, wurden alle vom Reagenten selbst als incorrect bezeichneten Reactionen gestrichen.

2) Die zwei bis drei ersten Zahlen einer Versuchsreihe wurden, sofern sie auffallend von dem Durchschnitt der späteren abwichen, unbedenklich fortgelassen. In der That müssen gewöhnlich erst einige Reactionen ausgeführt worden sein, ehe der Reagent richtig in Zug kommt, und störende Nebengedanken vermeiden lernt.

3) Häufig zeigte die unmittelbar nach einem dementirten Versuche erhaltene Zeit eine auffallende Abweichung vom Normalen, die einfach daher rührte, dass der Reagent noch von dem peinlichen Gedanken an die falsche Reaction befangen war. Auch in diesem Falle habe ich die Streichung als erlaubt angesehen.

4) Wird das »Intervall« constant erhalten (während einer Reihe) und ist obendrein die Zwischenzeit zwischen je zwei aufeinander folgenden Versuchen, die »Periode« der Reihe, klein (20^s und weniger), so kann es unter gewissen Umständen sehr leicht vorkommen, dass der Reagent mehr oder minder bewusster Weise unmittelbar nach Auffassung des Signals das Intervall reconstruirt und nun sich auf eine gleichzeitig mit dem Haupteindruck auszuführende Registrirbewegung einrichtet, ähnlich wie etwa ein Jäger dem fliegenden Federwild voranzieht. Die so erhaltenen Zeiten

sind natürlich keine echten Reactionszeiten¹⁾; sie zeichnen sich durch außerordentlich geringen, oft sogar negativen Betrag aus, so dass bei ihrer Messung der Zeiger des Chronoskops nur wenig oder gar nicht vorrückt. Natürlich dürfen solche Werthe nicht mit den echten Reactionszeiten zusammengeworfen und zur Mittelbildung verwendet werden. Nun wurden bei unseren Versuchen derartige Zeiten allerdings fast stets vom Reagenten dementirt; indess kam mitunter auch wohl einmal eine negative oder auffallend kleine Zeit vor, welche nicht dementirt wurde. Nach welchem Grundsatz war dann darüber zu entscheiden, ob diese Zeit als verdächtig fortzulassen sei oder nicht? wohin mit einem Worte hatte man die untere Grenze der unverdächtigen Reactionen zu verlegen? Ich habe, um diese untere Grenze festzustellen, soviel als möglich auch Versuchsreihen mit variablem Intervall angestellt, d. h. Reihen, in denen in unvorhergesehener Reihenfolge das Intervall bald 1, bald 2, bald 3 und mehr Secunden betrug. Die hierbei erhaltenen Minimalzeiten wurden als untere Grenze der unverdächtigen Reactionszeiten betrachtet und alles, was noch kleiner war, weggestrichen.

Endlich will ich, als für zukünftige Untersuchungen wichtig, betonen, dass die Anzahl der vorzeitigen Reactionen durch mehrere Einflüsse sich fast auf Null verminderte:

- 1) Durch Uebung des Reagenten.
 - 2) Dadurch, dass wir der Versuchsperiode eine Länge von vollen 30 Secunden gaben. Diese Maßregel hatte nebenbei den guten Erfolg, dass der Reagent hinreichend Zeit behielt, um über den vorangegangenen Versuch sich Rechenschaft zu geben.
 - 3) Dadurch, dass der Reagent strengstens darauf achtete, seine Aufmerksamkeit erst mit Erfassung des Signales anzuspannen. Diese Maßregel war ja ohnehin, wenn man correcte Versuche über den Einfluss der Intervallgröße anstellen wollte, unumgänglich nothwendig. Sie gewährte überdies den Vortheil, dass der Reagent seine Aufmerksamkeit nicht unnöthig vergeudete und folglich auch dem Einfluss der Ermüdung in kaum merklichem Grade unterworfen war.
- Befand sich der Reagent schlecht, so wurden mit ihm keine Versuche angestellt; insbesondere wurden die Versuchsreihen an

1) Vgl. Berger, Philos. Stud. Bd. III, S. 48.

solchen Tagen verworfen, wo nervöse Angegriffenheit mit inconstanten Ergebnissen im Laufe des Experimentirens an den Tag trat.

Die angegebenen arithmetischen Mittel sind aus Reihen von 20—30, und zwar meist aus nahezu 25 Versuchen gebildet worden.

II. Thatsächliches über zwei verschiedene Methoden der Reaction: Musculäre und sensorielle Reactionen.

Es liegt in dem Wesen einer sachlich und insbesondere methodologisch so unentwickelten Disciplin, wie der Psychometrie, dass man bei Beginn irgend welcher einschlagenden Untersuchungen einen festen Forschungsplan, an den man sich dann im weiteren unverbrüchlich zu halten hätte, gar niemals aufstellen kann. Man wird zwar stets von bestimmten Fragen ausgehen und jederzeit Perspektiven nach einer bestimmten Richtung hin sich gegenwärtig halten müssen. Allein in den meisten Fällen wird im Verlaufe der Untersuchung durch unvorhergesehene Nebenresultate zwingende Veranlassung geboten werden, die eingeschlagene Richtung fürs erste zu verlassen und einer anderen sich zuzuwenden. So drängte sich uns, als wir mit den ersten Einübungsversuchen beschäftigt waren, vor allem eine Frage auf, deren exacte Erledigung die erste Bedingung für sicheres Fortschreiten zu sein schien.

Unter dem günstigen Einflusse nämlich, welchen die Ruhe und Einsamkeit auf den Reagirenden ausübten, sowie infolge der verhältnissmäßig recht langen Versuchsperioden, die es ihm gestatteten, sich von den subjectiven Bedingungen jedes Versuches nachträglich Rechenschaft zu geben, bot sich gleichsam von selbst die Vermuthung dar, es werde auf die Dauer der Reaction einen Einfluss haben, ob man seine Erwartung grundsätzlich mehr im Sinne des zu erfassenden Sinneseindruckes oder mehr im Sinne der auszuführenden Reactionsbewegung concentrirte. In der That nun hat uns die weitere Erfahrung folgendes gelehrt:

1) Es lassen sich einerseits Reactionen gewinnen, wenn man an den bevorstehenden Sinneseindruck gar nicht denkt, dagegen so lebhaft als möglich die Innervation der auszuführenden Reactionsbewegung vorbereitet.

2) Andererseits kann man, indem man jede vorbereitende Bewegungsinervation grundsätzlich vermeidet, seine ganze vorbereitende Spannung dem zu erwartenden Sinneseindrucke zuwenden, wobei man sich aber gleichzeitig vornimmt, unmittelbar nach Auffassung des Eindruckes, ohne bei diesem unnötig zu verweilen, den Impuls zur Bewegung folgen zu lassen; die in diesem Fall erhaltenen Reactionen sind, sowohl was ihre psychologische Bedeutung als was ihre Dauer anlangt, von den Reactionen der ersten Art vollkommen verschieden.

Es wird sich empfehlen, für beide Arten der Reaction irgendwelche Bezeichnungen einzuführen, welche das rein Thatsächliche der Reactionsbedingungen zu möglichst treffendem Ausdrucke bringen. In diesem Sinne mögen die Reactionen von der ersten Gattung als »extrem musculäre Reactionen« bezeichnet werden; nicht, als ob bei denen der zweiten Gattung die Muskelbewegung ohne Bedeutung wäre, sondern nur um auszudrücken, dass von dem Reagenten der denkbar höchste Grad seiner Spannung ausschließlich zur vorbereitenden Innervation der reagirenden Muskelgruppe verwandt wurde. Andererseits mögen die Reactionen der zweiten Gattung, bei welchen also ein möglichst hoher Grad der Spannung ausschließlich zur Auffassung des Sinneseindruckes (unter principieller Vermeidung jeder vorbereitenden Bewegungsinervation) angewandt wird, als »extrem sensorielle Reactionen« gekennzeichnet werden.

Zu beiden Reactionsweisen sind noch die folgenden principiellen Bemerkungen zu machen.

Was erstens die musculäre Reactionsweise anlangt, so ist ausdrücklich vor dem Missverständnisse zu warnen, als bestehe die hier geforderte vorbereitende Bewegungsinervation ihrem Wesen nach in einer möglichst starken gegenseitigen Spannung von Antagonisten. Dies ist keineswegs der Fall. Allerdings werden minimale Muskelspannungen und die ihnen entsprechenden Muskelempfindungen secundärer Weise meist vorhanden sein, allein der Grad dieser Empfindungen ist erfahrungsgemäß absolut nicht maßgebend dafür, ob die vorbereitende Innervation gut gelungen ist oder nicht. Beiläufigen Versuchen zufolge scheinen vielmehr bei wirklich vorangehender möglichst hoher Anspannung der Beuger

und Strecker keine wesentlich anderen Reactionszeiten zu resultiren, als wenn solche Spannungen nur in minimalem Grade und secundärer Weise bei musculären Reactionen vorkommen; höchstens mag der Einfluss der Muskelermüdung dort ein größerer als hier sein¹⁾.

Andererseits ist das gänzliche Fehlen von Muskelempfindungen (auch der minimalsten) ein recht zuverlässiges Kriterium dafür, ob die eine Hauptbedingung der extrem sensoriellen Reaction (Vermeidung aller vorbereitenden Bewegungsinervation) erfüllt ist. Es pflegt einige Zeit über den nothwendigen Einübungsversuchen hinzugehen, ehe es den Reagenten gelingt, nach dieser Richtung hin das Ideal der sensoriellen Reaction zu verwirklichen. Gewöhnlich aber beginnen sie dann über das Ziel hinaus zu schießen, und es tritt ein Stadium ein, worin auffallend lange Zeiten, noch beträchtlich längere als die unten angegebenen, erhalten werden. Es beruht dies darauf, dass man zwar einerseits die vorbereitende Innervation der Bewegung vermeiden gelernt, aber andererseits auch noch nicht die erreichbare Gelenkigkeit im Uebergang vom Sinneseindruck zur Bewegung erzielt hat. Man haftet an dem Eindrücke, indem man ihn entweder ganz gedankenlos betrachtet, oder etwa mit dem von früherher vorhandenen Erinnerungsbild assimilirt. Die so erhaltenen Reactionszeiten sind denn auch nicht als einfache Reactionszeiten zu betrachten. Erst wenn es dem Reagenten durch vielfältige und gewissenhafte Uebungen gelungen ist, eine möglichst präzise Coordination des Willensimpulses zur Sinnesempfindung zu Stande zu bringen, erst dann wird man Zeiten erhalten, welche als typische sensorielle Reactionszeiten angesehen werden dürfen. Die Erlernung guter sensorieller Reactionen ist aber offenbar schon darum weit schwieriger als die Uebung der musculären Reactionsweise, weil dort (anders als hier) alles darauf ankommt, dass man sich strengstens vor zwei entgegengesetzten Fehlern in Acht nimmt: erstens vor der vorbereitenden Innervation der reagirenden Bewegung, zweitens vor unnöthiger Verzögerung des Willensimpulses.

Man kann den Unterschied zwischen musculärer und sensori-

1) Analog scheint mir auch die der Reaction gewöhnlich vorangehende Gesichtsvorstellung des bewegten Armes nur von secundärer Bedeutung zu sein: denn von dem Grad ihrer Lebhaftigkeit hängt die Präcision des Reactionsvorganges ganz und gar nicht ab.

eller Gespanntheit, soweit er auf dem Vorhandensein oder Mängel der vorbereitenden Bewegungsinervation beruht, auch auf folgende Weise anschaulich machen. Wir nehmen an, der Arm des Reagierenden liege auf einer Unterlage, welche (ohne dass der Reagent es zuvor weiß) plötzlich entfernt werden kann. Vorausgesetzt nun, der Reagent habe die hebenden Armmuskeln vorbereitend innervirt, und es werde nun auf einmal die Unterstützung hinfortgenommen, so wird reflectorisch der Arm ein Stück emporschnellen und in erhobener Stellung eine Zeit lang verharren. Ist dagegen jede vorbereitende Innervation vollkommen vermieden worden, so wird der Arm schlaff herabfallen.

Wenn ich die beiden grundverschiedenen Reactionsmethoden als die »extrem musculäre« und »extrem sensorielle« bezeichnet habe, so geschah dies nicht ohne Grund. Es versteht sich fast von selbst, dass man auch einen Mittelweg zwischen den beiden extremen Methoden einschlagen kann, indem man seine Spannung sozusagen nach irgend einem Theilverhältniss zwischen Hand und Ohr theilt. Diese mittleren Reactionsweisen können aber natürlich nicht dasselbe Interesse beanspruchen, wie die extremen Methoden, zumal von einer Controle hinsichtlich des zur Verwendung gekommenen Theilverhältnisses keine Rede sein kann. Die erhaltenen Reactionszeiten stehen, sowohl was ihr arithmetisches Mittel, als auch, was ihre mittlere Variation anlangt, im allgemeinen zwischen den extrem musculären und den extrem sensoriellen in der Mitte.

Mit Rücksicht auf die extremen Methoden aber müssen wir uns eines immer gegenwärtig halten: der Spannungsgrad der Erwartung ist bei beiden vollkommen der nämliche und nur die Richtung, nach welcher hin die Erwartung gespannt ist, eine verschiedene. Dies verdient um so mehr hervorgehoben zu werden, weil eine missverständliche Deutung der Versuchsergebnisse zu der Annahme führen könnte, als seien die extrem sensoriellen Reactionen einfach Reactionen in unaufmerksamem Zustande. Jeder, der selbst Erfahrungen in diesen Dingen gemacht hat, wird eine solche oberflächliche Interpretation sofort von der Hand weisen.

Nach diesen Vorbemerkungen sei es mir gestattet, zunächst die allerersten ziffermäßigen Resultate mitzutheilen, welche wir erhielten, indem wir unmittelbar hintereinander vergleichende Ver-

suchsreihen über beide Reactionsweisen anstellten. Wie üblich, bezeichne ich mit *a. M.* das arithmetische Mittel, mit *m. V.* die mittlere Variation der Versuchsreihen, beide in $\sigma = 0,001$ Secunde als Einheit ausgedrückt, mit *n* die Anzahl der in den Reihen zur Berechnung gekommenen Einzelreactionen. *J* bedeutet das »Intervall« zwischen Signal und Haupteindruck, *II* die »Versuchsperiode«. Ueber das Intervall habe ich noch folgendes zu bemerken. Unter den sensorischen Reactionen, wo sich uns kein entscheidender Anlass darbot, ein bestimmtes Intervall als besonders günstig zur Erreichung extremer sensorischer Spannung zu betrachten, habe ich ungesondert Mittelwerthe zusammengestellt, die bei verschiedenen Intervallen gewonnen waren. Bei den musculären Reactionen hingegen ergab sich (wovon in einem späteren Abschnitte des näheren die Rede sein wird) die auch durch Selbstwahrnehmung gestützte Thatsache, dass im allgemeinen ein bestimmtes Intervall, und zwar für verschiedene Reagirende nicht immer das nämliche, am günstigsten sei, um die extrem musculäre Reactionsweise zu erzielen: dieses Intervall ist daher in den nächstfolgenden Tabellen, soweit möglich, bevorzugt worden. Was ferner die Periode *II* anlangt, so haben wir sie vom 1/VII 86 an bis auf weiteres bei musculären Reactionen etwas größer als bei sensorischen (nämlich 40^s statt 30^s lang) genommen, und zwar aus dem Grunde, weil es dem relativ ungebübten Reagenten damals noch zu schwer fiel, nach musculärer Anspannung bei *II* $\leq 30^s$ vorzeitige Reactionen zu vermeiden.

Folgendes nun waren unsere ersten (vorläufigen) Ergebnisse: (Vgl. die erste Tabelle auf S. 492).

Diese Zahlen können indessen wohlverstanden keineswegs als endgültige betrachtet werden; vielmehr durfte man von vornherein erwarten, dass sich der Unterschied der Zeiten mit fortschreitender Uebung noch ziemlich vergrößern werde. Einestheils war möglicher Weise die untere Grenze der extrem musculären Zeiten, wie sie einem wirklich maximalen Grade musculärer Vorbereitung entsprechen würde, noch nicht erreicht. Andernteils gaben beide Reagenten einstimmig an, dass bei den mitgetheilten sensorischen Reihen jene Hauptbedingung, alle und jede vorbereitende Bewegungsinervation zu vermeiden, noch nicht in voller Strenge erfüllt gewesen sei. Namentlich also sind die als sensorisch

N. L.*)						
Datum	Reactionsweise	J	II	a. M.	m. V.	n
28/VI 86	musculär	2 ^s	20 ^s	116 ^σ	8 ^σ	21
„	sensoriell	2	20	167	19	27
1/VII 86	sensoriell	3	30	172	21	25
„	musculär	3	40	126	12	22
6/VII 86	sensoriell	1	30	170	20	25
„	musculär	1	40	124	10	23
B.*)						
Datum	Reactionsweise	J	II	a. M.	m. V.	n
2/VII 86	musculär	2	40	137	11	24
„	sensoriell	2	30	174	27	27

mitgetheilten Zeiten durchaus nicht als extrem sensoriell zu betrachten. Immerhin lehren uns die angeführten Reihen, dass unabhängig von der Zeitlage und bei verschiedenen Individuen die mittleren sensorischen Reactionszeiten sowie auch die zugehörigen mittleren Variationen stets beträchtlich länger als die musculären sind; und nachdem diese Erkenntniss einmal feststeht, hat es nun-

N. L.						
Sensorielle Reactionen						
Datum	J	II	a. M.	m. V.	n	
8/VII 86	1 ^s	30 ^s	222 ^σ	21 ^σ	25	
„	2	30	216	21	26	
„	1	30	232	19	25	
Gesamtergebnis:			223 ^σ	20 ^σ	76	
Musculäre Reactionen						
Datum	J	II	a. M.	m. V.	n	
12/VII 86	2	40	127	8	24	
„	2	40	124	11	26	
13/VII 86	2	30	129	15	24	
2/VII 86	2	30	122	11	25	
Gesamtergebnis:			125 ^σ	11 ^σ	99	

*) Meine Mitarbeiter Herr Nicolai Lange aus Petersburg und Herr Belkin aus Moskau. Es sei mir an dieser Stelle erlaubt, meinen sämtlichen Mitarbeitern für die thatkräftige Unterstützung, die sie mir geleistet, meinen herzlichen Dank auszusprechen.

mehr auch keine Bedenken mehr, Resultate von verschiedenen Tagen zum Vergleiche nebeneinander zu stellen. Dies ist in den nachstehenden Tabellen geschehen.

B.					
Sensorielle Reactionen					
Datum	J	II	a. M.	m. V.	n
10/VII 86	1 ^s	30 ^s	236 ^σ	36 ^σ	30
„	2	30	235	24	24
„	1	30	212	25	25
„	2	30	211	20	26
Gesamtnresultat:			224 ^σ	26 ^σ	105
Musculäre Reactionen					
Datum	J	II	a. M.	m. V.	n
9/VII 86	1	40	121	9	28
„	1	40	129	10	21
„	1	40	127	10	20
14/VII 86	1	30	133	8	22
15/VII 86	1	30	156	8	25
16/VII 86	1	30	150	10	25
„	1	30	138	11	23
Gesamtnresultat:			137 ^σ	9 ^σ	164

L. L. *)					
Musculäre Reactionen					
Datum	J	II	a. M.	m. V.	n
24/VII 86	2 ^s	30 ^s	124 ^σ	9 ^σ	27
„	2	30	124	8	21
2/VI 87	variabel (1,2,3 ^s)	30	121	9	25
Gesamtnresultat:			123 ^σ	9 ^σ	73
Sensorielle Reactionen					
Datum	J	II	a. M.	m. V.	n
26/VII 86	3	30	231	32	18
„	2	30	230	33	19
Gesamtnresultat:			230 ^σ	32 ^σ	37

Hier findet man in der Horizontalreihe »Gesamtnresultat« jedes-

*) Der Verfasser dieser Abhandlung.

mal das *a. M.* aus sämmtlichen Einzelversuchen aller darüber stehenden Reihen angegeben, während daselbst unter *m. V.* das arithmetische Mittel aus den mittleren Variationen der Reihen vermerkt ist.

Den vorstehenden Tabellen zufolge ist die Differenz der sensoriellen und musculären Gesamtmittel für *N. L.* 98^σ , für *B.* 87^σ , für *L. L.* 107^σ .

Ich will endlich noch die Resultate für einen vierten Reagirenden anführen (Herrn Kolubowsky), bemerke indessen, dass dieselben keine definitive metrische Bedeutung beanspruchen können. Nicht nur ist zu vermuthen, dass das angewandte Intervall (1^s) für *K.* noch nicht das günstigste zur Erreichung maximaler musculärer Vorbereitung war, sondern vor allem ist bei der verhältnissmäßig geringen Vorübung dieses Reagenten die sensorielle Reaction gewiss nicht als extrem zu betrachten. Trotzdem sei die Reihe angeführt, weil sie immerhin dazu beiträgt, das Vorhandensein des Zeitunterschiedes als ein allgemeingültiges nachzuweisen.

<i>K.</i>					
Musculäre Reaction					
Datum	<i>J</i>	<i>II</i>	<i>a. M.</i>	<i>m. V.</i>	<i>n</i>
12/XI 86	1^s	30^s	144^σ	9^σ	25
15/XI „	1	30	145	13	25
17/XI „	1	30	151	9	24
Gesamtergebnis:			147^σ	10^σ	74
Sensorielle Reaction					
Datum	<i>J</i>	<i>II</i>	<i>a. M.</i>	<i>m. V.</i>	<i>n</i>
17/XI 86	1^s	30^s	192^σ	24^σ	22

Außer diesen 4 Reagirenden sind beiläufig noch zahlreiche andere Personen auf ihre musculäre und sensorielle Reactionsdauer geprüft worden, und bei allen hat es sich bestätigt, dass die extrem sensoriellen Reactionszeiten um ein bedeutendes länger sind, als die extrem musculären. Diese Zahlenergebnisse hier im einzelnen anzuführen, hätte indessen wenig Zweck, da sie wegen mangelnder Vorübung der Reagirenden meist ebenfalls keine definitive metrische Bedeutung in Anspruch nehmen können. Eines will ich aber bei

dieser Gelegenheit noch besonders hervorheben. Es gibt nach unseren Erfahrungen einzelne Personen, welche, wengleich auch bei ihnen die arithmetischen Mittel der musculären und sensoriellen Reihen eine Differenz im nämlichen Sinne zeigen wie bei den übrigen, dennoch selbst durch angestrengte Uebung und beim besten Willen ihrerseits nicht dahin zu bringen sind, eine Reihe hindurch constant nach derselben Methode zu reagiren. Sie sind dafür zu nervös und zu concentrationsunfähig und haben meist infolge allgemeiner psychischer Erregung nicht einmal die Geistesgegenwart, die von ihnen als falsch erkannten Reactionen zu dementiren. Es hätte natürlich keinen Werth für die normale Psychologie, in diesem offenbar krankhaften Zustande (der übrigens tageweise auch solche Individuen befallen kann, die sich für gewöhnlich im Reagiren sicher fühlen) Versuche anzustellen.

Um nun auf unsere zuverlässigsten Versuchsreihen (nämlich die mit den Reagenten *N.L.*, *B.* und *L.L.* angestellten) zurückzukommen, so sprechen dieselben jedenfalls übereinstimmend dafür, dass die mittlere Dauer der extrem sensoriellen Reaction (auf Schall) um etwa 85—110^σ länger ist als diejenige der extrem musculären; fernerhin geht aus ihnen hervor, dass die *m. V.* (welche offenbar ein Maß für das Schwanken der Einzelversuche innerhalb einer Reihe abgibt) bei extrem musculären Reactionen durchschnittlich 8—15^σ beträgt, während dieselbe bei extrem sensoriellen zwischen 20^σ und 40^σ variirt. Welche theoretische Bedeutung diesen Thatsachen innewohnt, werden wir im folgenden Abschnitte sehen.

Als eine Vermuthung von nahezu thatsächlicher Gewissheit darf ich es unseren Erfahrungen zufolge wohl hinstellen, dass für vollkommen gesunde Personen, die unter den nämlichen äußeren Umständen und grundsätzlich nach derselben extremen Methode reagiren, wesentliche »persönliche Differenzen« nicht vorhanden sind. Auch eine und dieselbe Person zeigt, wenn sie an verschiedenen Tagen, obzwar nach möglichst demselben Princip reagirt, gewisse Differenzen, deren Betrag kaum geringer ist als die Unterschiede verschiedener Individuen. Was man ferner bisher schlechthin als den verkürzenden (und die Constanz der Resultate erhöhenden) Einfluss der Uebung auf die Reactionsdauer bezeichnet hat, das läuft m. E. zum guten Theile darauf hinaus, dass die Reagenten,

ohne sich dessen bewusst zu sein, immer mehr die Gewohnheit annehmen, nach der extrem musculären Methode zu reagiren. Ich glaube, dass im obigen das Recept, jene »Uebung« schneller als auf gewöhnliche Weise zu erreichen, genau angegeben ist: man hat nichts weiter nöthig, als dass man sich Mühe gibt, die Bedingungen der extrem musculären Reaction möglichst exact zu verwirklichen. Auch hierin freilich wird man durch Uebung gewisse Fortschritte machen.

Stellt man verschiedenen psychologisch noch ganz unerfahrenen Individuen die Aufgabe, eine Reihe von Reactionen auszuführen, und zwar absichtlich, ohne sie zuvor von dem Unterschiede der Reactionsmethoden etwas wissen zu lassen, so wird der Eine zunächst vorwiegend musculäre, der Andere vorwiegend sensorielle Reactionen zu Tage fördern. Mit fortschreitender Praxis dürften allerdings wohl die Meisten schließlich der musculären Reactionsweise sich nähern, indem sie bei dem Streben nach möglichst schneller Reaction unbewusster Weise das zum Ziel führende Mittel treffen. Welche Reactionsweise aber Einer von vorn herein bevorzugt, das ist wohl Sache des Temperaments. Individuen von hervorragender motorischer Energie werden sogleich nahezu extrem musculär reagiren, während bedächtige Naturen im allgemeinen mehr zur sensoriellen Reactionsweise geneigt sind.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit dringend vor Massenversuchen mit solchen Personen warnen, welchen die Fähigkeit abgeht, ihren Bewusstseinsinhalt psychologisch zu analysiren. Denn eben weil hier die differenzirenden psychologischen Bedingungen, insoweit wenigstens als sie im Bewusstsein selbst gelegen sind, der Controle sich entziehen, so wird man mit den Ergebnissen derartiger Versuche entweder gar nichts anfangen können, oder man wird sie über einen Kamm scheren. Welche Verwirrung aber durch ein derartiges unkritisches Verfahren entstehen kann, bedarf nach dem vorangegangenen wohl keiner Erläuterung.

Ich beschließe diesen Abschnitt, indem ich noch einige den Unterschied der Reactionsweisen betreffende Thatsachen hervorhebe, welche mir für die Theorie der Reaction von ganz hervorragender Wichtigkeit zu sein scheinen. Die erste dieser Thatsachen ist die, dass die sogenannten vorzeitigen Registrirungen (s. o. S. 485f.) in

extrem sensoriiellen Versuchsreihen niemals vorkommen, während sie andererseits in extrem musculären Reihen nur durch besondere (a. a. O. näher bezeichnete) Vorsichtsmaßregeln zu vermeiden sind. Eine zweite nach zahlreichen von uns angestellten Versuchen vollkommen feststehende Thatsache besteht darin, dass in einer extrem musculären Reihe auf jeden unerwartet eingeschobenen vexirenden Reiz fremder Sinnesqualität (z. B. bei Schallreactionen auf einen eingeschobenen elektrischen oder optischen Reiz) mit Nothwendigkeit reagirt wird — und zwar zur eigenen komischen Verwunderung des Reagenten — während in sensoriiellen Reihen die Reaction eben so unfehlbar unterbleibt; einzige Voraussetzung ist, dass der vexirende Reiz eine gewisse Intensitätsschwelle überschreitet. Diesen beiden mehr äußerlichen Erfahrungsthatfachen reiht sich ein drittes ausschließlich inneres Bewusstseinsfactum an: bei extrem musculären Reactionen hat der Reagent die entschiedene Vorstellung, gleichzeitig mit, ja mitunter sogar vor dem Sinneseindrucke zu reagiren, bei extrem sensoriiellen dagegen nimmt er deutlich wahr, dass seine Reactionsbewegung hinter dem Eindrucke nachkommt.

Hiernach wende ich mich dazu, den Vorgang der Reaction einer näheren theoretischen Betrachtung zu unterziehen und namentlich den Unterschied der Reactionsweisen auf sein eigentliches psychophysisches Wesen zu untersuchen.

III. Theoretisches über den Unterschied der Reactionsweisen.

Dass es zwei ihrem Wesen nach durchaus verschiedene Arten der einfachen Reaction gibt, ist meines Wissens bisher noch von keinem Beobachter hervorgehoben worden. Zwar findet man hier und da Andeutungen des Inhaltes, dass die Reaction durch zunehmende »Uebung« immer mehr einen automatischen Charakter annehme; allein als zureichender Grund dieser Erscheinung wurde schlechthin die steigende Concentrirung der Aufmerksamkeit angesehen, und es blieb verborgen, dass die Richtung der letzteren von entscheidender Bedeutung sei, ja dass die Erwartung des Reagenten gerade eben nicht auf den Sinneseindruck gelenkt sein dürfe, um den möglichst automatischen Charakter der Reaction

zu erzielen. M. a. W. man hielt einen in Wahrheit qualitativen Unterschied für durchaus bloß quantitativ.

Unter diesen Umständen war es auch nicht zu verwundern, dass man dem Vorgange der einfachen Reaction schlechthin eine all-gemeingültige Interpretation unterlegte, und dass man die großen Verschiedenheiten, welche die Dauer der Reaction auf den nämlichen Eindruck in verschiedenen Fällen und insbesondere für verschiedene Individuen aufwies, ganz und gar glaubte auf Rechnung »individueller Verschiedenheiten«, sowie des »Aufmerksamkeitsgrades«, der »Uebung« und der »Ermüdung« setzen zu dürfen, womit bei Lichte betrachtet doch nur ein Verzicht auf wirkliche Erklärung jener Verschiedenheiten ausgesprochen war.

Schon Donders¹⁾ hat es unternommen, den Act der einfachen Reaction in seine wesentlichen Bestandtheile zu zerlegen. Wundt hat sodann, indem er vom vorwiegend psychologischen Standpunkte aus gewisse Elemente schärfer hervorhob, andere, deren Trennung nicht wesentlich schien, zusammenfasste, ein einfacheres Schema entworfen, wonach 5 Unterabtheilungen des Vorganges zu unterscheiden wären²⁾:

- 1) Centripetale Leitung vom Sinnesorgan bis zum Gehirn.
- 2) Perception oder Eintritt in das Blickfeld, des Bewusstseins (wahrscheinlich zusammenfallend mit der Erregung der centralen Großhirnsinnesflächen).
- 3) Apperception, oder Eintritt in den Blickpunkt des Bewusstseins.
- 4) Willenserregung und Auslösung der registrirenden Bewegung im Centrum.
- 5) Centrifugale Leitung vom Centrum bis zu den reagirenden Muskeln und Anwachsen der Energie in denselben.

Dieses Schema ist seitdem von den psychometrischen Experimentatoren des Leipziger Laboratoriums im wesentlichen beibehalten worden. Indessen hat bereits Berger mit Recht hervorgehoben,

1) Archiv f. Anatomie und Physiologie 1868. S. 664.

2) Die neuerdings erschienene dritte Auflage der »Physiologischen Psychologie« drückt dieses Schema zunächst unverändert wieder ab (Bd. II S. 262), beschränkt aber dann auf Grund unserer Versuchsergebnisse seine Gültigkeit auf die sensorielle (vollständige) Reactionsform.

dass die Vorgänge 2—4 gewisse Veränderungen erfahren können, wodurch die strenge Gültigkeit des Schemas beeinträchtigt werde. »Bei längerer Uebung wird der Vorgang 4 verkürzt, die Reaction erfolgt »mit großer mechanischer Sicherheit« oder wie andere sagen »reflectorisch«. Der letzte Ausdruck sagt aus, dass man sich der Willenserregung nicht mehr ausdrücklich bewusst wird. Dasselbe kann aber, wie es scheint, auch mit dem Reize selbst der Fall sein. Man wird sich des Reizes oft erst bewusst, nachdem man die Bewegung bereits ausgelöst, ja womöglich schon ausgeführt hat. Einer solchen Reaction würde also ein Schema von der Form:

$$\left[1. 2. \begin{cases} 3. \\ 4. 5. \end{cases} \right]$$

entsprechen, worin sich nach der Perception eine Theilung vollzieht. Einestheils schließt sich die Auslösung der Bewegung bereits an die Perception an, andernteils wird während derselben Zeit auch noch die Apperception vollzogen¹⁾«.

Gegen diese der automatischen Reaction angepasste Modification des Wundt'schen Schemas ist nur das eine einzuwenden, dass sie noch nicht radical genug ist. Eine Willenserregung, deren man sich »nicht mehr ausdrücklich bewusst wird«, verdient auch nicht den Namen einer Willenserregung; denn gerade das ist das Kriterium der Willenshandlung, dass wir sie mit vollstem Bewusstsein ausführen. Demnach ist auch die Formel $\left[1. 2. \begin{cases} 3. \\ 4. 5. \end{cases} \right]$, worin unmittelbar der Perception ein »Willensimpuls« sich anschließen soll, nicht geeignet, die automatisch gewordene, mit einem anderen Worte die musculäre Reaction richtig darzustellen. Wenn man also unstreitig Berger Recht geben muss, dass die musculäre Reaction keine Apperception einschließt, so wird man hingegen insofern noch über ihn hinaus gehen müssen, als man auch die Willenserregung aus dem Schema der musculären Reaction eliminirt. Diese Form der Reaction ist in der That nichts weiter

1) Philos. Studien, Bd. III S. 51. Vgl. Cattell, ebendas. Bd. III S. 322. Die von Cattell an dieser Stelle gegebene Theorie der Reaction passt einigermaßen auf die musculäre Reaction und stimmt mit unserer unten auszuführenden Theorie der musculären Reactionsweise auch in manchem überein; indessen hat Cattell den Wesensunterschied der beiden Reactionsweisen doch noch nicht zum Ausdruck gebracht und glaubt mit der »Uebung« alles erklären zu können.

als ein Hirnreflex; und wenn sie sich von den Reflexen niederer Centralorgane (z. B. des Rückenmarkes und der Medulla oblongata) auch dadurch unterscheidet, dass dem ganzen Acte jedesmal eine Willenserregung vorangehen muss (vorbereitende willkürliche Innervation der auszuführenden Reactionsbewegung), so erfolgt doch der Act selbst in allen diesen Fällen auf gleiche Weise mechanisch und ohne jede Betheiligung des Willens. Es würde sich nun weiter darum handeln, die physiologische Beschaffenheit jenes Hirnreflexes und insbesondere, wenn möglich, auch die Bahn, welche er nimmt, des näheren festzustellen. Zuvor aber wollen wir die sensorielle Reactionsweise einer eingehenderen psychologischen Würdigung unterziehen.

Unzweifelhaft findet das Wundt'sche Schema auf die extrem sensorielle Reaction unverändert Anwendung¹⁾. Insbesondere ist hier hervorzuheben, dass man bei sensoriiellen Reactionen deutlich die subjective Wahrnehmung macht, wie innerhalb des Vorganges erst ein Bewusstwerden des Eindruckes und dann der bewusste Wille²⁾ zu reagiren sich einstellt.

Nur zu dem unter 3 angeführten Act der Apperception mag noch eine Bemerkung hinzugefügt werden. Nach Wundt's Apperceptionstheorie besteht die active Apperception eines bekannten Eindruckes, sofern sie nach vorangegangener vorbereitender Aufmerksamkeit auf denselben erfolgt, offenbar darin, dass die centripetal anlangende Erregung der Großhirnsinnesflächen eine vom Apperceptionsorgan aus (eben durch jene vorbereitende Aufmerksamkeit) bereits willkürlich hervorgerufene ähnliche Erregung vorfindet³⁾. In diesem Falle, dessen Bedingungen bei allen unsern sensoriiellen Versuchsreihen unstreitig verwirklicht sind, kann ich mir nun nicht wohl anders denken, als dass mit der Perception

1) Es verdient wohl bemerkt zu werden, dass nach der eignen deutlichen Erinnerung dieses Experimentators die von ihm selber ausgeführten Reactionen ganz vorwiegend sensorielle gewesen sind. (Phys. Psychologie Bd. II³ S. 268.)

2) Es verdient sehr der Beachtung, dass hier, obwohl im Allgemeinen ein Willensvorschuss, unmittelbar nach der Apperception zu reagiren, schon vor dem Sinneseindruck bestand, dennoch die factisch eintretende motorische Erregung abermals von der subjectiven Empfindung des Willens begleitet ist und nicht etwa unwillkürlich, reflectorisch erfolgt.

3) Phys. Psychologie Bd. I³, S. 233 ff.

unmittelbar auch die Apperception gegeben ist. Die Apperceptionsdauer in unseren sensoriiellen Versuchsreihen würde danach gleich Null sein.

Anders stünde es freilich bei sensoriiellen Reactionsversuchen, in welchen dem Haupteindruck keinerlei Signal vorausgeschickt würde, und in welchen außerdem auch der Reagent seinerseits absichtlich vermied, sich den Eindruck, ehe derselbe wirklich vorliegt, vorzustellen. In derartigen Versuchen würde der Reactionsact sicherlich eine messbare Apperceptionsdauer einschließen, daneben würde aber gewiss auch die Willenserregung so sehr viel später erfolgen, dass nicht leicht zu ersehen wäre, welcher Antheil an der Verlängerung dem einen, und welcher dem anderen Abschnitte des Vorganges zukäme. Bei Versuchen dieser Art kann aber, wie mir scheint, die stattfindende Apperception auch nur als eine passive aufgefasst werden. Insofern allerdings, als der Reagent vor jedem Versuche ganz im allgemeinen durch einen Willensact sich vornähme, dem stattfindenden Eindruck, sobald er erfolgt, seine Aufmerksamkeit zuzuwenden, könnte es scheinen, als wenn die eintretende Apperception doch eine active Apperception wäre, wengleich eine solche ohne vorhergehende Aufmerksamkeit auf den Eindruck. Indessen hat man bei Ausführung eines derartigen Versuchs subjectiv die deutliche Empfindung, dass trotz des vorangegangenen Willensactes die Zuwendung der Aufmerksamkeit nachher doch durchaus unwillkürlich, reflectorisch erfolgt¹⁾; und danach würde die erfolgende Apperception doch wohl richtiger als eine passive, wengleich als eine willkürlich vorbereitete passive zu bezeichnen sein. Wenn der Reagent aber auch jenen allgemeinen Vorsatz, dem Eindrucke baldigst seine Aufmerksamkeit zuzuwenden, unterlässt und es ganz dem Zufall anheimgibt, wie und wann die Aufmerksamkeit auf den Eindruck erfolgt²⁾, dann wird die eintretende Apperception ganz zweifellos eine passive und zwar eine unvorbereitete passive Apperception sein.

1) Aehnlich wie die musculäre Reaction, trotz Voransendung eines Willensvorsatzes schließlich unwillkürlich, reflectorisch eintritt.

2) Man denke z. B. an die Fälle, wo Einem nach Weglegung einer Zeitung plötzlich die Vorstellung eines Namens aufsteigt, den man nie zuvor gehört oder gelesen zu haben glaubt, und der sich dann auf dem Blatte wiederfindet.

Beide Arten der passiven Apperception, sowohl die willkürlich vorbereitete als auch die unvorbereitete, werden unstreitig eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen, und zwar diese jedenfalls noch mehr Zeit als jene. Dahingegen wird, um es zu wiederholen, in unseren sensoriiellen Versuchen mit Signal (wo es sich nur um eine active Apperception nach vorbereitender Aufmerksamkeit handeln kann) die Apperception wohl überhaupt keine weitere Zeit erfordern.

Wenden wir uns nun zu einer physiologischen Betrachtung der musculären Reaction. Auf die außerordentliche Verwandtschaft dieser Reactionsform mit gewöhnlichen Reflexbewegungen ist schon hingewiesen worden. Der einzige wesentliche Unterschied liegt darin, dass der Reflex der musculären Reaction, so unwillkürlich er auch eintritt, unter dem vorbereitenden Einflusse des Willens steht, indem er nur dann erfolgt, wenn der Reagent den Vorsatz zur Reaction gefasst und dementsprechend für vorbereitende Innervation der reagirenden Muskelgruppe Sorge getragen hat. Wie ist nun dieser vorbereitende Einfluss des Willens physiologisch zu denken?

Zunächst ist soviel klar, dass, wenn auch die vorbereitende Innervation zweifellos von einem willkürlichen Bewegungscentrum ausgeht, dann doch die unwillkürlich eintretende Reactionsbewegung selbst in einem Centrum niederer Ordnung ihren Ausgangspunkt haben muss. M. a. W. das Centrum willkürlicher Bewegung der reagirenden Muskelgruppe, W , wird abseits liegen von der Reflex-

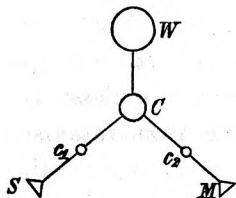


Fig. 2.

bahn Sc_1Cc_2M , welche vom Sinnesorgan S durch das vermittelnde Centralorgan C bis zur Muskelgruppe M führt¹⁾. Da aber weiterhin der Reflex doch nicht ohne willkürlich vorbereitende Bewegungsinervation erfolgt, so werden wir annehmen müssen, dass W mit C in leitender Verbindung steht. Ueber die Art und Weise aber, wie der Einfluss von W zu denken

sei, liegt am nächsten wohl die folgende Hypothese, die, wie ich glaube, außerordentlich vieles für sich hat.

1) In der beistehenden Figur bedeuten c_1 und c_2 eingeschobene Gangliensubstanz, welche für unsere Frage von nebensächlicher Bedeutung ist.

Ich habe bereits im vorigen Abschnitte hervorgehoben, dass keineswegs die mehr oder minder große Spannung der zur Reaction bestimmten Muskelgruppe als Kriterium der vorbereitenden Bewegungsinervation anzusehen sei: eine solche Spannung pflegt zwar nie ganz ausubleiben, aber die Erfahrung zeigt, dass die Vorbereitung bei ganz minimaler Spannung reichlich eben so gut gewesen sein kann, als bei hohen Spannungsgraden, wonach also die Spannung der Muskeln nur als etwas secundäres zu betrachten ist. Diese Thatsache drängt zu folgender Vermuthung: der der Reaction vorausgehende Einfluss von *W* auf *C* besteht darin, dass *W* dem *C* eine Quantität Energie überträgt, welche aber zunächst in *C* nur als potentielle Energie, wenngleich in labilem Gleichgewichte zurückgehalten wird. Trifft nun von *S* eine einigermaßen starke Erregung in *C* ein, so wird dieselbe hinreichen, um das labile Gleichgewicht umzustoßen; die frei gewordene Energie wird nach *M* fortschreiten und hier in Muskelcontractionen sichtbar werden. Die schwachen, oben als secundär gekennzeichneten Muskelspannungen, welche der Reaction vorangehen, würden sich unter dieser Voraussetzung daraus erklären, dass es dem *W* nicht vollkommen gelungen ist dafür zu sorgen, dass die nach *C* übertragene Energie hier in ihrer latenten Form zurückgehalten wird: ähnlich, wie bei einem schlecht verschlossenen Behälter mit comprimierter Luft ganz allmählich kleine Mengen der eingeschlossenen Spannkraft entweichen, so gehen von *C* aus ganz allmählich kleine Mengen von Energie nach *M* über und bewirken hier jene secundären Muskelspannungen.

Die Thatsache, dass bei musculären Reactionen sowohl das arithmetische Mittel wie auch die mittlere Variation der gewonnenen Zeiten so außerordentlich viel kleiner sind, als bei sensoriellen, erklärt sich in Folge dieser Hypthese einfach daraus, dass bei der ersteren Reactionsform eine weit geringere Menge grauer Substanz durchlaufen wird als bei der letzteren.

Ferner wird nun auch klar, warum bei der musculären Reaction (was bei der sensoriellen nie eintritt) auf jeden eingeschobenen Vexirreiz fremder Sinnesqualität mit Nothwendigkeit ebenfalls reagirt wird. Wir haben nur nöthig, die Annahme hinzuzufügen, dass von den Sinnesorganen *S'* und *S''* (Fig. 3) ebenfalls Leitungsbahnen zum

Centrum C hinführen. Wenn dann einmal in C ein Quantum latenter (nach M tendirender) Energie gelegen ist, so wird jede in C eintreffende Erregung, einerlei ob sie von S' oder S'' kommt, das labile Gleichgewicht zerstören.

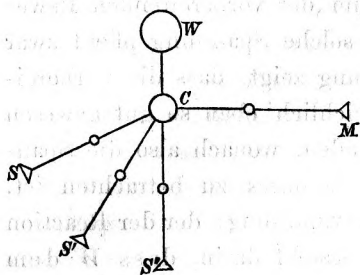


Fig. 3.

Weiterhin wird auch die Erfahrungsthatſache, dass gerade bei der muskulären Reactionsform so leicht vorzeitige Registrirungen unterlaufen (die bei der extrem sensoriellen vollkommen fehlen), unmittelbar verständlich, wenn wir nur annehmen,

dass C auch mit den centralen Sinnesflächen Σ , Σ' , Σ'' (Fig. 4) in Verbindung steht. Stellen wir nämlich eine Reihe rasch aufeinander folgender muskulärer Reaktionen mit constantem Intervall an, so wird schon nach einigen Versuchen mit Nothwendigkeit der Fall eintreten, dass um die constante Zwischenzeit vom Signal geschieden in Σ die Vorstellung des Reizes auftaucht: die mit dieser Vorstellung verbundene Erregung wird sich nach C fortpflanzen und hier das Gleichgewicht umstoßen. Nun kann unter Umständen die von Σ ausgehende Vorstellungserregung eher in C anlangen, als die von S ausgehende Sinneserregung; und in diesem Falle

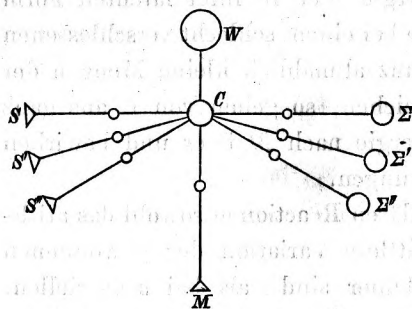


Fig. 4.

eben erhalten wir eine vorzeitige Registrirung.

Endlich fällt von der entwickelten Theorie aus ein helles Licht auch auf eine Thatſache, die ich bisher noch gar nicht angeführt habe. Bei muskulären Reaktionen ist es nämlich

schwierig — wenn auch keineswegs unmöglich — zu vermeiden, dass die eintretende Reactionsbewegung mehr als das zur Reaction ursprünglich bestimmte Glied, dass sie also statt der Hand z. B. den ganzen Arm (stellenweise selbst noch den Rumpf) ergreift. Auf Grund unserer Hypothese werden wir dies daraus erklären, dass (ähnlich, wie von C nach M unbeabsichtigter Weise einige Energie

abfließt) innerhalb von *C* eine unbeabsichtigte Irradiation der Energie stattfindet, welche nur von *W* aus durch besondere Willensanstrengung vermieden werden kann.

Dass übrigens von höheren Centren aus vorübergehend irgendwelche Functionen an niedere übertragen werden können, dies ist eine Grundanschauung, welche von der Nervenphysiologie schon allgemein angenommen sein dürfte. In der That kann es sich wohl nur aus einer solchen Uebertragung erklären, wenn die ursprünglich vom Willen aus eingeleitete Gehbewegung schließlich unwillkürlich und reflectorisch sich fortsetzt; oder wenn beim Gehen unser Körper eine schon längere Zeit vorher beschlossene Richtungsänderung ausführt, während dessen wir mit unserem gesammten Bewusstsein bereits bei ganz anderen Dingen sind, u. s. w. Ganz besonders verdient aber hervorgehoben zu werden, dass die neueren Untersuchungen der nervösen Leitungsbahnen zu Ergebnissen geführt haben, welche mit unserer Hypothese in bestem Einklange stehen.

Ich gehe hiermit zu der weiteren Frage über, ob es nicht möglich ist, unser im obigen gewonnenes allgemein physiologisches Schema in bestimmter Weise in das gegebene menschliche Nervensystem einzuordnen, d. h. insbesondere den Centren *W* und *C* bestimmte Orte innerhalb der Centralgebiete anzuweisen. Für *W* dürfte nun in der That nach den Ergebnissen der pathologischen Beobachtung ziemlich feststehen, dass dieses Centrum innerhalb der Centralwindungen der Großhirnhemisphären gesucht werden muss¹⁾. Was dagegen *C* anlangt, so sind wir auf bloße Vermuthungen angewiesen; indessen glaube ich, dass die im Folgenden beigebrachten Gründe so zutreffend sind, als es Argumente auf diesem hypothetischen Gebiete bis jetzt sein können.

Nach dem Vorangegangenen haben wir an eine Hirnregion, sofern dieselbe mit *C* identisch sein soll, folgende Forderungen zu stellen: sie muss

- 1) mit den verschiedenen peripherischen Sinnesorganen, und zwar nach unseren Versuchen wenigstens mit dem Gehör, Gesicht und Getast,
- 2) mit den entsprechenden centralen Sinnesflächen,

1) Wundt, *Physiol. Psychologie* Bd. I³, S. 167.

- 3) mit der reagirenden Muskelgruppe, und endlich
- 4) mit den Centren für die willkürliche Contraction dieser Muskelgruppe in unzweifelhafter Verbindung stehen.

Schauen wir uns nun im Bau des menschlichen Gehirns näher um, so kommen, wie ich glaube, nur zwei Zellencomplexe ernstlich in Betracht:

- a) der Sehhügel, combinirt mit den Vierhügeln,
- b) das Cerebellum.

Was zunächst die Combination von Seh- und Vierhügeln anlangt, so scheint in der That manches dafür zu sprechen, dass hier unser Centrum *C* gelegen sei. Anatomisch steht fest, dass in den Vierhügeln Opticusfasern mit motorischen Rückenmarksfasern zusammenlaufen¹⁾; und in voller Uebereinstimmung hiermit haben physiologische Versuche gelehrt, dass vermittelt der corpora quadrigemina eine reflectorische Regulirung von Körperbewegungen durch Gesichtseindrücke stattfinden kann²⁾. Ferner ist auch die Verbindung der Vierhügel mit den höheren optischen Centralgebieten unbestreitbar³⁾, und endlich stehen diese Ganglien wenigstens durch Vermittlung des thalamus opticus auch mit den motorischen Rindengebieten in Zusammenhang⁴⁾. Es scheinen sich also zur Erklärung der musculären Reaction auf Licht die Vierhügel ohne Weiteres als passende Mittelglieder darzubieten. Indessen fordern wir von dem Centrum *C*, dass es mindestens auch zur Erklärung der musculären Gehörs- und Tastreactionen geeignet sei, und hier lassen uns die Vierhügel, für sich allein betrachtet, gänzlich im Stich.

Wie nun überhaupt eine gegebene centrale Function nicht immer streng an einen bestimmten anatomisch umschriebenen Gehirntheil gebunden zu sein braucht, so haben wir uns auch von vornherein vor dem Vorurtheil zu bewahren, als müsse das Centrum *C* gerade nothwendig mit einer einzelnen bestimmten Abtheilung des Gehirnes identisch sein; vielmehr ist an sich recht wohl denkbar, dass sich verschiedene niedere Centralgebiete in die Function von *C* theilen. In diesem Sinne könnte man die Behauptung wagen, dass die Vier-

1) Wundt, a. a. O. I³, S. 144. 200.

2) Ebendas. S. 200.

3) Ebendas. S. 144.

4) Ebendas. S. 145.

hügel von den Sehhügeln in gewissem Grade ergänzt werden. Wenn in der That, wie Wundt annimmt, die Sehhügel Reflexcentren des Tastsinnes darstellen¹⁾, so würde die Erklärung der musculären Tastreactionen unter Hinzunahme der Sehhügel keine großen Schwierigkeiten mehr bereiten; um so mehr als das, was man über die Verbindungen der thalami durch anatomische Untersuchungen festgestellt hat, im Allgemeinen vortrefflich mit den von uns an das Centrum *C* gestellten Anforderungen übereinstimmt. Nur die Deutung der musculären Schallreactionen würde, da weder anatomisch noch physiologisch bis jetzt Beziehungen des Sehhügels zu den Gehörsfunctionen nachgewiesen zu sein scheinen²⁾, auf Hindernisse stoßen. Was nun diesen Punkt anlangt, so könnte man einestheils darauf hinweisen, dass die anatomischen und physiologischen Untersuchungen noch keineswegs abgeschlossen sind; anderntheils wäre auch die Möglichkeit nicht ohne weiteres in Abrede zu stellen, dass für die Schallreactionen ein besonderes, von Seh- und Vierhügeln getrenntes Centrum *C* anzunehmen sei (s. o.).

Sehen wir nun weiterhin zu, wie es mit der Annahme steht, wonach das Centrum *C* im Kleinhirn seinen Sitz hätte.

Für das Cerebellum ist allerdings anatomisch sicher nachgewiesen nur:

- a) Die unmittelbare Verbindung mit der sensorischen Kleinhirnsseitenstrangbahn: dieselbe würde sich mit der geforderten Zuleitung von den Tastorganen her genügend decken.
- b) Die Verbindung mit den motorischen Regionen des Cortex (Kleinhirnbrückenbahn), d. h. mit den Centren der willkürlichen Muskelinnervation.
- c) Die Verbindung mit den sensorischen Regionen der Großhirnrinde (Kleinhirn-Großhirnbahn), d. h. mit den centralen Sinnesflächen.

Hierzu kommt als sehr wahrscheinlich noch:

- d) eine motorische Bahn zum Rückenmark: in derselben würde die geforderte Verbindung mit der reagirenden Muskelgruppe gegeben sein³⁾.

1) Ebendas. S. 204.

2) Ebendas. S. 207.

3) Vgl. Wundt, Psychologie Bd I³, S. 144 f.

Um nun die musculäre Reaction für alle drei fraglichen Sinnesgebiete auf das Cerebellum zurückführen zu können, müsste dem Obigen zufolge ferner noch angenommen werden:

- e) Eine sensorische Verbindung des Kleinhirns mit den nervus opticus.
- f) Eine ebensolche mit dem acusticus.

Diese beiden Leitungsbahnen sind aber nach dem, was man über die physiologischen Functionen des Kleinhirns vermuthet, wahrscheinlich ebenfalls vorhanden¹⁾.

Nun ist freilich zuzugeben, dass die hier angeführten Daten für das Kleinhirn noch keine viel größere Wahrscheinlichkeit ergeben, als die oben beigebrachten für Seh- und Vierhügel. Indessen glaube ich, dass bei näherer Betrachtung der bisher bekannten Cerebellarfunctionen doch noch wesentliche Gründe hinzukommen, um gerade dem kleinen Gehirn den Vorzug zu geben.

Nach Wundt, dessen Ansicht ich mich vollständig anschließe, besteht die wichtigste Aufgabe des Cerebellums darin, dass es auf Grund sensibler in ihm anlangender Empfindungsreize unmittelbar (reflectorisch) diejenigen motorischen Innervationen auslöst, durch welche die Willensbewegungen in Einklang gebracht werden mit der Lage des Körpers im Raume²⁾. Nun weiß man, dass in Bezug auf die Erhaltung des Körpergleichgewichtes die Uebung eine eminent wichtige Rolle spielt, und zwar nicht nur beim Kinde, welches gehen lernt, sondern auch beim Erwachsenen, wenn er es unternimmt, unter erschwerenden Bedingungen (z. B. zu Pferde, auf dem Zweirad, oder gar auf dem Seil) fortdauernd im Gleichgewicht zu bleiben. Thatsächlich sind für den angehenden Reiter diejenigen Reflexe, welche ihn vor dem Abgeworfenwerden bewahren, zunächst nichts weiter als zusammengesetzte musculäre Reactionen; denn der feste Wille, jedem Seitensprunge des Thieres in entsprechender Weise sich anzupassen, muss anfangs beständig vorhanden sein, damit die Reflexe richtig erfolgen. Erst allmählich scheint sich das Kleinhirn in diesen seinen Verrichtungen vom Großhirn unabhängig zu machen, indem sich, wie man etwa vermuthen kann, seine spe-

1) Ebendas. S. 216. 217.

2) Psychologie I³, S. 209 ff.

ciellen Ernährungsbedingungen der häufig wiederholten, ursprünglich bloß vermittelnden Function anpassen und dadurch dann selbständige Energieherde schaffen ¹⁾).

Wenn nun, wie hiernach feststehen dürfte, die Gleichgewichtsreflexe des kleinen Gehirns ursprünglich durchaus den Charakter von muskulären Reactionen an sich tragen, so scheint hieraus in Verbindung mit dem früher Hervorgehobenen Grund genug zu entspringen, um gerade im Kleinhirn das Centralorgan der musculären Reactionen überhaupt zu vermuthen. Natürlich aber kann es sich hier vorläufig nur um eine Vermuthung handeln, und die Aufgabe späterer Untersuchungen wird es sein, dieselbe sei es zu bestätigen, sei es zu widerlegen. So wird man z. B. Versuche darüber anstellen können, ob die musculäre Reaction in unveränderter Weise erhalten bleibt, wenn ein galvanischer Strom durch das Hinterhaupt des Reagenten geleitet wird. Findet sich eine wesentliche Veränderung, so würde damit die aufgestellte Hypothese an Wahrscheinlichkeit gewinnen; im entgegengesetzten Falle würde sie, wenngleich nicht ganz widerlegt, so doch immerhin ins Wanken gebracht werden. Mag man übrigens die bisher angeführten Argumente stichhaltig genug finden oder nicht, so dürfte es doch immerhin gelungen sein, im menschlichen Gehirnbau Organe nachzuweisen, welche mit dem vorausgesetzten Centrum *C* auffallende Analogien darbieten.

Nachdem wir so dem musculären Reactionsvorgang eine nähere physiologische Discussion gewidmet haben, könnte man etwas ähnliches für die sensorielle Reaction erwarten. Indessen habe ich bereits hervorgehoben, dass ich mich in der psychologischen Deutung dieser Reactionsform durchaus dem Wundt'schen Schema anschließe; und einer localisirenden Angabe der psychophysischen Erregungsvorgänge, von welchen dieselbe begleitet ist, glaube ich mich nun um so mehr entziehen zu können, als in dieser Hinsicht alles Wesentliche sich von selbst ergibt.

1) Uebrigens scheint es, als ob diese selbständigen Energieherde als solche auch nur durch beständigen Gebrauch erhalten würden: so findet man nach längerem Krankenlager, auch ohne dass merkliche Muskelschwäche eingetreten wäre, stets bedeutende Schwierigkeiten, sich beim Gehen im Gleichgewicht zu erhalten.

Fassen wir die Hauptresultate dieses Abschnittes nochmals kurz zusammen, so lauten dieselben dahin:

1) In der sensoriellen Reaction nach vorbereitender Aufmerksamkeit fällt die Apperception mit der Perception wahrscheinlich zeitlich zusammen; d. h. die active Apperceptionsdauer besitzt vermuthlich den Werth Null.

2) Die musculäre Reaction schließt überhaupt keine Apperception und ebensowenig einen Willensact ein; sie stellt vielmehr eine unwillkürliche, reflectorische Bewegung dar, allerdings eine solche, die unter dem nachwirkenden Einflusse eines vorangegangenen Willensimpulses erfolgt. Als vermittelndes Centralorgan dieses Hirnreflexes dürfte mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit das kleine Gehirn zu betrachten sein.
