

Reactionszeiten bei Durchgangsbeobachtungen.

Von

Nicolaus AlechsiEFF.

Mit Tafel I und II.

I.

Einleitung.

Die Beobachtungen über die Natur und den Verlauf der Reactionszeiten sind von gewissen astronomischen Beobachtungen ausgegangen. Man bemerkte, dass bei der Beobachtung des Durchganges eines Sternes durch den Meridian sich gewisse Unterschiede zwischen den Resultaten zweier Personen zeigen. Die Methode war die, dass der Beobachter auf den Durchgang des Sternes durch das Fadenkreuz des Fernrohres wartete, indem er zugleich die Pendelschläge einer Uhr zählte, um den Moment des Durchganges durch den mittleren Faden nach der Uhr zu bestimmen — die Auge- und Ohr-Methode. Im Jahre 1795 theilte der Astronom Maskelyne in den Greenwicher astr. Observations mit, dass er seinen Gehülfen Kinnebrook entlassen habe, weil er die Durchgänge um $0^s,5-0^s,8$ später registriert habe. Maskelyne glaubte, dass sein Assistent sich eine falsche Methode angeeignet hatte. Von dieser Bemerkung angeregt, wurde Bessel zur Entdeckung der persönlichen Abweichungen geführt, indem er diese Abweichungen aus individuellen Eigenschaften des Beobachters ableitete. Er nannte darum auch den Unterschied zwischen den Beobachtungen zweier Personen »die persönliche Gleichung« oder »die persönliche Differenz«¹⁾.

1) Eine ausführliche geschichtliche Orientirung über die ältere Litteratur der Durchgangsbeobachtungen vgl. bei Sanford, Amer. Journ. of Psychology. II.; Radau, Carl's Repertorium für phys. Technik; Peters, Astronomische Nachrichten. XLIX. 1859; Exner, Archiv für Physiol. VII.

Nach Bessel haben sich sehr viele Astronomen mit dieser Frage beschäftigt. Sie alle bestätigten die Existenz der persönlichen Gleichung. So zeigten die Beobachtungen auf der Altonaer Sternwarte im Jahre 1833 Unterschiede von $0^s,62 - 0^s,84$ ¹⁾; nach einer Mittheilung von Gerling²⁾ beobachtete er im Jahre 1837 um $0^s,78$ später als Nicolai. Interessante Beobachtungen finden sich in den Annalen der Greenwicher Sternwarte³⁾ für die Jahre 1839—1854. Nach der Zusammenstellung von Airy ergibt sich, dass die persönlichen Unterschiede bei den verschiedenen Beobachtern verschieden groß sind. Er zeigt, dass, während bei gewissen Personen die persönliche Gleichung im Laufe vieler Jahre constant und klein bleibt (so ist zwischen Main und Henry 12 Jahre lang die Differenz $0^s,3 - 0^s,12$), bei anderen große Abweichungen vorhanden sind (so ist zwischen Main und Rogerson die persönliche Gleichung in 12 Jahren von $0^s,15$ auf $0^s,78$ gestiegen). Bei den Beobachtungen an der Altonaer Sternwarte hat sich aber weiter gezeigt, dass die persönlichen Unterschiede auch in sehr kurzer Zeit sich verändern. So hat sich der persönliche Unterschied zwischen Nehus und Wolfers in einem Tage (7.—8. October 1833) um $0^s,22$ verändert. Den Grund für diese persönlichen Unterschiede sah man in der Anwendung der »Auge- und Ohr«-Methode, welche erlaubt, dass wir unsere Aufmerksamkeit entweder mehr dem Durchgang, oder mehr den Uhrschlägen zuwenden. Schon Bessel bemerkte, dass bei der Beobachtung plötzlicher Erscheinungen die persönliche Gleichung kleiner ausfällt, und er erklärte diesen Unterschied daraus, dass bei den Durchgangsbeobachtungen die stetige Bewegung des Sternes in dem Fernrohre schwerer mit den plötzlichen Secundenschlägen der Uhr zu vergleichen sei.

Um die persönliche Gleichung so klein als möglich zu machen, suchte man daher eine neue Methode einzuführen, welche die Bedingungen der Beobachtung einheitlicher gestaltete. Schon 1838 versuchte Repsold⁴⁾ eine Art Registrirmethode, und 1842 wurde von Arago⁵⁾

1) Peters, *Astronomische Nachrichten*. XLIX. 1859.

2) Gerling, *Astronomische Nachrichten*. 1838.

3) Peters, *Astr. Nachr.* XLIX; Greenwich astronomical observ. 1852—53.

4) Radau in *Carl's Repertorium für phys. Technik*. I. S. 213.

5) *Comptes rendus*. XXXVI. 1853.

ein neuer Versuch gemacht. Mit Erfolg wurde sie dann in Amerika angewandt. Bei dieser Methode wartet der Beobachter auf den Durchgang, bestimmt denselben aber nicht durch die Pendelschläge der Uhr, sondern verzeichnet unmittelbar den Augenblick des Durchganges mittels einer reagirenden Handbewegung auf einer zeitmessenden Vorrichtung. Nach dem Berichte von Bond in der brittischen Association¹⁾ von 1851 sind die Unterschiede bei der Anwendung der neueren Methode viel kleiner geworden. Die Untersuchungen von Peters²⁾, wie die Beobachtungen auf der Greenwicher Sternwarte haben die Vorzüge der neueren Methode bestätigt. Die persönliche Gleichung blieb aber, obwohl in engeren Grenzen, bestehen. Bald darauf zeigten Prazmowski³⁾ und Hartmann⁴⁾ den Einfluss der Uebung: sie meinten, es könne vielleicht möglich sein, den Fehler nahezu auf Null zu bringen, wenn man Uebungen an einem Apparat vornehme, welcher erlaube, sich gleich nach dem Versuche von dem Vorhandensein und von der Größe des Fehlers zu überzeugen, ja sich so einzuüben, dass der Fehler ganz ausfalle. Doch hebt Hartmann neben der Uebung auch andere Momente hervor, die von Einfluss auf die Gestaltung der persönlichen Gleichung seien. Er nennt deren hauptsächlich drei: 1) verschiedene Gewöhnung in der Schätzung, wobei wenigstens die des einen Beobachters unrichtig ist, 2) Unsicherheit in der Beobachtung, 3) physiologische Vorbedingungen. Um den Charakter dieser physiologischen Bedingungen besser kennen zu lernen, versuchte Hartmann die wirkliche physiologische Zeit, die Zeit zwischen dem wirklichen Durchgang und seiner Registrirung zu bestimmen. Zu diesem Zweck construirte er einen künstlichen Stern. Dieser schließt bei dem wirklichen Durchgange einen elektrischen Strom, der nach der subjectiven Auffassung des Durchganges durch eine Handbewegung von dem Beobachter unterbrochen wird. Durch diese Beobachtungen kam Hartmann zu der Ueberzeugung: 1) dass die Eigenschaften der Augen sowie die verschiedenen Auffassungsweisen des Sternes bei den verschiedenen Beobachtern nur die ersten Hundertelsekunden

1) Radau, Carl's Repertorium. I. S. 215.

2) Peters, Astronomische Nachrichten. XLIX. 1859.

3) Comptes rendus. XXXVIII. 1854.

4) Grunert's Archiv der Mathematik und Phys. XXXI. 1858.

beeinflussen, 2) dass vielmehr die persönliche Gleichung ihren Grund in ungleicher Schätzung etc. habe, — diese Einflüsse könnten aber durch Uebung auf ein Minimum reducirt werden; 3) dass die individuelle Geneigtheit, von den wirklichen Werthen abzuweichen, nicht unveränderlich sei.

Die »physiologische Zeit« wurde endlich noch von den beiden Schweizer Astronomen Hirsch und Plantamour¹⁾ näher untersucht. Sie construirten einen künstlichen Stern und bestimmten ähnlich wie Hartmann — den »absoluten Fehler«. Es zeigte sich aber, dass die persönlichen Unterschiede nicht nur nicht zu beseitigen waren, sondern auch große Schwankungen aufwiesen. So variirten die »absoluten physiologischen Zeiten« bei Hirsch und Plantamour zwischen $0^s,15$ — $0^s,362$, ja bei dem letzten fiel die Zeit sehr oft sogar negativ aus. Drei Jahre später, im Jahre 1864 veröffentlichte Wolf²⁾ ähnliche Versuche, die er an der Pariser Sternwarte nach der alten »Auge- und Ohr«-Methode ausgeführt hatte. Er gelangte zu ganz anderen Resultaten, als die Schweizer. Die Reactionszeit war bei ihm zuerst $0^s,300$, nach hinlänglicher Uebung aber sank sie auf $0^s,100$ herab und blieb dann constant. Diese Constanz führt Wolf als entschiedenes Argument zu Gunsten der Anwendung eines speciellen Apparates für die Einübung der Astronomen an. Der physiologische Fehler, meint er, kann auf ein Minimum reducirt werden, und es scheint, dass es für jeden Beobachter eine Grenze gibt, bei der der Fehler, einmal erreicht, constant bleibt, vorausgesetzt, dass der Beobachter sich in seinem normalen körperlichen und geistigen Zustande befindet. Die zufälligen Schwankungen, die trotzdem manchmal auftreten, sind die Folgen gewisser physiologischer Dispositionen, z. B. der Ermüdung; andererseits können sie verursacht werden von mehreren Elementen, die außerhalb der Beobachtung stehen. Als solche nennt er: 1) die Richtung der Bewegung des Sternes, 2) die Stellung des Beobachters, 3) die Schnelligkeit der Bewegung, 4) die Vergrößerung des Oculars etc.

Aehnliche Beobachtungen wurden von den Astronomen noch weiterhin ausgeführt. Man versuchte die persönliche Gleichung zu

1) Bulletin de la Société de sciences nat. de Neuchâtel. VI. 1861.

2) Bulletin international du 15 oct. 1864; Comptes rendus. LX. 1865.

eliminiren und, wenn das nicht ging, sie auf ein Minimum zu reduciren. Darum suchte man alle äußeren Einflüsse, die die persönlichen Unterschiede begünstigen, in Rechnung zu ziehen. So fand Argelander¹⁾, dass die Lichtstärke des Sternes die persönlichen Unterschiede beeinflusst. Backhysen²⁾ fand, dass bei der Verringerung der Sternhelligkeit eine Zunahme des persönlichen Unterschiedes eintritt, Renz³⁾ untersuchte mehrere Jahre nachher den Einfluss der Größe des Sternes etc. Auch der Einfluss der Construction des Fernrohres wurde in Betracht gezogen⁴⁾. Bei allen diesen Versuchen aber wurden die psychologischen Bedingungen, die für die beobachteten Unterschiede und ihre Schwankungen maßgebend waren, nicht beachtet. Darum sind schließlich die Ergebnisse der astronomischen Beobachtungen für die psychologische Untersuchung wenig werthvoll. Die Größe der Unterschiede, die sich bei ihnen zeigte, kann zum Theil jedenfalls von der Nichtbeachtung der psychologischen Bedingungen hervorgerufen sein. »Es ist keinem Zweifel unterworfen«, sagt Wundt, »dass die größeren dieser Differenzen darin ihren Grund haben, dass der eine Beobachter mehr sensoriell, der andere mehr musculär reagirt hat«⁵⁾. So können auch die Schwankungen, die sich bei einem und demselben Beobachter zeigen, erklärt werden aus einem Uebergang von der einen Reactionsweise zu der anderen. »Es ist nicht zu bezweifeln« — fährt Wundt weiter fort — »dass sich die sämtlichen persönlichen Differenzen auf ein Minimum reduciren lassen, wenn die Astronomen dereinst die bei den psychologischen Zeitmessungen gemachten Erfahrungen beachten werden. Auch bieten diese die Möglichkeit zu einer absoluten Bestimmung der begangenen Zeitfehler dar, von welcher in Zukunft vielleicht Gebrauch gemacht wird«. Dementsprechend wird meine Aufgabe im Folgenden darin bestehen, die psychologischen Bedingungen bei den Durchgangsbeobachtungen möglichst genau zu untersuchen.

In der That haben nun die astronomischen Beobachtungen bereits

1) *Astronomische Nachrichten*. LXXIV. 1869.

2) *Astronomische Nachrichten*. XCV. 1879.

3) *Astronomische Nachrichten*. CXIX. 1888.

4) R. Wolf, *Neue Untersuchungen über den Einfluss der Ocular- und Spiegelstellung auf die Durchgangszeit*. *Vierteljahrsschrift der naturf. Gesellschaft in Zürich*. XXI. 1876. S. 257f.

5) *Physiologische Psychologie* 4. II. S. 320, 321.

mehrfach physiologische wie psychologische Untersuchungen über die persönliche Gleichung veranlasst. Auch haben die Astronomen selbst eingesehen, dass solche ergänzende physiologische und psychologische Experimente nothwendig seien. »Wir werden von allen Seiten darauf geführt«, sagt C. v. Littrow am Schlusse seiner Beiträge zur Kenntniss der persönlichen Gleichungen¹⁾, »dass die ersten Werkzeuge, durch die wir Wahrnehmungen aller Art in uns aufnehmen, Organe sind, deren Gesetze zu ergründen uns Astronomen wohl nur gelingen wird, wenn Physiker und Physiologen, deren Thätigkeit uns auf diesem Felde ohnehin schon vielfach überholt hat, ihre Unterstützung nicht versagen«. Radau²⁾ in seiner geschichtlichen Uebersicht über die persönliche Gleichung zieht auch die psychologischen Bedingungen in Betracht. Endlich haben die Psychologen die Bedeutung der »physiologischen« oder, wie sie jetzt genannt wird, der »Reactionszeit« für die Analyse der Aufmerksamkeit wie für die Messung der Bewusstseinsvorgänge schon längst erkannt. Die Bedingungen bei den von ihnen erhaltenen Reactionszeiten weichen aber insofern in der Regel von denen bei Durchgangsbeobachtungen ab, als der Sinnesreiz, der den Stern vertritt, statt dauernd, momentan auf den Beobachter wirkt. In dieser Beziehung unterscheiden sich daher die Bedingungen meiner Versuche, die ich den Durchgangsbeobachtungen möglichst ähnlich machen wollte, von denen der gewöhnlichen Lichtreactionen. Es wird aber außerdem von Interesse sein, die Resultate, die unter anderen Bedingungen gewonnen sind, mit den gewöhnlichen Lichtreactionszeiten zu vergleichen.

Diesen doppelten Zweck suchen die folgenden Untersuchungen zu erreichen, die ich in dem Leipziger psychologischen Institut im Sommersemester 1898, Wintersemester 1898/99 und Sommersemester 1899 unter der Leitung von Herrn Professor Wundt angestellt habe, dem ich hier meinen innigsten Dank ausdrücken möchte. Auch bin ich den Herren Almy, Dr. Brahn, Dr. Buch, Foerster, Dr. Koch, Dr. Krueger, Savescu, Dr. Wirth, wie auch allen anderen, die an meiner Arbeit theilgenommen haben, für ihre Beihülfe und ihren Eifer zu Dank verpflichtet.

1) Astronomische Nachrichten. LXVIII. 1867. S. 378.

2) Carl's Repertorium für phys. Technik. I. S. 211.

II.

Apparate und Anordnung der Versuche.

Die Anordnung der Versuche ist bereits von Wundt in der physiologischen Psychologie¹⁾ beschrieben worden. Die Neuerung, die ich einführte, besteht hauptsächlich in der Anwendung eines künstlichen Sternes. Um größeren Verwickelungen und Nebenbedingungen vorzubeugen, bemühte ich mich, einen möglichst einfachen Reiz anzuwenden. Ich wählte daher als solchen einen rothen Punkt oder eine verticale Gerade von gleicher Farbe. Der Punkt, 1 Millimeter breit, der dem Beobachter am Fernrohre unter einem Schwinkel von $27' 32''$ erschien, war auf einer weißen Trommel von 12 cm Durchmesser²⁾ angebracht, die durch ein Uhrwerk in gleichförmige Rotation versetzt werden konnte. Durch Windflügel sowie durch Variation der angehängten Gewichte konnte die Geschwindigkeit der Rotation innerhalb bestimmter Grenzen variiert werden, während die Bewegung ausreichend constant blieb. Genau unter dem rothen Punkte befand sich ein Platinstift, der mit der Metallachse der Trommel in Verbindung stand. Bei der Rotation der Trommel tauchte der Platinstift in einen Quecksilbercontact, der dem Beobachter gegenüber angebracht war. Er bestand aus einer Hartgummiplatte mit einem Quecksilbernäpfchen, welches mit einer Klemmschraube für die elektrischen Leitungen versehen war. Die Kuppe des in dem Näpfchen angebrachten Quecksilbers ragte so weit empor, dass der Platinstift beim Vorübergehen in sie eintauchte. Diesem Contacte gegenüber, in einer Entfernung von 2 Metern, wurde auf einem Tisch ein Fernrohr so aufgestellt, dass der rothe Punkt und die Mitte des Oculars des Fernrohres in gleicher Höhe lagen. Im Fernrohre befand sich ein Fadenkreuz. Je nach den Versuchen brauchte ich das Fadenkreuz entweder ganz allein, oder in Verbindung mit einem Fadennetze, was den astronomischen Versuchen mehr entsprach. Das Gesichtsfeld wurde variiert. Gewöhnlich entsprach es 30° des Umfanges der Trommel, also einem Gesichtswinkel von $28^\circ 17' 14''$. Der

1) Physiologische Psychologie 4 II. S. 322 f.

2) Die weiße Trommel habe ich auf dem älteren Zeitsinnapparat angebracht, der bei Wundt beschrieben ist (Phys. Psychologie 4 II. S. 423).

Beobachter blickte, gestützt auf eine bequeme Kinn- und Kopfstütze, mit dem rechten Auge in das Fernrohr. Durch die Stütze wurde der ganze Kopf des Beobachters in einer unveränderlichen Stellung gehalten. Um Veränderungen in der Größe des Gesichtsfeldes möglichst auszuschließen, ließ ich das Auge so nah wie möglich an das Fernrohr heranbringen, doch so, dass jede Berührung vermieden wurde. Der Beobachter fixirte das Fadenkreuz, während er vor sich einen Reactionstaster niederdrückte. Seine Hand lag bequem auf dem Tische. Wenn der rothe Punkt bei der Rotation der Trommel eben mit der Mitte des Fadenkreuzes zusammenfiel, musste der Taster losgelassen werden, nach der Anweisung des Leiters der Versuche. Das Fernrohr war so eingestellt, dass sich das Fadenkreuz genau mit dem rothen Punkte deckte, wenn sich die Quecksilberkuppe eben mit dem Platinstift berührte. Die Bestimmung dieses Ebenberührens wurde möglichst genau ausgeführt und blieb fast bei allen Versuchen constant, was eine Reihe von Controlversuchen bestätigte. Nur in seltenen Fällen kam in der Bestimmung ein kleiner Fehler vor, der die Größe von $\frac{1}{3}$ mm, also eine Winkelgröße von $9' 12''$ nicht überschritt. Da die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens des Fehlers sehr klein war (in einer Reihe von 30 Controlversuchen ist er nur 4mal vorgekommen), und ebenso seine Größe im Vergleiche mit der des Punktes, so kann er als verschwindend betrachtet werden.

Die übrige Anordnung unterschied sich nicht von der, die Wundt¹⁾ und Lange²⁾ für gewöhnliche Lichtreactionen angewandt haben. Für die Zeitmessung verwendete ich das Hipp'sche Chronoskop älterer Construction, bei dem die Zeiger des Chronoskops still stehen, wenn der Strom durch die Uhr geht. Das Chronoskop befand sich in einem anderen Zimmer, das von dem des Beobachters weit entfernt war. Dadurch war jede Störung durch den Ton des Chronoskops beseitigt.

Die Verbindung der Stromleitungen war die bekannte. Der Strom, der sich aus 4—6 Meidinger-Elementen bildete, ging von dem Stromwender durch den Rheostaten und die Uhr zu dem Quecksilbercontact; von diesem durch den Controlhammer zu dem Stromwender

1) Physiologische Psychologie 4 II. S. 322 ff.

2) Philosophische Studien. IV. S. 481 ff.

zurück. Den Wender drehte ich, um Dauermagnetismus zu vermeiden, nach jeder Reaction um. Sobald der Platinstift bei der Rotation der Trommel den Contact auslöste, ging der Strom durch eine zweite Leitung von sehr viel geringerem Widerstand, nämlich von dem Quecksilbercontact durch den Platinstift zu der Trommelachse, die in Verbindung mit dem Reactionstaster stand. Wurde der Taster niedergedrückt, so ging daher der Strom durch ihn zu dem Wender zurück. In dem Momente der Loslassung des Tasters wurde diese zweite Leitung unterbrochen, und der volle Strom ging wieder durch das Chronoskop. Die Quecksilberkuppe war so groß (9 mm im Diameter), dass sie den zweiten Stromkreis ungefähr $0^s,7$ lang geschlossen hielt, also beträchtlich länger als die längsten Reactionszeiten. Da die Uhr sich in einem anderen Zimmer befand, so musste für den Verkehr des Beobachters und Experimentators eine Signalvorrichtung da sein. Hierzu dienten elektrische Klingeln. Zwei Secunden vor dem Versuche wurde von dem Experimentator das Klingelsignal gegeben. Der Gang des Chronoskops wurde vor und nach jeder Versuchsreihe mittelst des »großen Controlhammers« geprüft.

Der Versuch verlief nun folgendermaßen: Der Beobachter fixirte das Fadenkreuz und wartete auf den Eindruck. Die Trommel wurde je nach dem Versuche in schnellere oder langsamere Bewegung versetzt. 2 Secunden vor dem Durchgang wurde durch die Berührung des Contactstifts mit einem an dem Theilkreise des Zeitsinnapparates angebrachten Contacthebel ein Signal für den Experimentator ausgelöst, das von dem Beobachter nicht gehört werden konnte. Jener brachte dann das Chronoskop sofort in Gang. Durch den Eintritt des Quecksilbercontacts, also im Moment des objectiven Durchganges, wurde die zweite Leitung geschlossen und das Chronoskop in Bewegung gesetzt. Im Moment der subjectiven Auffassung des Durchganges wurde dann von dem Beobachter der Taster losgelassen, die zweite Leitung unterbrochen und damit das Chronoskop zum Stillstand gebracht.

Da ich Lichtreactionen unter veränderten Bedingungen ausführte, musste ich die erhaltenen Reactionszeiten mit solchen, die mittelst der bis jetzt verwendeten Methoden gewonnen waren, vergleichen. Diese führte ich mit dem Spaltpendel aus, in der Weise, wie es von

Wundt in seiner physiologischen Psychologie beschrieben ist¹⁾. Die Beobachtungen wurden an der hinteren Seite des Pendels gemacht, so dass die Bewegung desselben nicht gesehen werden konnte. Das Pendel wurde von einer anderen Person in Bewegung gesetzt, die auch das vorbereitende Signal für den Beobachter gab. Letzteres bestand in einem leisen Tasterschlag oder einem leisen »jetzt«, angegeben in bestimmter Zeit vor der Reaction. Um jede Störung von Seite des Assistirenden zu vermeiden, stellte ich zwischen ihm und den Beobachter eine Wand von Pappe. Als Reactionsreiz diente einfaches Tageslicht. Bei dem Zusammenfallen der beiden Spalten bildete sich eine weiße Linie, nach deren Auffassung reagirt wurde. Auch ein kleines Loch statt des Spaltes wurde gelegentlich gebraucht und ein weißer Punkt als Reiz hergestellt.

Da sich die Umdrehung der Trommel bei den Durchgangsbeobachtungen bei der größten Variirung der Geschwindigkeit zwischen 18 und 53 Secunden bewegte, so waren oft wegen der langen Zwischenzeit zwischen zwei Versuchen starke Unlustgefühle vorhanden. Um dieser Störung vorzubeugen, sowie um die Versuche zu vermehren, bediente ich mich zweier Lichtreize. Es waren demnach zwei rothe Punkte genau diametral entgegengesetzt auf der Trommel angebracht. Sie waren beide mit Platinstiften versehen, deren Einstellung genau in der gleichen Weise erfolgte. Da die Fallhöhe der angehängten Gewichte nur eine sechsmalige Umdrehung der Trommel erlaubte, so bestand jede Reactionsreihe in 10—13 Versuchen, daher eine Ermüdung nicht wohl stattfinden konnte.

III.

Die Methode.

Für die Verwerthung der erhaltenen Resultate hat man bis jetzt die Methode des arithmetischen Mittels und der Bestimmung der mittleren Variation angewandt. Man berechnete aus einer Reihe von 10—20 Versuchen das arithmetische Mittel M , danach die mittlere

1) Physiologische Psychologie 4 II. S. 335 ff.

Variation zwischen den erhaltenen Einzelwerthen $a, b, c \dots$ mittelst der Formel

$$mV = \frac{(M - a) + (M - b) + (M - c)}{n}$$

Die meist abweichenden Zahlen wurden dabei gewöhnlich gestrichen. Ueber diese Streichung ist sehr viel gestritten worden. Einige nahmen an, dass die sehr abweichenden Zahlen nicht den erforderlichen psychischen Bedingungen entsprächen. »Studirt man die Reactionszeit um ihrer selbst willen« — bemerken v. Kries und Auerbach¹⁾ —, »so muss man sich offenbar an die möglichst einfachen Verhältnisse halten und Einzelwerthe, die aus der Reihe fallen, weglassen. Denn es lässt sich mit Sicherheit annehmen, dass bei der Entstehung dieser Werthe irgend eine zufällige Complication vorlag, mit der wir gar nichts zu thun haben wollen.« Mit Recht fragt Berger²⁾, was eigentlich unter einer Reaction zu verstehen sei, die wir »um ihrer selbst willen« bestimmen wollen. Dennoch ist die Methode, die Berger selbst vorschlägt, nicht vollständig frei von Fehlern. Sie beruht auf der von Cattell³⁾ angewandten: er rechnet den mittleren Werth von allen erhaltenen Resultaten aus, und streicht dann die von diesem mittleren Werthe am meisten abweichenden. Der Fehler besteht hier darin, dass man willkürlich verschiedene Werthe beseitigt, mit der Behauptung, sie seien in Anbetracht ihrer Größe abnorm. So wird die Variation der Reactionszeiten vermindert, und die Resultate werden, wie Berger selbst sich ausdrückt, in ein von den Psychologen aufgestelltes Schema eingereiht. Der Fehler wird noch bedeutender, wenn man Untersuchungen über die Natur und den Verlauf der Aufmerksamkeit vornimmt. Man wird in diesem Falle kaum unterscheiden können, was wirklich falsch, und was unter dem Einfluss der normalen Schwankungen der Aufmerksamkeit erfolgt ist. Um diesen Fehler zu vermeiden, haben Martius⁴⁾ und Dwelshauvers⁵⁾ diese Methode ergänzt. Dwelshauvers nennt die so von ihm gewonnene Methode »das Verfahren der subjectiven Beziehungen«.

1) Archiv für Anatomie und Physiologie. 1877. S. 307.

2) Philosophische Studien. III. S. 61.

3) Philosophische Studien. III.

4) Ueber musc. Reaction und Aufmerksamkeit. Philosophische Studien. VI.

5) Philosophische Studien. VI. S. 222 ff.

Es besteht darin, »dass die Resultate der vom Reagenten im Verlauf des Experimentes angestellten Selbstbeobachtung in Beziehung gebracht werden zu der am Chronoskop abgelesenen Dauer des Reactionsprocesses«. Für die Wegstreichung der abweichenden Werthe ist das natürlich von großer Bedeutung. Es kann eine Controle ausgeübt werden, so weit die als abweichend oder falsch angegebenen Fälle in der That als abweichend erkannt sind. Was soll man aber mit Werthen anfangen, die gut angegeben sind, die aber in der Wirklichkeit dennoch von dem Mittelwerth sehr abweichen? Sind solche Werthe für die gegebenen Reactionsbedingungen nicht gerade bezeichnend? Für eine psychologische Untersuchung sind solche Schwankungen von großer Wichtigkeit. Was meine Versuche betrifft, so kamen große unbewusste Abweichungen nach der Einübung nur selten vor. Darum habe ich sie beibehalten, da sie bei der von mir angewandten Methode fast von keinem störenden Einfluss waren.

Alle oben besprochenen Versuche gehen von dem Standpunkte aus, den richtigen absoluten Werth für die Reactionsdauer anzugeben. Damit wird auch die Streichung der am meisten abweichenden Resultate entschuldigt. Mir scheint, es wird die absolute Reactionsdauer für einen Psychologen nicht so wichtig sein, wie die Variationen und die Schwankungen, die sich bei den gemachten Versuchen zeigen. Die Werthe für sensorielle Reactionszeiten variiren, wie schon Dwelshauvers bemerkt hat¹⁾, zwischen 200 und 300^σ, der Unterschied ist also ebenso groß wie zwischen sensoriiellen und musculären Reactionszeiten. Die erhaltenen Zeiten variiren sehr, sowohl zwischen den verschiedenen Personen, wie auch bei einem und demselben Beobachter. Die psychischen Bedingungen und Processe, die das herbeiführen, zu studiren, scheint mir viel wichtiger zu sein, als die Bestimmung der absoluten Dauer der Reactionszeit. Für solche Beobachtungen ist die Methode der mittleren Variation ungenügend. Indem man den mittleren Werth bestimmt, nimmt man eine Ausgleichung vor, die uns die wirklichen Resultate nur corrigirt darstellt. Aus der mittleren Variation kann man höchstens lernen, ob eine große Variation zwischen den erhaltenen Resultaten vorhanden ge-

1) Philosophische Studien. VI. S. 223.

wesen ist, — aber wie und nach welcher Richtung hin, wird man aus den angegebenen Tabellen nicht entnehmen können.

Auch für die Bestimmung der absoluten Dauer der Reactionszeit ist die Methode des arithmetischen Mittels und der mittleren Variation fehlerhaft. Wird die erhaltene mittlere Zeitdauer immer mit der wirklich bevorzugten Zeit zusammenfallen? Wie es sich bei den weiteren Versuchen zeigen wird, kommen oft zwei bevorzugte Zeiten in Betracht. Die erhaltenen Zeiten ordnen sich in zwei Gruppen, die sich voneinander sehr unterscheiden. Die nach der Methode des arithmetischen Mittels erhaltene Zeit wird dann in die Mitte der beiden Gruppen fallen, vielleicht an eine Stelle, die am wenigsten bevorzugt ist.

Um die angegebenen Fehler möglichst zu vermeiden, habe ich eine andere Methode angewandt — die bekannte statistische Methode nach der Häufigkeit der Fälle. Es wurde eine große Anzahl von Versuchen ausgeführt, die nach ihrer Häufigkeit geordnet wurden. Die Anwendung dieser Methode geschah folgendermaßen: Von jeder neuen Variation wurden unter Beibehaltung derselben Bedingungen von jedem Beobachter rund 150 Versuche in Reihen von 10—13 Versuchen gemacht. Alle diese Versuche mussten von jeder Versuchsperson in möglichst kurzer Frist ausgeführt werden, damit die äußeren wie die inneren Einflüsse, die sich mit der Zeit bemerkbar machen, möglichst vermieden seien. Die einzelnen Reactionsversuche wurden dabei folgendermaßen ausgeführt und gesammelt: 1) Der Beobachter notirte nach jedem Versuche mit kurzen, durch Vereinbarung festgesetzten Zeichen, was er bei der ausgeführten Reaction subjectiv wahrnahm¹). Die Versuche, die er als falsch bezeichnete, wurden dann weggestrichen. Da die Pause zwischen zwei Versuchen genügend groß war, so hatte diese mittelst kurzer Symbole ausgeführte Aufzeichnung keinen störenden Einfluss auf den Verlauf der Versuche. 2) Wenn die ersten beiden Versuche von den anderen große Abweichungen zeigten, ließ ich sie weg, da in solchem Falle die unvollkommene Anpassung an die geforderten Bedingungen entscheidend war. 3) Die ersten Reihen, in welchen der Einfluss der Uebung noch unmerklich war, schaltete ich ebenfalls aus. Als Zeichen für

1) D w e l s h a u v e r s, Methode der subj. Beziehungen. Phil. Stud. VI.

die eingetretene Einübung galt mir das Verschwinden der vorzeitigen und der Fehlerreactionen, sowie, wenn solche vorkamen, ihre Erkennung von dem Beobachter, was bei der ungenügenden Uebung sehr selten geschah. 4) Die gut ausgeführten Versuche reihte ich nach der Häufigkeit der Fälle folgendermaßen ein: Auf einer Abscissenachse waren Hundertel Secunden, d. h. Strecken von 10^{σ} zu 10^{σ} aufgetragen (Figur 1). Auf jedem der auf diese Weise erhaltenen Punkte errichtete ich die Ordinate und trug auf derselben vom Fußpunkte nacheinander 1,5 mm so oft ab, als die betreffende Reactionszeit bei den Versuchen sich ergeben hatte. Auf diese Weise wurden auf allen Ordinaten verschiedene Höhepunkte erhalten, die miteinander verbunden die Häufigkeitscurve bildeten¹⁾.

Wenn man die resultirende Curve betrachtet, so sieht man die Schwankungen deutlich ausgedrückt. Ein Vergleich mit den Resultaten, die nach der Methode der mittleren Variation erhalten wurden, zeigt deutlich die Vorzüge der neueren Methode. Die Curve C in Figur 8 ist z. B. aus 13 Reihen von Versuchen gewonnen, die nach der mittleren Variation folgende Resultate ergeben:

1) 205 mV 27	6) 174 mV 14	11) 185 mV 25
2) 201 » 18	7) 180 » 18	12) 169 » 28
3) 183 » 25	8) 191 » 24	13) 181 » 23
4) 205 » 20	9) 190 » 20	Gesammt- $\int \frac{2430}{13} = 187mV = \frac{289}{13} = 22$ mittel $M =$
5) 177 » 28	10) 189 » 19	

Nach dieser Methode erfährt man demnach, dass der mittlere Werth 187^{σ} ist mit einer mittleren Variation von 22^{σ} . Diese Zahlen können uns aber weder etwas Genaueres über die subjectiven Variationen sagen, die in unserem Falle eine große Rolle spielen, noch können sie die häufigste Reactionszeit angeben. Wenn ich die Ergebnisse

1) Die Anwendung der Methode nach der Häufigkeit der Fälle auf die Reactionszeiten hat schon Kraepelin bei der Untersuchung der Einwirkung medicamentöser Stoffe auf die Dauer einfacher ps. Vorgänge (Philosophische Studien I, S. 18) versucht. Seine Curven sind aber auf Grund von nur wenigen (5–10) Versuchen gemacht und zeigen nur, wie groß die Abweichungen von dem Normalwerth sind. Der letztere ist nach der Methode des arithmetischen Mittels erhalten worden.

der beiden Methoden vergleiche, so finde ich, dass der Werth von 187^σ auf eine Stelle der Häufigkeitscurve fällt, an der sich nicht besonders viel Reactionszeiten häufen. Nach der Methode der Häufigkeit der Fälle sind vielmehr 174^σ und 214^σ die am meisten bevorzugten Werthe.

Bei der eingeführten Methode fällt auch die Frage nach den unbewussten großen Abweichungen hinweg. Da ihre Zahl sehr klein ist, so sind sie nicht im Stande, den Charakter der Curve zu beeinflussen. Die kleineren Fortsetzungen am Anfange und Ende der Curve haben für ihre Gestaltung keine Bedeutung.

Nur in einem Falle habe ich die Methode des arithmetischen Mittels angewandt, als ich den Einfluss der Uebung untersuchen wollte. Da sich dieser Einfluss von Versuch zu Versuch sehr verändert, so kann man bei einer Curve von 150 Versuchen die allmähliche Einübung nicht verfolgen. Die mittleren Werthe wie die mittleren Variationen, die aus jeder einzelnen Versuchsreihe erhalten worden sind, können uns über diese Frage besser unterrichten.

IV.

Die Reactionsweise.

Bevor ich auf die Resultate eingehe, will ich noch ein paar Worte über die von mir angewandten Reactionsweisen sagen. Die Reactionsweise ist ja für die Constanz der vorbereitenden Bedingungen und damit für die Reactionszeiten selbst von großer Bedeutung. Schon Wundt¹⁾ hat angedeutet, dass die großen persönlichen Unterschiede von der Nichtbeachtung der Reactionsweisen herrühren. Hauptsächlich weil man die Unterschiede der vorbereitenden Zustände nicht genug beachtete, sind so schwankende Resultate erhalten worden.

Die Frage nach den vorbereitenden Zuständen und damit die Frage nach den verschiedenen Reactionsweisen ist nun in neuerer Zeit sehr viel von den Psychologen behandelt worden. Man hat den Einfluss der Uebung, der individuellen Eigenschaften etc. seit kurzem

1) Physiologische Psychologie 4 II. S. 321 und 361.

erörtert. Erst L. Lange¹⁾ stellte aber die Frage durch die Unterscheidung zweier Reactionsweisen klarer hin. Beide unterscheiden sich nach der Richtung der Aufmerksamkeit. Demnach bezeichnet er es als sensorielle Reaction, wenn die Aufmerksamkeit ausschließlich dem erwarteten Sinneseindruck zugewendet ist, als musculäre, wenn sie fast ausschließlich auf die auszuführende Bewegung gerichtet ist. Diese Unterscheidung ist in weiteren Versuchen bestätigt und weiter ausgebildet worden, doch findet man auch verschiedene Einwände gegen dieselbe. So wendet sich Cattell²⁾ gegen die beiden Reactionsweisen, indem er ihre Allgemeingültigkeit bestreitet. Er konnte eine scharfe Begrenzung der beiden Arten von Reactionszeiten nicht erreichen. Sicher ist die Ausführung solcher Versuche mit großen Schwierigkeiten verbunden. Namentlich vergisst man in solchem Falle den Einfluss der Einübung in Betracht zu ziehen. Man muss, wenn man solche Versuche ausführen will, eine große Uebung darin haben, entweder seine Aufmerksamkeit fast ausschließlich auf den erwarteten Eindruck, oder auf die Ausführung der Bewegung zu richten. Man darf aber andererseits nicht, wie es zweifellos bei Cattell der Fall war, auf eine Reactionsweise, speciell die musculäre, so ausschließlich eingeübt sein, dass eine Abweichung von derselben nicht mehr möglich ist. Wundt³⁾ wie Lange erkennen auch diese Schwierigkeiten an, indem sie die einander am meisten entgegengesetzten Reactionsweisen »extrem sensorieel« und »extrem musculär« nennen. Daraus ergibt sich schon, dass sich zwischen diesen beiden extremen Reactionsweisen andere befinden müssen, und es fragt sich, wie sich diese zu jenen beiden extremen verhalten. Wundt⁴⁾ wirft die Frage auf, ob die von Lange aufgestellten Reactionsweisen »künstliche Einschränkungen der natürlichen Reactionsform und nicht vielmehr nothwendige Endstufen derselben sind«. Da diese Frage für meine weiteren Untersuchungen von großer Bedeutung war, so führte ich Versuche aus, um sie näher zu untersuchen. Diese Versuche bestanden in gewöhnlichen Lichtreactionen an dem Spaltpendel.

1) Philosophische Studien. IV. S. 479 ff.

2) Philosophische Studien. VIII. S. 403 ff.

3) Physiologische Psychologie. II. S. 309.

4) Physiologische Psychologie. II. S. 315.

Je nach den drei Reactionsformen, die nach der obigen Fragestellung anzunehmen sind, ließ ich drei Gruppen von Versuchen ausführen: »natürliche«, »sensorielle« oder »verlängerte«, »musculäre« oder »verkürzte«. »Natürliche Reactionen« nannte ich diejenigen, die von jedem Beobachter nach der Auffassung des Sinneseindrucks auf die für ihn bequemste Weise ohne weitere Vorbereitungen in Bezug auf die Richtung der Aufmerksamkeit ausgeführt wurden (Taf. I, Fig. 1). Mit diesen Versuchen begann ich meine Arbeit. Von ihnen ausgehend war ich dann bestrebt, die Aufmerksamkeit so ausschließlich wie möglich zuerst auf die auszuführende Bewegung, dann auf den erwarteten Sinneseindruck zu richten und auf solche Weise die extremen Reactionsformen zu erreichen.

1. Die natürliche Reactionsweise.

Die Ausführung dieser Art von Reactionsversuchen bot am wenigsten Schwierigkeiten. Sie war immer am leichtesten zu erreichen, konnte auch ohne große sichtbare Schwankungen am längsten beibehalten werden. Die Einübung ging leicht und schnell von statten, die Versuche einer und derselben Person erfuhren innerhalb längerer Zeiträume keine wesentlichen Veränderungen. Der Beobachter pflegte seine Aufmerksamkeit in gewissem Grade auf den Sinneseindruck zu richten, während er zugleich seine Hand in motorischer Bereitschaft hielt. Schon Lange bemerkt, dass von vornherein bei den verschiedenen Personen verschiedene Reactionsweisen bevorzugt werden¹⁾. Diese Bevorzugung zeigt sich in der That ganz deutlich bei der Anwendung der natürlichen Reactionsweise. Darum zeigen sich hier auch verhältnissmäßig große persönliche Unterschiede. Wenn man die erhaltenen Curven (Fig. 2) übersieht, kann man diese Abweichungen zwischen den verschiedenen Beobachtern deutlich bemerken. Jede Versuchsperson reagirt je nach ihrer Anlage. Darum häufen sich die Versuche für den Beobachter *S*, der in hohem Grade motorisch angelegt ist, bei 170^σ an (Fig. 2, Curve *A*), während diese Häufung bei mir erst bei 200^σ geschieht (Curve *B*). Fast bei allen Versuchs-

1) Philosophische Studien. IV. S. 496.

personen, die an meiner Arbeit theilnahmen, war der Höhepunkt der Curve verschieden. So für

<i>S</i>	<i>B</i>	<i>K</i>	<i>F</i>	<i>Al</i>	<i>A</i>
174 ^σ	180 ^σ	184 ^σ	190 ^σ	194 ^σ	205 ^σ

Der Beobachter *S* reagirt am kürzesten, *B* und *K* wählen eine mittlere Form, während *Al*, *F* und *A* etwas verlängerte Reactionen haben. Es fragt sich, woher dieser Unterschied kommt? Diese Frage führt uns zu der Analyse der natürlichen Reactionsform.

Wenn wir die »natürlichen« Reactionen mit den von den bisherigen Beobachtern erhaltenen vergleichen, so fallen sie mit denen zusammen, die nach Wundt¹⁾ einen gemischten Charakter zeigen. Die Aufmerksamkeit wird zugleich auf den Sinneseindruck und auf die Ausführung der Bewegung gerichtet. Ist der Beobachter mehr motorisch angelegt, so ist seine Aufmerksamkeit mehr auf die Ausführung der Bewegung gelenkt, und damit wird die Reactionszeit verkürzt; richtet sich die Aufmerksamkeit mehr auf die Auffassung des Sinneseindrucks, so wird die Reactionszeit verlängert. So war der Beobachter *S* (Fig. 2, *A*) immer bemüht, die Bewegung so schnell wie möglich auszuführen, während ich mehr auf die Auffassung des Sinneseindrucks achtete (Fig. 2, *B*). Vergleicht man aber unsere Curven, so wird man keine besonderen Formabweichungen bemerken können. Während die Dauer der Zeit mehr oder weniger von der Richtung der Aufmerksamkeit abhängig ist, bleibt die Form der Curve von diesem Factor unabhängig. Das kommt jedoch nur bei der bequemsten Reactionsweise vor. Wird die Aufmerksamkeit mehr in eine willkürlich bestimmte Richtung gelenkt, wird also der Beobachter unter bestimmtere Bedingungen gestellt, so treten bald Formveränderungen ein. Das führt uns zu den extremen Reactionsweisen.

2. Die musculäre Reactionsweise.

Wird die Aufmerksamkeit fast ausschließlich auf die Ausführung der Bewegung, also auf das Ende des Reactionsprocesses gerichtet, so sucht die Versuchsperson die Reaction so schnell wie möglich

1) Physiologische Psychologie. II. S. 310.

auszuführen. Die ersten Versuche kann man schwer von den natürlichen unterscheiden, doch bald kommen Schwankungen vor, endlich werden die Reactionszeiten ganz verkürzt. Diese Verkürzung ist nur bis zu einer bestimmten Grenze möglich, die fast für alle Versuchspersonen dieselbe ist. Nachdem diese Grenze erreicht ist, beschränkt sich die weitere Einübung auf die Befestigung der Constanz der ausgefallenen Resultate. So sank bei mir die mittlere Zeit von 200^{σ} auf 150^{σ} , und nachdem diese Zeitdauer erreicht war, sank bei den weiteren Versuchen die mittlere Variation von 22^{σ} auf $9^{\sigma} - 11^{\sigma}$. Betrachtet man die erhaltenen Curven (Fig. 3 und Fig. 1, Curve A), so sieht man deutlich den Unterschied von der »natürlichen« Reaction (Fig. 2 und Fig. 1, Curve B). Bei den musculären Reactionszeiten sind kaum Schwankungen angedeutet. Die Curve steigt bis zu der Spitze fast geradlinig an. Mit der Constanz der Resultate bei einer und derselben Person verbindet sich eine Uebereinstimmung zwischen den verschiedenen Personen. Es sind fast alle persönlichen Unterschiede verschwunden (Fig. 3). Diese Constanz der Resultate wird auch von der Einführung neuer Bedingungen nicht geändert, wie wir das bei der Betrachtung der Durchgangsbeobachtungen sehen werden¹⁾. Alles deutet auf eine Mechanisirung der Reaction hin, und mir scheint, wir haben es hier mehr mit physiologischen, reflexartigen Reactionen zu thun als mit solchen, die von den psychischen Bedingungen wesentlich bestimmt sind. Doch damit will ich nicht behaupten, dass die psychologischen Bedingungen und Prozesse in unserem Falle überhaupt keine Rolle spielen. Wie ich bei den Durchgangsbeobachtungen ausführen werde, wurden alle meine musculären Reactionszeiten auch von der Auffassung des Sinnesindrucks mit bestimmt.

Um Missverständnisse zu vermeiden, werde ich die musculären Reactionszeiten nach dem Vorgange von Wundt die »verkürzten« nennen. Unter musculären Reactionen versteht man gewöhnlich solche, bei denen die Aufmerksamkeit auf die Muskeln der Hand gerichtet ist. Solche Reactionen können aber unter Umständen sehr lang ausfallen, da der Sinnesindruck nicht genügend beachtet wird. Verkürzte Reactionen dagegen werde ich solche nennen, bei denen

1) Siehe Seite 29 ff.

die Aufmerksamkeit fast ausschließlich auf das Ende des Reactionsprocesses, also auf die Ausführung der Bewegung gerichtet ist. In diesem Falle sucht der Beobachter die Reaction so schnell wie möglich auszuführen, was zu einer Verkürzung der Anfangsprocessse führt.

3. Die sensorielle Reactionsweise.

Anders gestalten sich die Resultate, wenn die Aufmerksamkeit fast ausschließlich dem Sinneseindruck, also dem Anfange des Reactionsprocesses zugewendet ist. Solche Versuche waren am schwierigsten ausführbar, ja für einige Beobachter waren sie fast unmöglich. Alle ersten Versuche, genau so wie bei den verkürzten, fallen mit den natürlichen zusammen. Erst allmählich treten Verlängerungen ein, verbunden mit großen Schwankungen und Unlustgefühlen. Eine Neigung, in die natürliche Reactionsweise überzuspringen, war bei allen Beobachtern zu bemerken; bei stark motorisch angelegten Versuchspersonen, wie z. B. bei Beobachter *S*, waren solche Sprünge unvermeidlich. Doch wurde nach großer Uebung eine gewisse Constanz mit ungefähr 25^σ — 32^σ mittlerer Variation erreicht. Bei den das Resultat veranschaulichenden Curven ist im Vergleich mit den natürlichen Reactionsversuchen die persönliche Differenz verkleinert. Die Höhepunkte erheben sich bei fast allen Beobachtern auf 240^σ und 220^σ (Fig. 4). Abweichungen zeigten die Beobachter *S* und *Al*. Sie erreichten ihre Höhepunkte hauptsächlich bei 210^σ , während sich bei 240^σ nur kleinere Spitzen erhoben. Der Beobachter *S* war im Ganzen sehr motorisch angelegt, während *Al* durch sehr zahlreiche Versuche, die von ihm vor dem Eintritt in die vorliegende Untersuchung in Amerika ausgeführt waren, in hohem Grade auf seine gewohnte Reactionsweise eingeübt war. Ueberdies hatte er sich auf Grund dieser seiner früheren Versuche von vornherein die feste Meinung gebildet, dass sensorielle Reactionsversuche überhaupt nicht möglich seien. Die Abweichung bei dem Beobachter *Al* hängt, glaube ich, hauptsächlich von dieser seiner vorgefassten Meinung ab. Das wurde auch durch den Umstand wahrscheinlich, dass sich seine Reactionszeiten allmählich mehr den Resultaten der andern Beobachter näherten, je mehr er eingeübt wurde. Bei den letzten Versuchen fielen die sämtlichen individuellen Reactionscurven ziemlich nahe zusammen.

Diese Curven zeigen aber große Schwankungen, unter denen sich gewöhnlich zwei Hauptspitzen erheben — die höhere bei 240^σ , die kleinere schwankend zwischen 200^σ — 210^σ . Diese Schwankungen sind ein charakteristischer Zug der sensoriiellen Reactionszeiten. Je sensoriieller der Beobachter reagirt, desto mehr Schwankungen weist seine Reactionscurve auf. Die vollständigsten sensoriiellen Reactionsversuche wurden von mir (Fig. 4 C) und dem Beobachter K (Fig. 4 A) ausgeführt.

Um Missverständnisse zu vermeiden, werde ich die sensoriiellen lieber die »verlängerten« oder die »vollständigen« Reactionen nennen. Damit ist schon angedeutet, dass bei diesen Versuchen alle Reactionsprocesse sich frei und möglichst vollständig gestalten, während die Bezeichnung »sensoriell« mehr auf die sensoriiell gerichtete Aufmerksamkeit hinweist.

Man sieht, dass die extremen Reactionsweisen ihren Ausgang immer in der natürlichen Reaction haben. Die ersten Versuche kann man, man mag der Versuchsperson noch so viel Anweisungen geben, von den natürlichen Reactionen nicht scheiden. Jeder Beobachter reagirt nach seiner bequemsten Weise. Erst mit der Einübung, die Aufmerksamkeit in eine bestimmte Richtung zu lenken, kommen die extremen Reactionsformen zum Vorschein. Als Beispiel dafür dienen die Reactionsversuche, die vor der L. Lange'schen Unterscheidung von sensoriiellen und musculären gemacht worden sind. So die Resultate von

Hirsch	Donders	Hankel	Wundt	Exner	Kries	Auerbach	Cattell ¹⁾
200^σ .	188^σ .	224^σ .	222^σ .	150^σ .	193^σ .	191^σ .	150^σ .

Fast alle diese Reactionszeiten fallen mit meinen natürlichen zusammen. Nur die Versuche von Exner und Cattell machen eine Ausnahme. Diese Uebereinstimmung ist nicht so groß bei den extremen Reactionsweisen. So gibt Wundt für verlängerte 290^σ an, während ich etwa 240^σ erhalten habe. Das bestätigt meine Annahme, dass die natürlichen Reactionen am leichtesten ausgeführt werden.

1) Wundt, Physiologische Psychologie. II. S. 312.

Wenn man weiter die Curven von den drei Reactionsweisen (Fig. 1) genau vergleicht, so sieht man, dass sie sich in zweierlei Weise unterscheiden: 1) durch die Abweichungen von einander nach der Zeitdauer der Reactionszeiten, und 2) nach den Schwankungen, die auf ihnen bemerkbar sind. Nach dem ersten Unterschiede sieht man, dass, je sicherer die Aufmerksamkeit nach einer bestimmten Richtung gelenkt ist, um so kleinere persönliche Differenzen sich zeigen (Figuren 2, 3, 4). Bei den verlängerten Reactionszeiten ist die Aufmerksamkeit mehr auf den Sinneseindruck, bei den verkürzten mehr auf die Bewegung gerichtet. Damit wird eine größere Einförmigkeit der vorbereitenden Prozesse bei allen Beobachtern erzielt. Anders bei der natürlichen Reactionsweise. Da hier jeder Beobachter mehr oder weniger sich selbst überlassen ist, so reagirt er mehr oder weniger anders als alle anderen. Versucht man die Aufmerksamkeit bei allen Versuchspersonen ähnlicher zu gestalten, so verkürzen sich die persönlichen Abweichungen. Ich habe als Sinnesreiz an Stelle einer weißen Linie einen kleinen Punkt gewählt, der die Aufmerksamkeit mehr auf sich lenkte, als die Linie. Damit wurden die vorbereitenden Bedingungen für alle Beobachter ähnlicher gemacht. Da der Reiz klein war, suchten auch die mehr motorisch angelegten Beobachter ihn gut zu erfassen, was eine größere Spannung der Aufmerksamkeit in Bezug auf den Sinneseindruck mit sich führte. In Fig. 5 sind die Resultate, die unter diesen Bedingungen erhalten wurden, dargestellt. Die Curven, die vorher beträchtlich von einander abweichen (Fig. 2), fallen nun fast zusammen. Dies Ergebniss führt mich zu der Annahme, dass die persönlichen Unterschiede hauptsächlich von der ungenügenden und unregelmässigen Concentration der Aufmerksamkeit abhängig sind. Ist die Aufmerksamkeit eindeutig und bestimmt auf den zu erwartenden Sinneseindruck gerichtet, so fallen die persönlichen Unterschiede allmählich aus. Die Bestimmtheit kann auf zweierlei Weise geschehen. So kann man fast ausschließlich die Ausführung der Bewegung ins Auge fassen. Damit wird die Auffassung des Reizes verdunkelt, mit der Uebung werden die vor der Ausführung der Bewegung verlaufenden Prozesse verkürzt. Auf diese Weise entstehen die verkürzten Reactionen. Wendet man andererseits die Aufmerksamkeit mehr auf den Sinneseindruck, dessen Auffassung den Anfang des Reactionsversuches bildet, so

werden die Reactionsprocesse, die nach der Auffassung folgen, sich freier gestalten. Je weniger in diesem Falle auf die Ausführung der Bewegung geachtet wird, desto vollständiger werden die Reactionsprocesse verlaufen — verlängerte Reactionszeiten. Doch selbst bei der größten Concentrirung der Aufmerksamkeit auf die Auffassung des Sinneseindrucks kann die Ausführung der Bewegung nicht außer Acht gelassen werden. Darum ist die Ausführung der verlängerten Reactionsversuche schwieriger, ja für manche Individuen vielleicht überhaupt unmöglich. Aus der schwierigen Ausführung der verlängerten Reactionen kann man auch die Thatsache erklären, dass bei ihnen in unseren Versuchen persönliche Unterschiede immer vorhanden bleiben. Diese Unterschiede treten aber noch deutlicher hervor bei den natürlichen Reactionen, bei denen von Anfang an die Ausführung der Bewegung wie die Auffassung des Eindruckes ins Auge gefasst werden, wobei dann, je nach der Anlage des Beobachters, bald das eine, bald das andere mehr in den Vordergrund tritt.

Nach diesen Betrachtungen kann man die Schwankungen, welche die Curven zeigen, leicht erklären. Wenn man die Curven aller drei Reactionsweisen vergleicht, so sieht man, wie sich die Schwankungen mit dem Uebergange von verkürzten zu verlängerten Reactionen allmählich entwickeln. So sind bei den verkürzten fast keine Schwankungen zu sehen — die Curve steigt geradlinig auf; bei den natürlichen Reactionen finden sich schon leise Andeutungen einer zweiten Spitze, so dass, je länger die Versuchsperson reagirt, desto bestimmter diese Neigung hervortreten scheint (nur meine Curve macht eine Ausnahme, siehe die Fig. 2, B). Die Schwankungen sind endlich am auffallendsten an den Curven der verlängerten Reactionen. Es bilden sich gewöhnlich zwei, oder unter besonderen Umständen selbst mehrere Spitzen, die mit der größeren Hingabe des Beobachters an die bestimmenden Umstände noch bestimmter hervortreten. Je vollständiger der Beobachter reagirt, um so mehr scheinen die Schwankungen hervortreten (Fig. 4). Also je mehr psychische Processe in den Reactionsversuch eingeschaltet sind, desto schwankender fällt die Curve aus. Darum ist wohl mehr Gewicht auf diese Schwankungen zu legen als auf die absolute Zeit. Denn für die psychologische Analyse sind solche von den psychologischen Bedingungen verursachte Variationen wichtiger, als die Feststellung von Mittelwerthen.

Die Untersuchungen über die Natur und den Verlauf der Reactionszeiten haben unter diesem Fehler oft stark gelitten. Man wollte eine absolute Zeit finden, die die Dauer des Reactionsprocesses genau bestimme. Dabei wurden die viel wichtigeren Fragen nach der Natur dieses Processes nicht genügend beachtet.

Fassen wir die gewonnenen Resultate zusammen:

1) Es gibt für jeden Beobachter eine natürliche Reactionsform, die von ihm bevorzugt wird. Sie hängt ab von der Anlage des jeweiligen Reagenten, darum fällt sie bei den verschiedenen Beobachtern verschieden aus. Sie kann außerdem für denselben Beobachter zu verschiedenen Zeiten, je nach dem Wechsel der augenblicklichen Disposition, verschieden auftreten.

2) Wird die Aufmerksamkeit durch Vorbedingungen genau in ihrer Richtung bestimmt, so dass sie bei allen Beobachtern sich gleich gestaltet, so fallen die persönlichen Unterschiede mehr und mehr aus. Die Zeitdauer der Reaction wird bei allen Beobachtern in diesem Falle dieselbe.

3) Wird die Aufmerksamkeit fast ausschließlich auf einen bestimmten Theil des Reactionsvorganges gerichtet, so entwickelt sich aus der natürlichen eine extreme Reactionsform, die im günstigsten Falle als Endpunkt der Reactionsentwicklung dienen kann. Ist die Aufmerksamkeit mehr auf das Ende des Reactionsvorganges gerichtet, also auf die Ausführung der Bewegung, so wird die Auffassung des Eindrucks verdunkelt, und zugleich werden alle anderen Prozesse verkürzt, was zu einer Mechanisirung des Reactionsvorganges zu führen scheint — verkürzte Reactionen. Ist die Aufmerksamkeit mehr auf die Auffassung des Sinneseindruckes gerichtet, so entwickeln sich alle Reactionsprocesse möglichst vollständig — verlängerte oder vollständige Reactionen.

4) Endlich, je eindeutiger die Aufmerksamkeit gerichtet ist, desto constanter fallen die Resultate aus. Je mehr psychische Prozesse in den Reactionsvorgang eintreten, desto schwankender werden sie bei einer und derselben Person. So sind bei den verkürzten Reactionen, wo die Aufmerksamkeit die eindeutigste und bestimmteste Richtung hat, fast keine Schwankungen vorhanden, dagegen sind bei den verlängerten Reactionen, wo sich alle psychischen Prozesse möglichst vollständig gestalten, die Schwankungen am deutlichsten zu sehen.

Nach dieser durch Versuche am Spaltpendel gewonnenen Orientierung über die Methoden und Reactionsweisen gehe ich zu meiner Hauptaufgabe, zu den Reactionszeiten bei den Durchgangsbeobachtungen über.

V.

Reactionsversuche bei Durchgangsbeobachtungen.

Die veränderten Umstände, welche die Durchgangsbeobachtungen von den gewöhnlichen Lichtreactionen unterscheiden, bestehen hauptsächlich in den vorbereitenden Bedingungen. Bei den gewöhnlichen Lichtreactionen drückt der Beobachter den Reactionstaster und wartet auf den Sinnesindruck. Zwei Secunden vor dem Eintreten des letzteren wird ein Vorsignal gegeben, das gewöhnlich aus einem Klingelschlag besteht. Der Beobachter spannt nach dem Signal seine Aufmerksamkeit an, um nach dem Eintreten des Lichtreizes den Reactionstaster loszulassen. Die Zeit zwischen Vorsignal und Sinnesreiz ist leer, wird aber von Spannungsempfindungen und Spannungsempfindungen ausgefüllt. Der Sinnesreiz selbst wirkt momentan. Anders bei den Durchgangsbeobachtungen. Hier dient als Vorsignal der Sinnesreiz selbst. Der Beobachter sieht in das Fernrohr und wartet auf den Reiz, indem er das Fadenkreuz fixirt. Wird die Trommel, auf welcher der Reiz angebracht ist, in Bewegung gesetzt, so nähert sich der rothe Punkt allmählich dem Gesichtskreis. Das Eintreten des Reizes in das Gesichtsfeld dient dem Beobachter als Vorsignal. Mit der weiteren Bewegung der Trommel bewegt sich der Reiz aus dem indirecten ins directe Sehen, indem er sich zugleich dem Durchgange durch den mittleren Faden immer mehr nähert. So wird die Zeit zwischen Vorsignal und Reaction durch die Bewegung des Reizes ausgefüllt. Je mehr sich der Reiz dem Durchgange nähert, desto unruhiger wird der Beobachter, was zugleich die motorische Bereitschaft der Hand steigert. Darum erfolgen auch am Anfange der Versuche sehr viele vorzeitige Reactionen, sie werden dadurch noch mehr begünstigt, dass der Reiz nach dem Durchgang nicht so gleich verschwindet. Im Moment, wo die Deckung von Fadenkreuz und rothem Punkt aufgefasst wird, lässt der Beobachter den

Reactionstaster los. Da sich aber in der Zeit der Reaction die Trommel weiter bewegt hatte, so bemerkt der Beobachter oft, dass rother Punkt und Fadenkreuz weit auseinander stehen, eine Beobachtung, die ihn veranlasst, sich bei der nächsten Reaction mehr zu beeilen. Mit der nach und nach sich vollziehenden Einübung verschwanden die vorzeitigen Reactionen zwar nicht ganz, wurden jedoch auf ein Minimum eingeschränkt. Die Neigung, die Reaction zu verkürzen, blieb aber das charakteristische Merkmal für die Durchgangsbeobachtungen.

Wie ich in der Einleitung schon erwähnt habe, hat man die persönlichen Unterschiede bei den Durchgangsbeobachtungen hauptsächlich theils auf die Uebung, theils auf die Anwendung der verschiedenen Reactionsweisen zurückgeführt. Darum ist hier meine Aufgabe eine dreifache. Ich werde 1) den Einfluss der Uebung, 2) den der verschiedenen Reactionsweisen, 3) den der veränderten Vorbereitungsbedingungen, die für die Durchgangsbeobachtungen charakteristisch sind, auf die Dauer und den Charakter der Reactionen untersuchen.

1. Der Einfluss der Uebung.

Der Einfluss der Uebung bei den Durchgangsbeobachtungen ist schon längst von den Astronomen entdeckt worden. So suchte Wolf¹⁾ einen Apparat zu construiren, an welchem sich die astronomischen Beobachter die nöthige Uebung in genauer Registrirung aneignen sollen. Die Uebung besteht in der Anpassung an die herbeigeführten Bedingungen, was für alle Reactionsversuche von großer Wichtigkeit ist. Ihre besondere Bedeutung für die Durchgangsbeobachtungen liegt in dem Umstande, dass hier die Bedingungen die Einübung viel schwieriger machen. Die Bewegung des Sinneseindruckes ruft große Schwankungen in den erhaltenen Reactionszeiten hervor, die durch die große Unsicherheit des Durchganges hervorgerufen sind. Nach meinen Versuchen lässt sich sagen, dass diese Schwankungen bei verschieden angelegten Versuchspersonen verschieden sind. Fast alle meine Beobachter fingen mit verhältnissmäßig großen Reactionszeiten an, bald trat aber eine Veränderung ein. Bei den mehr

1) Foerster in Vierteljahrschrift der astr. Gesellschaft. I. S. 236 f.

motorisch angelegten Personen zeigte sich bald die Neigung zur Verkürzung, es stellten sich vorzeitige Reactionszeiten ein, bis nach einigen weiteren Reactionsversuchen die kurzen und die vorzeitigen Reactionszeiten die herrschenden wurden. Erst allmählich machte sich wieder eine Verlängerung der Reactionszeiten wahrnehmbar, die diese einem constanten Werthe nach und nach näherte. Die vorzeitigen Reactionen wurden als solche erkannt, eine Thatsache, die schon das Zeichen für eine gute Einübung war. So reagierte der Beobachter *S* zuerst fast immer zu früh. Seine Einübung ging langsam und so vor sich, dass er selbst nichts davon merkte. Darum behauptete er fast immer, dass er genau in derselben Weise reagire, obwohl seine Reactionszeit von 150^{σ} auf 200^{σ} gestiegen war. Waren die Vorbedingungen der Reaction aber so gestaltet, dass der Beobachter seine Aufmerksamkeit bestimmter auf den Sinneseindruck richtete, so war die Constanz der Resultate auch bei motorisch angelegten Personen schneller erreichbar.

Die Beobachter, die mehr sensorieell angelegt waren, übten sich fast immer etwas leichter ein, sogar bei verkürzten Reactionszeiten. Ihre Reactionsversuche enthielten zuerst beinahe regelmäßig Spätreactionen; diese verschwanden aber bald. Der Verlauf der Versuche bei solchen Versuchspersonen war immer ruhiger und constanter, dennoch darf man deren Versuche nicht als allgemeingültige betrachten. Es ist ein Fehler, glaube ich, den Resultaten, die von motorisch angelegten Beobachtern erhalten worden sind, nicht die gleiche Beachtung zu schenken. Solche Resultate sind für das Verständniss der extremen Reactionsweisen vielleicht nicht so wichtig; aber für den Reactionsverlauf selbst, wie für die individuellen Unterschiede, sind sie von großer Bedeutung. Die meisten Unterschiede, die sich bei den Astronomen gezeigt haben, beruhen auf den verschiedenen Anlagen der Beobachter. Doch haben diese Anlagen große Geltung nur dann, wenn gute Einübung in der Beobachtung nicht erreicht worden ist. Sind die Beobachter eingeübt, so werden die persönlichen Unterschiede verschwindend klein. Natürlich erfolgt die Einübung nur in einer bestimmten Reactionsweise, die für die Resultate entscheidend ist. Die Uebung selbst dient zur Einführung in die neuen Bedingungen, die man untersuchen will. Ist das erreicht, so bleiben nur die Veränderungen bestehen, die von den

besonderen Umständen herbeigeführt sind. Unter diesen besonderen Umständen kommen an erster Stelle die Reactionsweisen in Betracht, die die Richtung der Aufmerksamkeit genauer bestimmen.

2. Der Einfluss der Reactionsweisen.

Die Anpassung an die besonderen Bedingungen konnte nur bei einer bestimmten Richtung der Aufmerksamkeit geschehen. Darum entstand für mich die Frage: Bei welcher Reactionsweise werden die Durchgangsbeobachtungen am besten ausgeführt? Die Untersuchung dieser Frage kann man unter zwei Gesichtspunkten unternehmen: 1) man kann untersuchen, bei welchen Reactionsweisen die Resultate bei den Durchgangsbeobachtungen am constantesten bleiben, d. h. also, wie man die persönlichen Unterschiede auf ein Minimum reduciren kann. Andererseits kann man 2) diejenige Reactionsweise aufsuchen wollen, unter der die psychologische Analyse am besten vollzogen wird. Der erste Gesichtspunkt ist wichtig für die astronomischen Beobachtungen, der zweite für die Psychologie. Ich beginne meine Untersuchungen mit den extremen Reactionsweisen.

a. Einfluss der extremen Reactionsweisen.

Die Anwendung der extremen Reactionsweisen auf die Durchgangsbeobachtungen bietet große Schwierigkeiten, die aus der besonderen Natur dieser Beobachtungen hervorgehen. Da in dem Momente des Durchganges des rothen Punktes durch das Fadenkreuz reagirt werden muss, nimmt der Sinneseindruck die Aufmerksamkeit in Anspruch. Zugleich aber wird sehr auf die Ausführung der Bewegung geachtet, da, wie bemerkt, die Bewegung des Sinneseindrucks die motorische Bereitschaft der Hand steigert. So sagt auch Leitzmann¹⁾, der die Störungen bei Durchgangsbeobachtungen untersucht hat, etwas Aehnliches von den Reactionsweisen: »Der Umstand, dass das Auge den Stern in seiner Bewegung verfolgt, begünstigt musculäre Reactionen. Die Vorstellung des bewegten Objectes wird motorische Bereitschaft in hohem Grade erzeugen können«²⁾. Die richtige

1) Philosophische Studien. V. S. 56 ff.

2) Ebenda. S. 63.

Registrierung des Durchganges fordert andererseits eine Spannung der Aufmerksamkeit auf die beiden Endprocesse zugleich. Darum wird hier die Reactionsweise bevorzugt, die wir die »natürliche« genannt haben.

Versucht man trotzdem die extremen Reactionsweisen anzuwenden, so ist das besonders schwierig bei den verlängerten Reactionen. Die Resultate, die ich in diesem Falle erhielt, unterschieden sich von den natürlichen nur durch eine Anzahl von Spätreactionen. Die Beobachter redeten dabei immer von Unlustgefühlen, ja sie bemerkten sogar deutlich, dass die Reaction etwas später als der wirkliche Durchgang stattfand. Die Bewegung des rothen Punktes nach dem Durchgang forderte eine größere motorische Bereitschaft bei der nächsten Reaction. Da diese Bereitschaft für die gute Ausführung der Reaction nothwendig erschien, waren reine vollständige Reactionszeiten nicht zu erreichen.

Viel günstiger gestalten sich die Resultate für die verkürzten Reactionszeiten. Die Neigung, die Reactionszeit zu verkürzen, zeigte sich bei allen Beobachtern. Sie wuchs mit der Einübung, die Aufmerksamkeit fast ausschließlich auf den Endprocess zu richten, doch konnte die extreme Form nur sehr schwer erreicht und beibehalten werden. Die Versuche nöthigten den Beobachter, auf den Sinnesindruck zu achten, da sich die Reaction nach ihm richten musste. Und da die Bewegung des Sinnesindrucks eine allmähliche war, so musste man mehr auf den wirklichen Durchgang achten. Darum konnte bei diesen Reactionsversuchen eine ausschließlich einseitige Richtung der Aufmerksamkeit nicht erreicht werden. Die Resultate, die ich unter diesen Umständen erhielt (Figuren 6 und 7), zeigen den gewöhnlichen Charakter der verkürzten Reactionszeiten. So zeigen die Curven der verschiedenen Beobachter (Fig. 6) nicht große Abweichungen voneinander. Ebenso wenig die Curven, die unter veränderten Bedingungen gewonnen worden sind (Fig. 7). Sogar die Curven der verkürzten Reactionszeiten bei den Durchgangsbeobachtungen weichen wenig von den Curven der Resultate bei den gewöhnlichen verkürzten Lichtreactionen ab. In allen Fällen ist der Beobachter bemüht gewesen, seine Aufmerksamkeit auf die Ausführung der Handbewegung zu richten.

Wenn man aber die Fig. 7 genauer durchsieht, so bemerkt man

eine gewisse Gesetzmäßigkeit in den Abweichungen, die hier zwischen den verschiedenen Curven vorkommen. So zeigt die Curve *C* eine Neigung zur Verlängerung der Reactionszeiten. Diese Zeiten sind gewonnen bei verlangsamer Geschwindigkeit der Trommel. Die Zeit zwischen dem Eintreten des rothen Punktes in den Gesichtskreis und dem Durchgang war von 1 Secunde, bei welcher die Curve *B* gewonnen ist, auf 2 Secunden erhöht. Die Verlangsamung fordert eine größere Beachtung des Sinneseindrucks, es wird also unwillkürlich die Reactionszeit etwas verlängert. Auch die Curven *A* und *B* weisen dieselbe Thatsache auf. Obwohl sie ihre Höhepunkte bei 150° haben, zeigen sie leise Abweichungen. Die Curve *A*, die bei den Spaltpendelversuchen erhalten ist, zeigt viel mehr verkürzte Reactionszeiten als die Curve *B*, welche von Durchgangsbeobachtungen stammt. Diese leisen Abweichungen weisen auf den Einfluss der verdunkelten Zwischenprocesse hin. Mit diesen Vermuthungen stimmen auch die Angaben der Beobachter überein. So berichten fast alle Versuchspersonen, dass sie bei den Durchgangsbeobachtungen immer etwas auf den Sinneseindruck achten müssten, während bei den Spaltpendelversuchen der Sinnesreiz stets etwas verdunkelt erscheine. Ich selbst war nicht im Stande, bei den Durchgangsbeobachtungen extrem verkürzt zu reagiren. So viel ich meine Aufmerksamkeit auf die Handbewegung richtete, immer musste ich doch auf den richtigen Durchgang achten. Der Durchgang war mir schon bewusst, bevor ich die Bewegung ausführte. Anders bei den Spaltpendelbeobachtungen. Da hatte ich zuerst nur eine dunkle Ahnung, dass der Reiz eingetreten war, was sogleich eine rasche Anspannung meiner Hand herbeiführte. Zu gleicher Zeit mit dieser wurde mir der Durchgang klar bewusst, was die angesammelten Spannungs- und Unlustgefühle durch ein Gefühl der Befriedigung ersetzte. Solche Versuche kamen freilich erst nach einer großen Uebung, sie wurden jedoch auch von den andern Beobachtern bestätigt. Der Unterschied zwischen den verkürzten Licht- und verkürzten Durchgangsreactionen bestand darin, dass bei den ersten das deutliche Bewusstsein des Sinneseindrucks nicht nothwendig vor der Reaction zu erfolgen brauchte, was in dem zweiten Falle unvermeidlich war. Die Abweichungen der Curven *B* und *C* (Fig. 7) zeigen die weitere Entwicklung dieser Beobachtung. Je bestimmter die Aufmerksamkeit auf den Sinneseindruck gewandt

sein musste, desto mehr wurden die extrem verkürzten Reactionszeiten erschwert. Die psychischen Mittelglieder, die zwischen Eintritt des Sinneseindrucks und Ausführung der Bewegung sich einschoben, wurden nothwendiger, und damit trat eine Verlängerung der Reactionszeit ein. Die Resultate, die sich bei den natürlichen Reactionsversuchen ergaben, führen die so geschilderte Entwicklung fort.

Alles dies brachte mich zu der Frage nach der Theilnahme der Apperception an den verkürzten Reactionsversuchen. Diese Frage wird von Martius mit ja beantwortet¹⁾, während Wundt²⁾ eine Ausschließung der Apperception für möglich hält. Nach meinen Versuchen zu urtheilen, sind extrem verkürzte Reactionsversuche, die zu einer Ausschaltung der Apperception, oder besser zu einer fast vollständigen Elimination der Zwischenprocesse führen, möglich; man darf aber nicht vergessen, dass solche Versuche eine extreme Reactionsform sind, die schwer und nur unter großer Uebung erreichbar ist. Die meisten verkürzten Reactionszeiten, die bis jetzt erhalten worden sind, stehen, scheint mir, unter dem Einfluss des mehr oder weniger klaren Bewusstwerdens des Sinneseindrucks. Die verkürzten Durchgangsreactionszeiten zeigen durchweg diesen gemischten Charakter. Sie sind nichts anderes als nothwendige und doch zugleich willkürliche Verkürzungen der natürlichen Reactionszeiten. Die Figur 7 deutet diesen Charakter an. Die interessantesten Reactionszeiten für die psychologische Betrachtung der Durchgangsbeobachtungen sind wohl die natürlichen Reactionsversuche, bei denen die Bedingtheit der Zeiten von der Verschiedenheit der besonderen Voraussetzungen am meisten hervortritt.

Bevor ich aber auf die Anwendung der natürlichen Reactionsweise auf die Durchgangsbeobachtungen übergehe, will ich noch ein paar Worte über den Werth der extremen Reactionsweisen für die astronomischen Beobachtungen sagen. Es ist klar, dass die verlängerte Reactionsweise nicht verwendet werden kann. Dagegen erweisen sich die verkürzten Reactionsversuche als sehr günstig. Es fallen zuerst die persönlichen Unterschiede fast ganz fort, die mittlere Variation bei einer und derselben Person wird sehr klein, ja sogar

1) Philosophische Studien. VI. S. 167 ff.

2) Physiologische Psychologie. II. S. 315.

die äußeren besonderen Veränderungen scheinen fast keinen Einfluss auf die Gestaltung der Beobachtungen zu haben. Es wird bei der Anwendung dieser Reactionsweise die persönliche Gleichung, wenn nicht ganz ausgeschlossen, so doch so klein und constant wie möglich gemacht. Wenn die vollständige Durchführung der verkürzten Reactionsweise bei den Durchgangsbeobachtungen möglich wäre, so wäre sie für die Astronomen sehr empfehlenswerth. Doch wird ihre genaue Durchführung gerade da, wo die psychologischen Bedingungen nicht ganz beachtet werden können, kaum möglich sein. Da die verkürzte Reactionsweise eine extreme Form der natürlichen ist, so wird die Lage, in welcher sich der Beobachter bei ihrer Ausführung befindet, immer eine erzwungene. Bei ihrer Anwendung wird der Beobachter mehr auf die Reactionsweise als auf den Durchgang selbst achten müssen, was die Genauigkeit seiner Beobachtungen beeinträchtigen wird. Für die sichere Registrirung des Durchganges ist erforderlich, dass der Beobachter den Eindruck genau ins Auge fasst, zu gleicher Zeit aber seine Hand in motorischer Bereitschaft hält. Diese Bedingungen begünstigen die natürliche Reactionsweise, die, wie wir gesehen haben, auch für die psychologischen Beobachtungen in diesem Falle die günstigste ist.

b. Einfluss der natürlichen Reactionsweise.

Da die besonderen Bedingungen, die bei den Durchgangsbeobachtungen vorkommen, bei der Anwendung der natürlichen Reactionsweise am meisten zur Geltung kommen, müssen wir den Verlauf der Beobachtungen genau ins Auge fassen. Bei der Bewegung der Trommel trat der rothe Punkt aus dem indirecten ins directe Sehen. Sein Eintreten in den Gesichtskreis des Beobachters diente als Vorseignal für die Reaction. Der Beobachter spannte die Aufmerksamkeit, fixirte das Fadenkreuz scharf und wartete, bis der rothe Punkt sich mit dem Verticalfaden deckte. Nach der Auffassung dieses Vorganges wurde die Reaction ausgeführt. Diese Ausführung geschah unter dem Hinweis, immer im Moment der Auffassung des Durchganges so genau wie möglich zu reagiren. Ausschlaggebend für die Reaction waren die besonderen Beschaffenheiten des rothen Punktes und die Art seiner Bewegung. Waren sie im Stande, die Aufmerksamkeit

aller Versuchspersonen auf sich zu lenken, so wurden die persönlichen Unterschiede kleiner. Der Sinneseindruck musste so beschaffen sein und sich so bewegen, dass auch die motorisch angelegten Beobachter auf ihn Acht geben konnten. Diese Bedingung war schon durch die Bewegung selbst, sowie durch die Forderung der genauen Registrierung nahe gelegt. Die Curven in Figur 8 zeigen, wenn nicht große Uebereinstimmung, so doch auch nicht besondere individuelle Abweichungen. Die Curve *B* des Beobachters *S*, der am meisten motorisch angelegt ist, zeigt denselben Verlauf wie die meine *C*. (Diese Reactionen sind bei einer Geschwindigkeit ausgeführt, bei der die Zeit zwischen Eintreten des Sinneseindruckes in den Gesichtskreis und Durchgang ungefähr 1 Secunde dauerte, eine Vorbereitungszeit, welche als die angenehmste empfunden wurde.) Die Aufmerksamkeit war bei allen Beobachtern auf den Sinneseindruck gerichtet, zugleich wurde aber die Hand gespannt. Mit der Bewegung des Sinneseindruckes wurde diese Spannung erhöht und ging in der Nähe des Durchganges in eine Erregung über. Es traten Schwankungen der Aufmerksamkeit auf: einmal wurde sie mehr dem Sinneseindrucke zugewandt, ein anderes Mal mehr der Spannung der Hand. Diese Schwankungen unterscheiden die natürlichen Durchgangsreactionen von den gewöhnlichen Lichtreactionen. Bei den letzteren wurde das Verhältniss zwischen Beachtung des Sinneseindruckes und Spannung der Hand je nach der Anlage des Beobachters ausgeführt. Die motorisch angelegten Versuchspersonen beachten mehr den Endprocess, die sensoriiell angelegten mehr den Anfang der Reaction. Bei der Durchgangsbeobachtung wurden Anfangs- und Endprocess zugleich vorbereitet, was eine gewisse Schwankung zwischen denselben hervorruft. Dieses Schwanken zeigt sich deutlich an den betreffenden Curven (Fig. 8). Wenn man ferner die bei den gewöhnlichen Lichtreactionen erhaltenen Resultate (Fig. 2) mit den bei den Durchgangsbeobachtungen gewonnenen vergleicht, so findet man noch weitere Unterschiede. Die Curven der gewöhnlichen Lichtreactionen sind einfach, ohne merkliche große Schwankungen, doch zeigen sie große persönliche Unterschiede. So erreicht die Curve (Fig. 2) bei dem Beobachter *S* ihre Spitze bei 170 σ , bei mir erst bei 200 σ . Vergleicht man diese Abweichungen mit denen der Durchgangsreactionen, so sieht man, dass die letzteren viel kleinere persönliche Unterschiede

zeigen. Aber die Schwankungen bei einer und derselben Versuchsperson sind viel größer (Fig. 8). Es zeigen sich zwei gut ausgebildete Spitzen, doch ist diese Gestaltung der Curven bei allen Beobachtern eine sehr übereinstimmende. So liegen bei dem Beobachter *S* die beiden Spitzen bei 180^σ und 200^σ , bei *Al* bei 170^σ und 200^σ , bei mir bei 170^σ und 210^σ . Diese Unterschiede sind zwar noch ziemlich groß, doch zeigt sich eine unverkennbare Neigung zu ihrer Ausgleichung. Hieraus ergibt sich für uns die Aufgabe: 1) die psychologischen Bedingungen der Prozesse, welche die gewonnenen Resultate hervorrufen, zu untersuchen, 2) die Bedingungen zu finden, bei denen möglichst kleine persönliche Unterschiede vorkommen.

3. Analyse der besonderen Bedingungen bei den Durchgangsbeobachtungen.

Die besonderen Bedingungen in unserem Falle werden aus der Beschaffenheit des Sinneseindrucks selbst hervorgerufen. Er kennzeichnet sich durch seine fortwährende Wirkung, wie durch seine Bewegung. Wir haben demnach zu untersuchen: was für eine Wirkung die Eigenschaften des Sinneseindrucks auf die Gestaltung der Reactionszeiten ausüben, und ferner den Einfluss seiner Bewegung, von der ja die Vorbereitungszeit abhängt.

a. Die Beschaffenheit des Sinneseindrucks.

Meine Untersuchungen wurden unter Beibehaltung der bequemsten Geschwindigkeit von 31,4 mm in einer Secunde, was einem Sehwinkel von $14^\circ 8' 38''$ für den Beobachter am Fernrohr entsprach, gemacht. Dabei war die Vorbereitungszeit etwa 1 Secunde lang.

Für die Untersuchung kommen zweierlei Beschaffenheiten des Sinneseindrucks in Betracht: die qualitativen und die quantitativen. Die ersteren treten jedoch hier so gut wie vollständig zurück. Da nämlich der Sinneseindruck schon eine Secunde lang vor dem Durchgange auf den Beobachter einwirkte, so war seine qualitative Beschaffenheit nicht von großer Bedeutung. Man passte sich an sie an: der Eindruck war z. B. für mich immer ein Punkt von gewisser Größe und Deutlichkeit, dessen Durchgang ich registriren sollte.

Seine Farbe kam nur dann in Betracht, wenn sie seine Deutlichkeit verminderte. Um diesen Einfluss genauer studiren zu können, stellte ich Versuche an mit Punkten von rother, schwarzer und bleistiftgrauer Farbe. Für die ersten beiden fielen die Reactionszeiten fast vollständig gleich aus. Die mittlere Zeit von einigen Reihen für Roth war 187^{σ} , Schwarz 184^{σ} . Bei Bleistiftgrau ergab sich eine Verlängerung von 198^{σ} . Dieser Unterschied hing, aller Wahrscheinlichkeit nach, mit der Deutlichkeit des Sinneseindrucks zusammen. Das Bleistiftgrau konnte auf der weißen Trommel nicht so deutlich gesehen werden wie Roth und Schwarz.

Anders verhielt es sich mit der quantitativen Beschaffenheit des Eindrucks, wo zwei Veränderungen in Betracht kommen: 1) die der Größe und 2) die der Deutlichkeit.

Bei der Größe des Sinneseindrucks war hauptsächlich seine Breite wichtig. Ersetzte ich den Punkt durch eine gleich breite Linie, so trat keine Veränderung in den erhaltenen Resultaten ein. Anders bei der Veränderung der Breite. Bei meinen gewöhnlichen Versuchen war der rothe Punkt 1 mm groß, d. h. er wurde unter einem Winkel von $27' 32''$ von dem Beobachter gesehen. Eine beträchtliche Verkleinerung desselben führte Schwankungen mit sich, aber auch eine beträchtliche Vergrößerung bewirkte Unsicherheit. Vergleicht man die Curven, die bei einer Breite des rothen Punktes von 1 mm (Fig. 8) und 2 mm (Fig. 9), also bei einer Veränderung des Gesichtswinkels von $27' 32''$ zu $55'$ erhalten sind, so sieht man große Unterschiede. So zeigt bei mir die Curve, die bei dem breiteren Punkt erhalten ist (Fig. 9, A), mehr und größere Schwankungen als die bei der Breite von 1 mm (Fig. 8, C). Doch sind auch die persönlichen Unterschiede verändert. Wenn alle Beobachter unter der Anweisung, nach der Auffassung des Durchganges zu reagiren, arbeiten, zeigen sich deutlich große Abweichungen. Man ist geneigt, entweder in dem Moment, wo der Punkt den Faden eben berührt, zu reagiren, oder nach dem Durchgang des ganzen Punktes die Bewegung auszuführen. Bei mehr sensoriiell angelegten Beobachtern bleibt die letztere Form bestehen; es waren aber damit immer gewisse Unlustgefühle verbunden. Meist neigte man unwillkürlich zur Verkürzung der Reactionszeit, so dass im allgemeinen doch die Ebenberührung vorgezogen wurde. Bei den motorisch angelegten Beobachtern zeigte

sich eine einfachere Curve und zugleich eine kleinere persönliche Gleichung. Die Versuchspersonen reagierten durchweg beim Ebenberühren (Fig. 9, Curven *B* und *C*). Erhielten sie noch die stricte Aufforderung dazu, so wurden die Reactionszeiten noch constanter. Die Aufmerksamkeit ist viel mehr gespannt, hat aber zugleich eine viel eindeutigeren Richtung. Die Curven *B* und *C* zeigen kleinere Unterschiede als die bei einem 1 mm breiten Punkte erhaltenen.

Aehnlich verhält es sich mit der Deutlichkeit des Sinneseindrucks. So lange die Eindeutigkeit der Aufmerksamkeit erhalten werden konnte, waren besondere Abweichungen nicht merkbar. So war auch der Unterschied zwischen dem rothen und grauen Punkt nicht so groß, so lange die Auffassung des Punktes leicht eintrat. Um die Deutlichkeit des Eindrucks zu variiren, ließ ich bei Tages- und elektrischem Licht reagiren. Die elektrische Beleuchtung kam von der Seite, so dass die Trommel etwas verdunkelt erschien. Der rothe Punkt war in Folge dessen nicht so deutlich wie bei dem Tageslicht. Diese größere Undeutlichkeit des Eindrucks brachte eine größere Spannung der Aufmerksamkeit hervor, was wiederum eine Verlängerung der Reactionszeiten zur Folge hatte. Zugleich wurde aber die Unsicherheit in der Ausführung der Handbewegung etwas größer, was in der Vermehrung der Schwankungen angedeutet ist (Fig. 10).

Wir können hiernach sagen: die Beschaffenheit des Sinneseindrucks ist für die Gestaltung des Reactionsversuches in unserem Falle insoweit von Bedeutung, als durch dieselbe die Kraft, mit der er unsere Aufmerksamkeit auf sich zieht, bestimmt wird.

b. Die Bewegung des Sinneseindrucks.

Von der Bewegung des Sinneseindrucks hängen hauptsächlich die vorbereitenden Zustände bei den Durchgangsbeobachtungen ab. Der Eintritt des rothen Punktes in den Gesichtskreis des Beobachters dient als Signal für die Spannung der Aufmerksamkeit, und ihr Verlauf bis zur Ausführung des Reactionsversuches wird von der Bewegung des Sinneseindrucks bestimmt. Der Beobachter fixirt das Fadenkreuz und wartet auf den rothen Punkt, der vom indirecten ins directe Sehen übergeht. Damit werden die Spannungsgefühle immer stärker, bis der Durchgang ihre Lösung bewirkt. Bei den

gewöhnlichen Lichtreactionen schweben diese Spannungsgefühle gewissermaßen frei, hier haften sie an der Bewegung des Sinneseindrucks fest, und mit der Veränderung derselben verändern auch sie sich. Zugleich wird die motorische Bereitschaft der Hand gesteigert, die in der Nähe des Durchganges eine starke Empfindung hervorruft. Es tritt eine Erregung des Beobachters ein, die oft mit Unlustgefühlen verbunden ist, und die erst nach Ausgleichung der Wirkung des Sinneseindrucks und der motorischen Bereitschaft beseitigt werden kann. Dies geschieht aber, wenn die Richtung der Aufmerksamkeit von der Bewegung des Eindrucks bei für den Verlauf der Beobachtung günstigen Bedingungen genau geregelt wird. Um diese Bedingungen zu finden und die psychologische Analyse in richtiger Weise zu vollziehen, habe ich alles untersucht, was den Verlauf der Bewegung bestimmt oder beeinflusst, nämlich: 1) die Richtung, 2) die Dauer, 3) die Beschaffenheit der Bewegung.

aa. Die Richtung der Bewegung des Eindrucks.

Bei unseren Beobachtungen konnte der rothe Punkt von zwei entgegengesetzten Seiten kommen. Er konnte sich von rechts nach links, oder von links nach rechts bewegen. Da das Uhrwerk, welches die Trommel in Bewegung setzte, so beschaffen war, dass sich der Sinneseindruck von rechts nach links bewegte, so ließ ich für die umgekehrte Richtung ein Spiegelbild der Trommel beobachten. Im letzteren Fall war das Fernrohr so eingestellt, dass die Größe wie die Beschaffenheiten des Sinneseindrucks dieselben blieben. Man sah in dem Fernrohr ein Stück von der weißen Trommel, das bei der directen Beobachtung wie im Spiegelbilde als dasselbe erschien. Da durch das Fernrohr an und für sich die Richtung der Bewegung umgekehrt wurde, so stellte demnach eigentlich das Spiegelbild die wahre Bewegungsrichtung wieder her. Die Versuche selbst wurden zuerst unter der Anweisung ausgeführt, dass man das Fadenkreuz gut fixiren und auf den Sinneseindruck warten solle, der vom indirecten ins directe Sehen eintrat. Die Fig. 11 zeigt die Resultate, die ich bei der Anwendung der beiden Richtungen erhalten habe. Die Curve *A* ist bei einer Bewegung von rechts nach links erhalten, *B* bei der umgekehrten Bewegung. Man sieht, wie die dargestellten

Curven fast zusammenfallen. Bei allen Versuchspersonen stellt sich diese Uebereinstimmung ein, so dass sich auch in beiden Fällen dieselben persönlichen Abweichungen zeigen. Das hängt hauptsächlich von der Aehnlichkeit der Bedingungen ab, unter denen man beide Male beobachtet. Bei beiden Richtungen fixirt der Beobachter das Fadenkreuz und wartet auf den Sinneseindruck. Eine Veränderung kann erst durch Augenbewegungen herbeigeführt werden, zu denen ich daher nun übergehe.

Betrachtet man die Curven *A* und *B* des Beobachters *Al* (Fig. 11), so sieht man insofern eine gewisse Abweichung, als beide Curven nach entgegengesetzten Richtungen verschoben sind. Damit stimmen die Aussagen des Beobachters überein. So sagte er, dass die Fixirung des Fadenkreuzes durch das Auge für ihn schwierig sei und er unwillkürlich einige Augenbewegungen gemacht habe. Da ich den Einfluss der Augenbewegungen weiter untersuchen wollte, ließ ich ihn deshalb in einer Versuchsreihe nicht das Fadenkreuz fixiren, sondern den rothen Punkt bei seiner Bewegung verfolgen vom Eintritt in das Gesichtsfeld an bis zum Durchgang durch das Fadenkreuz. Machte man bei beiden Richtungen der Bewegung des rothen Punktes derartige Beobachtungen, so entstand eine zweifache Augenbewegung. Ging der Eindruck von links nach rechts, so bewegte sich das rechte Auge (alle meine Beobachtungen sind mit diesem Auge gemacht) von innen nach außen; kam der Eindruck von rechts, so war die Bewegung des Auges umgekehrt von außen nach innen gerichtet. Die oben erwähnten Verschiebungen wurden auf diese Weise weit deutlicher. Bei der Bewegung von links nach rechts verschob sich die Curve in der Richtung der verlängerten Reactionszeiten (Fig. 12, *A*), während bei der umgekehrten Bewegung die Verschiebung in der Richtung der verkürzten Reactionszeiten erfolgte (Fig. 13, *A*). Wenn ich diese beiden Verschiebungen der bei ruhendem Auge gewonnenen Curven miteinander vergleiche, so finde ich, dass sie nicht gleich groß sind. Bei der Bewegung des Auges von links nach rechts oder von innen nach außen zeigt sich eine ziemlich große Abweichung, während sie bei der Bewegung von rechts nach links, oder von außen nach innen verhältnissmäßig klein ist. Diese Resultate fallen vollständig mit den bekannten Thatsachen der Bewegung des Auges zusammen. Es ist bekannt, dass die Bewegung von außen nach innen

leichter zu vollziehen ist, als die von innen nach außen. Dem entsprechend sind bei meinen Versuchen die Zeiten bei der letzteren Bewegung größer ausgefallen als bei der ersten. Für meine Vermuthung, dass diese Verkürzung bzw. Verlängerung von den Augenbewegungen bedingt sei, spricht überdies die folgende Beobachtung. Bei der Bewegung des rothen Punktes von links nach rechts wies ich den Beobachter an, anstatt den rothen Punkt zu verfolgen, zu gleicher Zeit Eindruck und Fadenkreuz ins Auge zu fassen. Diese Forderung zwang den Beobachter, fortwährend zwischen rothem Punkt und Fadenkreuz sein Auge hin und her zu bewegen, bis der Durchgang erfolgt war. Die Curve, die ich auf diese Weise erhielt (Fig. 12, C), nimmt eine mehr mittlere Stellung ein zwischen den beiden, die bei den Augenbewegungen erhalten worden sind. Doch scheint sie größere Schwankungen aufzuzeigen. Bei einem kleineren Gesichtsfeld ist die so erhaltene Curve von den Fixircurven nicht viel abweichend. Ja viele Beobachter ziehen solche Hin- und Herbewegungen der strengen Fixirung oder Verfolgung des Eindrucks vor, die beide mit großen Spannungsgefühlen verbunden sind. Allein bei einem größeren Gesichtsfeld ist diese Art der Beobachtung ungünstig. Die große Unsicherheit bei dem Hin- und Herlaufen des Auges, das durch äußere Bedingungen kaum geregelt werden kann, verbietet die Anwendung dieser Methode.

Aus allem Gesagten folgt, dass bei Durchgangsbeobachtungen die Richtung der Bewegung des Sternes nur dann ohne Einfluss auf die Reactionszeit bleibt, wenn das Fadenkreuz fixirt wird. So viel ich weiß, verfolgen die Astronomen den Stern, bis er durch den Faden durchgeht, wodurch eben der störende Einfluss der Augenbewegungen sich einstellt. Und da das Gesichtsfeld bei den astronomischen Beobachtungen viel größer ist, so wird der Einfluss der Augenbewegungen noch bedeutender sein. Darum sind, wie ich glaube, die Augenbewegungen eine der wichtigsten Bedingungen für die großen persönlichen Unterschiede, die sich bei den Astronomen zeigen.

bb. Dauer der Bewegung des Sinneseindrucks.

Die Dauer der Bewegung des Sinneseindrucks in dem Gesichtsfeld des Beobachters kann hauptsächlich von zwei Bedingungen abhängig

sein: 1) von der Veränderung der Geschwindigkeit der Bewegung des Eindrucks, 2) von der Variation der Größe des Gesichtsfeldes. In dem ersten Falle variirt man die Zeit, in welcher ein und derselbe Raum von dem Sinneseindruck durchlaufen wird, in dem zweiten Falle variirt man den zu durchlaufenden Raum, während die Geschwindigkeit der Bewegung des Sinneseindrucks dieselbe bleibt.

Variation der Geschwindigkeit.

Bei der Größe des Gesichtskreises, die ich bei allen anderen Versuchen angewandt habe, wurden vier verschiedene Geschwindigkeiten der Bewegung des Sinneseindrucks untersucht. Die Geschwindigkeit der Bewegung veränderte sich je nach der Stellung der Windflügel und der Größe der Gewichte am Uhrwerk. Mit der Geschwindigkeit der Bewegung veränderte sich dann die Zeit zwischen dem Eintritt des Sinneseindrucks in das Gesichtsfeld und dem Durchgang selbst, also die Zeit, die in unserem Falle zur Vorbereitung der Reaction dient. Die Geschwindigkeiten des Punktes waren bei den einzelnen Versuchen verschieden. Ein halber Gesichtskreis = $14^{\circ}8'38''$ wurde bezüglich in $\frac{2}{3}$; 1; 1,4 und 2^s durchlaufen, d. h. die Geschwindigkeiten in Gesichtswinkelgröße betragen resp. $21^{\circ}12'57''$; $14^{\circ}8'38''$; $10^{\circ}6'10''$; $7^{\circ}4'19''$. Doch ist zu bemerken, dass dies nur mittlere Geschwindigkeiten sind. In Wirklichkeit erschienen dieselben wegen der continuirlichen Aenderung des Gesichtswinkels beim Eintritt des Punktes in den Gesichtskreis etwas kleiner und nahmen nach der Mitte zu allmählich zu. Doch glaubte ich diese nur durch einen sehr complicirten mathematischen Ausdruck darzustellende Abhängigkeit der Sehwinkelgeschwindigkeit von der Zeit unberücksichtigt lassen zu können, um so mehr, da die Abweichungen von der mittleren Geschwindigkeit nur sehr unbedeutend sind. Diese obigen Geschwindigkeiten ergaben Vorbereitungszeiten von $\frac{2}{3}$; 1; 1,4; 2^s . Der Beobachter fixirte das Fadenkreuz nach der üblichen Anweisung, die Auffassung des Durchganges genau zu registriren.

Bei den Versuchen, die ich unter diesen Umständen anstellte, zeigte sich, dass die beiden mittleren Geschwindigkeiten vorgezogen werden. Während bei den Extremen theils zu große Spannung, theils Unlustgefühle die Beobachtung begleiteten, gestaltete sich die Vorbereitung bei den mittleren Geschwindigkeiten am bequemsten. Für

die Spannung der Aufmerksamkeit war die Ueberschreitung der angegebenen Grenzen von 1^s — $1,5^s$ ungünstig. Bei größerer Vorbereitungszeit traten fast immer Schwankungen der Aufmerksamkeit ein, während es bei kleineren Zeiten unter 1^s fast unmöglich war, die Aufmerksamkeit genau zu spannen. Die Resultate, die sich durch Anwendung der vier Geschwindigkeiten ergaben, sind in Fig. 14 übersichtlich zusammengestellt. Am verwandtesten erscheinen die Resultate der beiden mittleren Zeiten (Curven *B* und *C*). Fast bei allen Beobachtern zeigen diese Curven dieselbe Gestaltung. Man sieht stets zwei deutliche Spitzen, von denen die einen zwischen 200^σ — 210^σ liegen. Die zweiten Spitzen haben nach der Größe der Geschwindigkeit verschiedene Lage: bei der größeren Geschwindigkeit wird sie von fast allen Beobachtern zwischen 170^σ — 180^σ erreicht, bei der langsameren zwischen 220^σ — 230^σ . Man sieht, dass bei der größeren Vorbereitungszeit sich eine Neigung zur Verlängerung der Reactionszeiten zeigt, während bei den kleineren eine Verkürzung deutlich hervortritt. So zum Beispiel:

		Koch	Foerster	Tyszko	Almy	Alechsieff	Savescu
1^s	2. Spitze	183,6	184	174	174	174	183,4
	1. »						
$1,4^s$	1. »	205	204	200	214,3	205	194
	2. »	224,4	234	220 (170)	185	223	164

Wird die Geschwindigkeit noch mehr verlangsamt, so steigert sich die Neigung, die Reactionszeiten zu verlängern. Die Curve, die ich bei einer Vorbereitungszeit von 2^s erhielt, zeigt alle charakteristischen Züge der verlängerten Reactionszeiten. So fallen die meisten Reactionszeiten zwischen 210^σ — 230^σ , zugleich treten deutlich viele neue Schwankungen auf (Fig. 14, Curve *D*). Es beruht dies darauf, dass bei einer so großen Vorbereitungszeit die Aufmerksamkeit hauptsächlich dem Sinneseindruck zugewandt wird. Der Sinneseindruck bewegt sich langsam, was eine größere Spannung verlangt. Zugleich steigern sich die begleitenden Unlustgefühle. Je kleiner die Distanz zwischen Sinneseindruck und Fadenkreuz wird, desto größer wird die Erregung des Beobachters. Das ist um so auffallender zu bemerken, je motorischer die Versuchsperson angelegt ist. Darum wichen auch die

Resultate solcher Beobachter von den Resultaten der anderen Versuchspersonen stark ab. So bei dem Beobachter *S*. Bei einer Vorbereitungszeit von 1^s zeigt er Uebereinstimmung mit den Reactionszeiten der anderen Beobachter (siehe die oben angegebene Zifferntabelle); wurde die Vorbereitungszeit vergrößert, so zeigten sich sogleich deutlich die Schwankungen. So sind bei einer Vorbereitungszeit von $1,4^s$ seine Reactionszeiten verkürzt, bei einer Vorbereitungszeit von 2^s genau dieselben wie bei 1^s . Er klagte zugleich über starke Unlustgefühle.

Bei Verkleinerung der Vorbereitungszeit trat die Neigung zur Verkürzung der Reactionszeit deutlich hervor. Bei einer Vorbereitungszeit von 1^s liegt die zweite Spitze bei 180^σ , während sie sich bei einer Vorbereitungszeit von $1,4^s$ bis zu 220^σ verschob. Diese Verkürzung der Reactionszeiten kann aber nur bis zu einer gewissen Grenze gesteigert werden. Wird die Geschwindigkeit der Bewegung des Sinneseindrucks so groß, dass man nicht genügend Zeit hat, um die Aufmerksamkeit auf den Eindruck zu richten, was die Undeutlichkeit der Auffassung des Durchgangs zur Folge hat, dann zeigen die Curven der Reactionszeiten entweder eine Verlängerung, oder eine Unsicherheit in ihrer Festhaltung, was sich in der größeren Breite und der geringeren Tendenz zu Spitzenbildung (Fig. 14, *A*) äußert. Sogar die Curve des Beobachters *S*, der bei einer Vorbereitungszeit von $\frac{2}{3}^s$ am besten von allen Beobachtern reagirte, weist diese charakteristische Breite auf.

Demnach sind die Durchgangsbeobachtungen dann am leichtesten ausführbar, wenn die Zeit zwischen dem Eintritt des Sinneseindrucks in den Gesichtskreis des Beobachters und dem Durchgange selbst, die Zeit also, welche für die Vorbereitung der Reaction dient, sich in den Grenzen von 1^s — $1,5^s$ bewegt. Da die Resultate meiner Beobachter bei einer Vorbereitungszeit von 1^s am besten übereinstimmten, wählte ich diese Geschwindigkeit bei allen andern Versuchen, bei denen die beste Vorbereitungszeit gefordert wurde.

Variation des Gesichtsfeldes.

Bei der Variation der Geschwindigkeit der Bewegung des Sinneseindrucks wurde die Größe des Gesichtsfeldes des Beobachters, das

einem Sehwinkel von $28^{\circ} 14' 17''$ entsprach, immer constant erhalten. Der Sinneseindruck durchlief mit verschiedener Schnelligkeit einen und denselben Weg. Bei der Veränderung des Gesichtskreises blieb die Geschwindigkeit der Bewegung constant, während der Raum, der von dem Sinneseindruck durchlaufen wurde, variirt wurde. Das geschah in der Weise, dass ich unter Beibehaltung derjenigen Geschwindigkeit, die eine Vorbereitungszeit von $1,4^s$ ermöglichte, die Größe des Oculars variirte. Dabei ergibt sich, dass mit der Verkleinerung des Gesichtskreises die Spannung der Aufmerksamkeit wuchs, was eine große Constanz der Reactionszeiten bewirkte. So zeigt die Figur 15 die Resultate, die ich erhielt, als ich bei einem Gesichtskreis von nur $\frac{2}{3}$ der gewöhnlichen Größe, also bei einem Sehwinkel von $19^{\circ} 4' 23''$ arbeitete. Bei allen Beobachtern sieht man eine deutliche Verkürzung der Reactionszeit. Der Höhepunkt der Curve liegt bei 180^{σ} — 190^{σ} statt bei 200^{σ} — 210^{σ} . Auch die Curven selbst zeigen kleinere Abweichungen, d. h. also die persönlichen Unterschiede sind viel kleiner, auch die Schwankungen bei einem und demselben Beobachter unbedeutender. So sind die zweiten Spitzen nur leise angedeutet. Alle diese Merkmale weisen auf eine Hinneigung zur verkürzten Reactionsweise hin. Bei noch weiterer Verkleinerung des Gesichtskreises lässt sich das noch deutlicher verfolgen, wobei zu beachten ist, dass die Anweisung, die der Beobachter vor der Ausführung der Reaction erhielt, dieselbe war wie früher. So variirte z. B. bei dem Beobachter *Al* die Mehrzahl der gewonnenen Reactionszeiten bei einem Gesichtskreise von $1, \frac{2}{3}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}$ der früheren Größe zwischen

1	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$
$200^{\sigma} - 180^{\sigma}$	$190^{\sigma} - 160^{\sigma}$	$180^{\sigma} - 160^{\sigma}$	$170^{\sigma} - 150^{\sigma}$

Erst bei sehr großer Verkleinerung des Gesichtskreises, wo der Sinneseindruck fast momentan kommt, ist eine Verlängerung der Reactionszeit bemerkbar.

Mit den besprochenen Resultaten stimmen die Selbstbeobachtungen der Versuchspersonen überein. Mit dem Eintritte des rothen Punktes in den Gesichtskreis wurde die Aufmerksamkeit gleichzeitig auf Sinneseindruck und Bewegungsorgan gerichtet, und es zeigte sich, dass in solchem Falle nach gehöriger Einübung die motorische Bereitschaft

der Hand viel schneller erreicht wurde, als die gute Auffassung des rothen Punktes. Ja es lässt sich sogar sagen, dass die Versuchsperson die Handbewegung zuerst vorbereitete und, nachdem das einigermaßen geschehen, ihre Aufmerksamkeit auf den rothen Punkt einstellte. Diese Thatsachen stellen sich ja auch ohne weiteres den Resultaten zur Seite, die wir bei der Betrachtung der verlängerten und verkürzten Reactionszeiten gewannen. Dort ergab sich, dass die Vorbereitung bei der verkürzten Reactionsweise viel schneller von statten geht, als bei der verlängerten. Wir sehen also, dass sich bei der Verkleinerung des Gesichtskreises auch die Reactionszeiten verkleinern, obwohl die Vorbereitungszeit unter $\frac{2}{3}$ s sinkt. Dieser Umstand legt mir einen Vergleich der Vorbereitungszeiten bei Veränderung der Geschwindigkeit mit denjenigen bei Veränderung des Gesichtsfeldes nahe.

Bei größerer Schnelligkeit der Bewegung wird derselbe Raum von dem Sinneseindruck durchlaufen. Man fixirt das Fadenkreuz, zugleich aber ist man bemüht, den Eindruck genau ins Auge zu fassen. Wird die Bewegung des Sinneseindrucks schneller, so muss diese Auffassung nothwendig erschwert werden. Wenn der Sinneseindruck sich so schnell bewegt, dass alle Phasen seiner Bewegung nicht mehr genau aufgefasst werden können, so wird auch der Durchgang nicht genau registriert. Die schnelle Bewegung führt also eine Unsicherheit in der genauen Beobachtung des Durchganges mit sich, was wieder auf die Reactionszeiten von großem Einfluss ist (vgl. Fig. 14, Curve A). Anders bei der Verkleinerung des Gesichtskreises. Da in diesem Falle eine der bequemsten Geschwindigkeiten beibehalten wird, so ist die Bewegung des Sinneseindrucks nicht so schnell, dass sie eine deutliche Auffassung verhinderte. Schon beim Eintritt des Sinneseindrucks in das Gesichtsfeld wird er von dem Beobachter leicht aufgefasst. Die Aufmerksamkeit richtet sich aber, wie schon oben erwähnt, zuerst hauptsächlich auf die motorische Vorbereitung der Hand. Weiß der Beobachter noch dazu, dass der Sinneseindruck nicht von langer Dauer sein wird, so wird diese Anspannung der Aufmerksamkeit auf die auszuführende Bewegung unwillkürlich noch gesteigert. Darum kann in diesem Falle die Verkürzung der Reactionszeiten bei viel kleinerer Vorbereitungszeit geschehen als bei der Veränderung der Geschwindigkeit. Wird das Gesichtsfeld so

klein wie möglich gemacht, dann verlängern sich die Reactionen, oder aber sie gehen in verkürzte über. Das letztere geschieht, wenn der Beobachter die regelmäßige Aufeinanderfolge der Versuche, die in meinem Falle durch die regelmäßige Bewegung der weißen Trommel gesichert war, genau ins Auge fasst. Im ganzen aber sind diese Versuche den gewöhnlichen Lichtreactionen ähnlich. Wenn das Gesichtsfeld sehr klein ist, wirkt der Eindruck momentan, die Bewegung wird fast nicht bemerkt, es ergeben sich die Bedingungen der gewöhnlichen Lichtreactionen. Daher können wir die verschiedenen Stufen der Verkleinerung des Gesichtsfeldes als Zwischenstufen ansehen zwischen Durchgangs- und gewöhnlichen Lichtreactionen. Wenn man diese Entwicklung genau betrachtet, so merkt man, wie auch die Curven allmählich ineinander übergehen. Bei einer Vorbereitungszeit von $1,4^s$ bis 1^s sind die persönlichen Unterschiede klein. Es verkürzen sich aber die Reactionszeiten, zugleich beginnen die Schwankungen zu verschwinden. Bei einem Minimum der Größe des Gesichtskreises, wenn zugleich die Vorbereitung durch ein vorangehendes Signal eingeleitet wird, erhalten die Resultate durchweg den Charakter 'derer der natürlichen Lichtreactionen: nämlich größere persönliche Unterschiede, keine besonderen Schwankungen an einer und derselben Curve. Die Bewegung des Sinneseindrucks in dem Gesichtsfeld des Beobachters bestimmt die Durchgangsbeobachtungen. Die Resultate bei diesen Beobachtungen sind, wie wir gesehen haben, stark abhängig von den Vorbereitungszeiten, die mit der Bewegung des Sinneseindrucks verbunden sind. Diese Vorbereitungszeiten variiren mit der Geschwindigkeit der Bewegung und der Beschaffenheit des zu durchlaufenden Raumes.

cc. Besondere Beschaffenheit des Gesichtsfeldes bei den Durchgangsbeobachtungen.

Die Resultate bei der Untersuchung des Einflusses des Gesichtsfeldes auf die Reaction ergeben sich unter der Voraussetzung, dass dasselbe ganz einförmig ist. Bevor der Sinneseindruck in das Gesichtsfeld eintrat, sah man nur die Trommel, d. h. eine weiße Fläche von vollkommener Einfachheit. Den Weg von dem Eintritt in das Gesichtsfeld bis zu dem Durchgang füllte der sich bewegende Sinnes-

eindruck selbst aus. Diese Bedingungen sind bei astronomischen Beobachtungen insofern andere, als das ganze Gesichtsfeld durch verticale parallele Fäden getheilt ist. Damit wird auch der Raum, der von dem Sinneseindruck durchlaufen werden muss, verändert. Man kann, wenn auch nicht im ganz directen Sehen, verschiedene Durchgänge beobachten, bis schließlich der für die Reaction maßgebende stattfindet. Um den Einfluss dieser Bedingungen zu untersuchen, bediente auch ich mich eines Fadennetzes, indem auf jeder Seite des Fadenkreuzes drei parallel gehende Linien den Gesichtskreis in gleiche Theile theilen. Die Fadenabstände von dem Fadenkreuz aus gerechnet erschienen dem Beobachter von der Mitte an successiv unter Schwiukeln von $3^{\circ} 26' 29''$; $3^{\circ} 31' 16''$; $3^{\circ} 34' 35''$. Bei dieser Versuchsanordnung glaubte ich die Anweisung, den richtigen Durchgang genau zu registriren, stärker betonen zu sollen. Natürlich musste der Beobachter das Fadenkreuz genau fixiren. Die auf diese Weise erhaltenen Curven (Fig. 16) zeigen eine Verkürzung der Reactionszeiten, zugleich aber eine kleinere persönliche Gleichung. Auch die Schwankungen bei einem und demselben Beobachter sind kleiner geworden. Fast alle Versuchspersonen sagen aus, dass in diesem Falle die Augenanstrengung viel größer sei. Gesichtskreis wie Geschwindigkeit der Bewegung waren so gewählt, dass die Vorbereitungszeit ungefähr 1 Secunde lang war. Dennoch stellte sich bei allen Beobachtern eine gewisse Erregung ein, die erst durch Uebung beseitigt werden konnte. Alle richteten ihre Aufmerksamkeit mit großer Spannung auf den Sinneseindruck (rothen Punkt); doch fielen die Reactionszeiten etwas verkürzt aus, da zugleich auch die motorische Vorbereitung der Hand begünstigt wurde. Bei der Bewegung durch den Gesichtskreis hindurch ging der rothe Punkt durch die drei ersten Fäden, bis das Fadenkreuz erreicht war. Bei jedem solchen Durchgange steigerte sich die motorische Bereitschaft der Hand. Es bildete sich bald eine Art Rhythmus aus, der die Auffassung des Durchgangs sehr beeinflusste. Dieser Rhythmus war ebenso vollkommen ausgebildet, wenn ich statt der festen Fäden im Fernrohr in passender Entfernung Linien auf der weißen Trommel anbrachte. In diesem Falle erlitten aber die Bedingungen eine starke Veränderung, insofern die verschiedenen Nebendurchgänge, statt im indirecten, im directen Sehen stattfanden. Mit der Bewegung der Trommel be-

wegten sich auch die angebrachten schwarzen Linien, die 0,5 cm von einander entfernt waren. Jede von ihnen durchlief den Weg des rothen Punktes. Sie trat in den Gesichtskreis, näherte sich allmählich dem Fadenkreuz, bis sie endlich durch dasselbe ging. So bildete jede Linie einen Vordurchgang für den Beobachter, was seine Aufmerksamkeit mehr auf den Sinneseindruck concentrirte. Zugleich aber wurde die Registrirung durch den unvermeidlichen Rhythmus, der sich bei der Bewegung der Linien bildete, beeinflusst. Die erhaltenen Curven unterscheiden sich durch ihre Höhe. Es bilden sich gewöhnlich zwei Spitzen, von denen die eine eine beträchtliche Höhe erreicht (Fig. 17). Die persönlichen Unterschiede sind klein. Nur der Beobachter *S* macht eine Ausnahme. Er passte sich dem Rhythmus so sehr an, dass er in Folge dessen seine Aufmerksamkeit mehr auf die Ausführung der Bewegung richten konnte. Doch auch bei ihm entstehen große Schwankungen (Fig. 17, Curve *A*), die sehr charakteristisch für den Einfluss des Rhythmus sind. Je größer dieser Einfluss war, desto ausgeprägter kamen zwei Reactionsweisen zum Vorschein, und es reihten sich in jeder Versuchsreihe verkürzte und verlängerte Reactionen aneinander. Verglichen mit den Resultaten, die bei Anwendung der festen Fäden gewonnen wurden, sind die Reactionszeiten in dem letzten Falle etwas verlängert. So wurde die höchste Spitze statt bei 190^σ erst bei 200^σ erreicht. Diese Verlängerung hängt von den verschiedenen Vorbereitungsständen ab. Bei den stehenden Linien nähert sich der rothe Punkt dem Fadenkreuz, indem er durch die Seitenfäden geht. Je näher er dem Fadenkreuz kommt, desto deutlicher werden die Durchgänge aufgefasst. Damit wird die motorische Bereitschaft erhöht. Bei den beweglichen Linien werden die anderen Durchgänge im directen Sehen beobachtet. Da sie durch Passiren von schwarzen Linien hervor gebracht wurden, so unterschieden sich diese Sinnesreize deutlich von dem eigentlichen Sinneseindruck. Alle diese Bedingungen begünstigten die Entstehung eines Rhythmus in dem Verlauf der Durchgangsbeobachtungen, sie steigerten aber die motorische Anstrengung der Hand nicht. Die Beobachter waren sämmtlich darin einig, dass die Versuche mit den stehenden Fäden viel anstrengender seien als diejenigen, bei denen sich die Linien der Vordurchgänge bewegen. In dem letzten Falle erscheint die Beobachtung sehr erleichtert. Durch

den Rhythmus, wie durch den fortwährenden Wechsel in dem directen Sehen fühlt sich die Versuchsperson in eine bequemere Lage versetzt. Sie übte sich daher auch am leichtesten auf diese Versuche ein und hatte ein Minimum von Unlustgefühlen.

Man sieht, das Fadennetz bei den astronomischen Beobachtungen ist von großem Einfluss auf die Gestaltung der Reactionszeit. Es bewirkt ebensowohl dauerndere Constanz der Reactionszeiten bei einem und demselben Beobachter wie Verkleinerung der persönlichen Unterschiede. Für die psychologische Analyse ist es insofern von Bedeutung, als durch dasselbe der Zustand der Aufmerksamkeit bei der natürlichen Reactionsform am besten erforscht werden kann. Hierüber mehr in dem folgenden Schlusskapitel.

VI.

Schluss.

Zu Anfang des letzten Abschnittes habe ich bemerkt, dass meine Untersuchungen der Reactionszeiten bei den Durchgangsbeobachtungen ein doppeltes Ziel verfolgen: 1) die Bedingungen zu finden, unter denen diese Beobachtungen am leichtesten und am constantesten ausführbar sind, um auf Grund dessen die störenden Bedingungen und Einflüsse möglichst beseitigen zu können, 2) Reactionsversuche unter anderen Bedingungen auszuführen und so die Natur und den Verlauf der psychischen Prozesse, die an diesen Versuchen Theil nehmen, näher zu untersuchen.

Das erste Ziel unserer Betrachtung ist für die astronomischen Beobachtungen wichtig. Ich weiß, dass bei den wirklichen astronomischen Beobachtungen noch viele andere Bedingungen in Betracht kommen, die ich bei meiner künstlichen Anordnung bei Seite ließ. Sicher sind mir viele Nebeneinflüsse entgangen. Doch suchte ich alle Bedingungen zu berücksichtigen, die für die Gestaltung der Reactionszeiten wesentlich sein können. Die astronomischen Berichte¹⁾, die ich durchsehen konnte, hatten schon auf mehrere dieser Bedingungen Gewicht gelegt, und ich habe versucht, neben diesen

1) Siehe die Einleitung.

von den Astronomen bemerkten Einflüssen noch andere einer psychologischen Analyse zu unterziehen. Es hat sich nun nach meinen Betrachtungen gezeigt, dass die Reactionszeiten dann möglichst constant ausfallen, wenn die Aufmerksamkeit möglichst genau und zugleich bequem auf den Sinneseindruck concentrirt werden kann. Um dies zu erreichen, müssen aber alle Bedingungen, die eine derartige Concentrirung verhindern könnten, beseitigt werden. Die günstigste Beobachtungslage ist die folgende: Der Beobachter fixirt das Fadencross und wartet auf den Sinneseindruck, der vom indirecten Sehen ins directe übergeht. Die Zeit der Bewegung des Sinneseindrucks von dem Eintritte in den Gesichtskreis bis zu dem Durchgange soll die Grenzen 1° — $1,5^{\circ}$ nicht überschreiten. Das Fadennetz erleichtert die Beobachtung des Durchgangs, vorausgesetzt, dass die Fäden nicht zu nah aneinander angebracht sind. Der Reactionsversuch muss endlich immer unter der Anweisung geschehen: genau in dem Momente der Auffassung des Durchgangs zu reagieren.

Alle Bedingungen, die von diesen Regeln abweichen, stören den Verlauf des Reactionsversuches. Je nach den persönlichen Neigungen des Beobachters sind diese Störungen verschieden groß. Die hauptsächlichsten persönlichen Abweichungen, so wie die größeren Schwankungen bei einer und derselben Person hängen vornehmlich ab: 1) von der mangelhaften Einübung in der Beobachtung des Durchgangs, 2) von der Anwendung der verschiedenen Reactionsweisen von verschiedenen Beobachtern, was mit der Einübung Hand in Hand geht, 3) von den Augenbewegungen, die bei der Verfolgung des Sinneseindrucks entstehen. Diese drei Störungen müssen an erster Stelle vermieden werden, wenn man constantere Beobachtungen haben will.

Die psychologische Analyse der Durchgangsbeobachtungen beleuchtet die Natur und den Verlauf der natürlichen Reactionszeiten. Wir haben gesehen, dass bei dieser Reactionsweise die Aufmerksamkeit zugleich auf den Sinneseindruck und die auszuführende Bewegung gerichtet ist, auf den Anfangs- und Endprocess der ganzen Reaction. Wie gestalten sich die psychologischen Prozesse in diesem Falle? So weit die einzelnen Versuchspersonen Selbstbeobachtungen anstellen konnten, die mit den gewonnenen Resultaten in Einklang standen, ist der Verlauf der Durchgangsreaction der folgende: Mit dem Eintritte des Sinneseindrucks in den Gesichtskreis des Beobachters wird

die Aufmerksamkeit auf ihn gerichtet, darum fallen die ersten Versuche etwas verlängert aus. Zugleich wird aber die Hand für die Ausführung der Bewegung vorbereitet. Da die Aufmerksamkeit bald mehr auf die Bewegung der Hand, bald mehr auf den Sinneseindruck gerichtet ist, zeigen die ersten Reihen Schwankungen zwischen verlängerten und verkürzten Reactionszeiten. Mit der Einübung wird zunächst die anfangs etwas schwierige motorische Bereitschaft der Hand gesteigert. Als zweites tritt hinzu, dass die Verbindung von Sinneseindruck und Ausführung der Bewegung der Hand, die zuerst einen besonderen Apperceptionsact erfordert, durch häufige Verbindung dieser beiden Vorgänge eine feste Association wird, so dass Auffassung des Eindrucks und Spannung der Hand fast gleichzeitig eintreten.

Bewegt sich der aufzufassende Sinneseindruck, so richtet sich die Aufmerksamkeit mit noch größerer Spannung auf ihn, und die Verbindung zwischen Sinneseindruck und Handbewegung wird noch eindeutiger. Kommt die Beobachtung von Vordurchgängen durch verschiedene Fäden eines Fadennetzes hinzu, so wird durch die mehrfache Berührung des Sinneseindrucks mit den Fäden eine noch erhöhte Verbindung der beiden Endprocesse für die Richtung der Aufmerksamkeit herbeigeführt. Es vertheilen sich aber die beiden Processe an Deutlichkeit verschieden auf die verschiedenen Theile der Bewegung. Mit dem Eintritte in das Gesichtsfeld wird die motorische Bereitschaft der Hand gesteigert, doch nimmt ihre Stärke mit der Bewegung ab. Die Auffassung des Sinneseindrucks wie seine deutliche Beibehaltung bei der Bewegung in dem Gesichtsfeld bleibt die Hauptsache. Wird aber der Sinneseindruck in der Nähe des Durchgangs aufgefasst, dann wird die motorische Bereitschaft wieder stärker. Man versucht den Durchgang genau zu registriren. Dieser Verlauf der Aufmerksamkeit wird oft von äußeren Nebenbedingungen beeinflusst. So halten die Fäden des Fadennetzes die Hand bei der ganzen Bewegung in starker motorischer Bereitschaft, was die Resultate viel einheitlicher macht.

Wird der Weg zwischen Eintritt in das Gesichtsfeld und Durchgang vergrößert, oder die Bewegung des Sinneseindrucks verlangsamt, so wird unwillkürlich die Aufmerksamkeit mehr dem Sinneseindrucke zugewandt. Seine deutliche Festhaltung im Laufe einer längeren Zeit erfordert eine größere Anstrengung der Aufmerksamkeit in der Rich-

tung des Sinneseindrucks, was die motorische Bereitschaft beeinträchtigt. Wird so auch die günstigste Vorbereitungszeit überschritten, so wird die Concentrirung der Aufmerksamkeit nicht genau beibehalten, was Schwankungen in den Curven verursacht. Die Verbindung der Auffassung des Sinneseindrucks mit der motorischen Bereitschaft der Hand, die dem Durchgang vorangeht, wird mit der Uebung immer constanter, doch bleiben kleinere Schwankungen in der Stellung der beiden Prozesse in der Aufmerksamkeit für lange Zeit bestehen. Mit der Uebung wendet sich die Aufmerksamkeit immer mehr der motorischen Bereitschaft der Hand zu, was die Reactionszeit verkürzt. Diese Neigung zur Verkürzung, die auch von L. Lange¹⁾ bemerkt worden ist, besteht bei allen Beobachtern bei der Anwendung aller Reactionsweisen. Es ist immer ein Bestreben da, die psychischen Vorgänge zu mechanisiren. Betrachten wir diesen Vorgang etwas näher.

Nach gegebener Anweisung sucht der Beobachter den Sinneseindruck zu erfassen, zugleich aber die Hand vorzubereiten. Diese Vorbereitung kommt im Anfang immer nach der Apperception des Sinneseindrucks. Darum kommen hier alle die Prozesse vor, die von Wundt²⁾ und Lange als Componenten der sensoriellen Reaction bezeichnet worden sind. Diese Beachtung der beiden Endvorgänge associirt dieselben allmählich so sehr, dass alles sich auf diese beiden Vorgänge concentrirt: Apperception des Sinneseindrucks, Ausführung der Handbewegung. Der letzte Vorgang tritt mit der Zeit immer mehr in den Vordergrund, da die Auffassung des Sinneseindrucks sich mit der Uebung so sehr erleichtert, dass sie keiner besonderen Spannung der Aufmerksamkeit mehr bedarf. Dass natürlich selbst bei der größten Einübung die Auffassung des Sinneseindrucks immer noch einen Einfluss hat, ist selbstverständlich, da eine Spannung der Aufmerksamkeit auf ihn willkürlich oder unwillkürlich stets da sein muss. Diese Abhängigkeit von Auffassung des Eindrucks und Ausführung der Handbewegung kann aber keine bestimmte sein, und daher treten immer gewisse Schwankungen in den erhaltenen Reactionszeiten auf. Lässt man dieser Abhängigkeit freien Lauf, so gestaltet

1) Philosophische Studien. IV. S. 479 ff.

2) Physiologische Psychologie. II. S. 306.

sie sich gemäß der Neigung der betreffenden Person, und die Curve fällt einfacher aus. Bei den Durchgangsbeobachtungen, die eine genauere Beachtung der bei diesen Vorgängen beteiligten Bedingungen erfordern, treten ebenfalls Schwankungen zwischen den beiden Endprocessen auf, die den zwei ausgeprägten Spitzen an der Curve entsprechen, hier aber nie vollständig verschwinden. Doch je größer die Concentration der Aufmerksamkeit ist, je weniger Raum für solche Schwankungen gelassen wird, wie z. B. bei dem Gebrauch des Fadennetzes, desto einheitlicher fällt die Curve aus.

Da bei den astronomischen Beobachtungen das ganze Gewicht darauf gelegt wird, die persönlichen Unterschiede so klein wie möglich zu machen, so wird eine größere Mechanisirung der Reaction vorzuziehen sein. Für die psychologische Analyse ist eine freiere Gestaltung der Reactionsversuche wichtiger. Bei den Durchgangsbeobachtungen werden, wie wir gesehen haben, die natürlichen Reactionszeiten bevorzugt, die Reactionszeiten, die den Ausgangspunkt aller Reactionsarten bilden. Man ist genöthigt, zugleich auf Eindruck und Ausführung der Bewegung zu achten, so dass sich diese beiden Prozesse in den Resultaten gut abbilden. Die besonderen Bedingungen bei den Durchgangsbeobachtungen begünstigen eine genaue Analyse der natürlichen Reactionsweise, wie der äußeren Einflüsse. Erst nach der Durchführung dieser Analyse wird man daher auch die Frage nach der Grundlage der zusammengesetzten Reaktionen mit größerer Bestimmtheit und mehr Aussicht auf Erfolg aufwerfen können.

III. Vollständige (verlängerte) Reactionen (Fig. 4).

Controlzeit: 1,05 σ — 1,8 σ — 1,8 σ — 1,75 σ .Fehl-
reac-
tionen

AlechsiEFF	Mittelwerth	—	166	177	183	196	205	214	224	233	245	254	263	274	287	295	305	310	—
	Zahl der Fälle	—	2	3	2	6	12	11	21	14	25	15	16	7	8	2	2	1	—
Koch	Mittelwerth	—	166	175	182	193	204	214	224	235	245	255	263	275	284,5	293	302	313	—
	Zahl der Fälle	—	1	3	3	7	11	12	25	20	37	15	6	10	5	1	2	1	—
Foerster	Mittelwerth d. Reihe	153	—	—	—	185	195	205	213,3	223	235	243	255	263,5	274	284,3	291	—	—
	Zahl der Fälle	2	—	—	—	5	9	14	15	24	14	26	17	10	8	2	1	—	—
Savescu	Mittelwerth	155	162	172	183	194	203,5	215,3	224,4	236	244	255	264,4	274,5	—	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	1	3	3	7	8	18	31	20	9	24	8	5	2	—	—	—	—	6

IV. Natürliche Reactionen beim punktuellen Eindruck (Fig. 5).

Controlzeit: 1,3 — 1,3 σ — 1,4 σ — 1,4 σ .

AlechsiEFF	Mittelwerth d. Reihe	—	123	—	144	153	164	175	184	194,2	203	214	226	234	—	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	—	2	—	4	10	20	24	24	27	12	12	3	1	—	—	—	—	—
Koch	Mittelwerth	—	—	135	142	154,5	164	174	184	194,6	205	214	224	—	248	—	—	275	—
	Zahl der Fälle	—	—	2	6	10	12	24	28	25	16	14	12	—	1	—	—	1	—
Almy	Mittelwerth	—	—	136	144	154	163,3	174,3	183,4	193,4	206	214	223	231	—	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	—	—	3	3	11	15	19	30	23	16	10	3	1	—	—	—	—	2
Foerster	Mittelwerth	—	—	133	144	153,3	164	174	183	195	203	214	222	233	245	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	—	—	3	5	11	19	22	25	20	16	11	8	5	1	—	—	—	—

V. Verkürzte Durchgangsreactionen (Fig. 6).

Controlzeit: $1,7^{\sigma}$ — $1,7^{\sigma}$ — $1,5^{\sigma}$.

Alechsteiff	Mittelwerth d. Reihe	78	86	95	101	114	124	134	145	153,6	163	175	184	196	200	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	1	1	1	3	5	10	16	26	35	23	11	6	1	1	—	—	—	5
Buch	Mittelwerth	—	—	—	106	115	122	135	144	154	163,3	174,4	184	197	204	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	—	—	—	1	2	3	16	31	35	27	15	9	1	1	—	—	—	3
Savescu	Mittelwerth	—	85	—	101	115	124	134	144,4	152,2	164,3	175	183	193	—	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	—	1	—	1	2	7	9	20	35	29	16	8	3	—	—	—	—	9
Foerster	Mittelwerth	—	83	95	102	114	124	134	144	154	164	175	183	194	207	216	220	—	—
	Zahl der Fälle	—	1	2	3	5	7	14	29	34	21	13	8	2	1	1	1	—	3

VI. Verkürzte Reactionszeiten bei langsamerer Geschwindigkeit: Vorbereitungszeit 2^s (Fig. 7).Controlzeit: $1,7^{\sigma}$.

Alechsteiff	Mittelwerth d. Reihe	—	90	106	114	124	135	144	154	164	173,4	184,5	194	206	214	225	—	—	279	
	Zahl der Fälle	—	1	2	1	4	11	24	36	26	16	8	4	1	1	1	—	—	1	5
Buch	Mittelwerth	89	94	103	112	123	135	144	154	164	172,7	183	192	204	—	—	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	1	5	7	8	7	16	22	28	23	13	7	2	1	—	—	—	—	—	2

VII. Natürliche Durchgangsreactionen (Fig. 8).

Controlzeit: $2,2^{\sigma}$ — $2,2^{\sigma}$ — $1,95^{\sigma}$ — 190^{σ} — $1,95^{\sigma}$.Fehl-
reac-
tionen

Alechseff	Mittelwerth d. Reihe	—	125	132	144	155	163,5	174	184	196	205	214	225	234	243	253	—	—
	Zahl der Fälle	—	2	3	5	11	11	25	16	9	16	20	10	9	4	1	—	1
Almy	Mittelwerth	113	120	132	143	154	163,6	174	184	195	204	215	224	233	245	—	263	294
	Zahl der Fälle	1	1	4	4	7	13	28	14	13	22	17	6	2	3	—	1	1
Foerster	Mittelwerth	—	—	134	143	155	164	174	183	191	203	214,7	224	234	244,4	254	—	—
	Zahl der Fälle	—	—	1	9	4	8	15	19	13	17	13	12	9	3	—	—	1
Savescu	Mittelwerth	100	126	133	145	154	164,5	174,6	183,4	194,5	205	213,6	225	233	243	253	—	—
	Zahl der Fälle	1	2	6	9	6	15	19	27	14	23	14	8	4	2	1	—	—
Koch	Mittelwerth	105	—	137	140	154	164	174	183,6	193	204	214,5	224	235	245	254	262	276
	Zahl der Fälle	1	—	1	1	3	6	11	18	11	23	30	14	9	8	5	3	3

VIII. Durchgangsreactionen beim Eindruck von 2 mm Breite (Fig. 9).

Controlzeit: $2,3^{\sigma}$ — $2,1^{\sigma}$ — $2,3^{\sigma}$.

Foerster	Mittelwerth	—	—	—	135	145	154	164	174	183,6	193,6	205	215	223	232	244	—	282
	Zahl der Fälle	—	—	—	2	4	12	12	20	21	32	17	7	11	4	1	—	1
Alechseff	Mittelwerth	105	112	125	136	142,7	154,5	164	174	183	195	205	214	224,4	233	243	255	261
	Zahl der Fälle	1	1	1	4	10	17	19	13	11	19	20	6	15	9	4	1	1
Buch	Mittelwerth	—	116	124	132	146	152	164,4	174	184	194	205	213	224	235	—	—	—
	Zahl der Fälle	—	1	3	2	7	8	15	20	22	21	25	9	13	6	—	—	—
Savescu	Mittelwerth	—	—	122	134	145	154	164	174	184	194	203	215	223,4	233	—	251	—
	Zahl der Fälle	—	—	1	4	7	11	13	23	18	15	12	22	15	6	—	1	—

IX. Variation der Deutlichkeit des Eindrucks: Dr. Buch (Fig. 10).

Controlzeit: $1,9^{\sigma} - 1,5^{\sigma}$.

Tageslicht	Mittelwerth	113	122	133	144,4	153	165	173,4	184	193	204	215	225	232	—	—	277	—	
	Zahl der Fälle	1	2	6	5	8	17	24	25	14	24	8	5	3	—	—	—	1	—
Elektrisches Licht	Mittelwerth	90	—	—	145	154	164	174	184,3	195	205	214,5	224,6	234	245	256	267	274	—
	Zahl der Fälle	1	—	—	5	2	11	16	15	22	15	23	14	7	7	3	1	2	1

X. Veränderung der Richtung der Bewegung des Eindrucks: von rechts nach links (außen nach innen) (Fig. 11).

Controlzeit: $1,4^{\sigma} - 1,4^{\sigma} - 1,54^{\sigma}$.

Alechsieff	Mittelwerth d. Reihe	—	122	134	144,4	154	165	174	183	192	204	213,6	225	235	243	255	—	—	—
	Zahl der Fälle	—	1	3	3	6	4	26	17	8	18	24	12	10	4	2	—	—	5
Savescu	Mittelwerth	113	—	136	144	154,4	163,6	174	184	194,4	204	213	222,3	235	241	—	261	—	—
	Zahl der Fälle	1	—	1	3	7	13	26	25	11	21	14	6	2	1	—	1	—	3
Almy	Mittelwerth	115	125	134	144	154	163	173,5	183	194	204	214	224	231	246	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	2	2	4	9	11	16	27	13	9	26	11	7	3	1	—	—	—	2

XI. Bewegung des Auges von links nach rechts (innen nach außen) (Fig. 12).

Controlzeit: $1,54^{\sigma} - 1,54^{\sigma} - 2,1^{\sigma}$.

Alechsieff	Mittelwerth	—	138	147	153	162	173	183	194,5	204	214	223	233,2	246	255	264	—	—	—
	Zahl der Fälle	—	1	2	6	9	10	20	12	18	26	21	10	5	3	1	—	—	—
Almy	Mittelwerth	—	—	147	153	164	173	184	194	202	213	223	234	245	254	261	—	—	—
	Zahl der Fälle	—	—	2	6	9	14	22	15	13	23	18	12	8	3	1	—	—	—
Almy, Hin- u. Herbewegung	Mittelwerth	—	—	146	153	165	173,3	183	194	204	214	223	234	241	255	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	—	—	6	4	14	23	20	9	18	22	17	7	1	1	—	—	—	—

XII. Bewegung des Auges von rechts nach links (außen nach innen) (Fig. 13).

Fehl-
reac-
tionenControlzeit: $1,5^{\sigma} - 1,5^{\sigma}$.

Alechseff	Mittelwerth	128	135	145	154	165	175	184,6	194,5	204,3	213	224	232	249	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	1	4	7	15	17	26	15	12	20	16	7	2	1	—	—	—	—
Almy	Mittelwerth	125	134	144	153	163,4	173,3	184,4	194	205	214	221	232	—	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	2	3	7	10	20	29	10	11	17	13	8	4	—	—	—	—	7

XIII. Variation der Geschwindigkeit bei Durchgangsreaktionen: 1) Vorbereitungszeit $2/3^s$.Controlzeit: $1,94^{\sigma} - 1,94^{\sigma} - 1,9^{\sigma} - 1,2^{\sigma}$.

Alechseff	Mittelwerth d. Reihe	—	120	132	146	156	162,6	173,6	184	196	204	214,4	225	235	—	254	—	—
	Zahl der Fälle	—	1	1	2	7	11	23	33	14	22	13	7	7	—	3	—	—
Koch	Mittelwerth	112	122,6	135	143	153	165	174,6	184,5	195	204	214,6	224,5	235	243,4	—	90	86
	Zahl der Fälle	1	5	5	5	4	15	19	18	18	21	15	11	4	5	—	1	1
Almy	Mittelwerth	111,5	122	135	144	153	164,2	175	184,3	194,3	205	214	225	234	246	256	—	—
	Zahl der Fälle	2	1	3	6	11	16	27	21	16	20	11	14	1	3	1	—	—
Savescu	Mittelwerth	114	124	134,3	144	154	163,3	175	184	194	205	215	223,5	—	—	—	105	94
	Zahl der Fälle	5	8	10	18	18	10	22	16	16	13	3	2	—	—	—	2	1

XIV. 2) Vorbereitungszeit 2^s (Fig. 14).Controlzeit: $1,4^{\sigma} - 1,4^{\sigma} - 1,3^{\sigma}$.

Koch	Mittelwerth d. Reihe	—	142	151	164	172,5	183	194	203	214,5	224	234	245	253,5	261	274	284	296
	Zahl der Fälle	—	2	3	5	9	8	19	14	25	12	23	7	7	3	2	5	2
Alechseff	Mittelwerth	—	142	—	161	177	184,4	195	204	215	224	234,4	245	254,4	264	272	283	297
	Zahl der Fälle	—	1	—	1	5	5	8	13	29	13	14	19	12	9	5	3	1
Foerster	Mittelwerth	132	145	156	165	173	184	193,5	204	214	224	233	245	254	264	275	288	292
	Zahl der Fälle	2	2	2	7	8	14	26	17	15	18	9	10	7	4	1	1	1

XV. Variation der Geschwindigkeit bei Durchgangsreaktionen: 3) Vorbereitungszeit 1,4^s (Fig. 14).Controlzeit: 1^o — 1^o — 1,6^o — 1,6^o.

Alechsieff	Mittelwerth	104	116	123	132	144	157	164	174,5	184	195,5	205	215,2	223	234,4	244	254	267	275		
	Zahl der Fälle	4	1	2	2	3	4	5	8	6	12	35	14	21	8	5	4	3	3		
Koch	Mittelwerth	103	115	—	131	146	154,6	166	175	183	196	205	216	224,4	234	244	254,4	263	275		
	Zahl der Fälle	1	1	—	2	1	5	9	7	7	7	27	14	17	11	7	5	3	3		
Almy	Mittelwerth	—	—	—	134	147	154	163	176	185	194	204	214,3	224	234	244	253	265	276		
	Zahl der Fälle	—	—	—	1	1	1	2	8	7	13	18	31	23	16	16	7	3	2		
Savescu	Mittelwerth	70	81	92,5	104	113	123	134	148	153	164	174	185	194	205	213	225	239	242	257	268
	Zahl der Fälle	4	4	2	5	2	4	6	4	9	15	10	14	33	10	9	2	1	1	1	1

XVI. Verkleinerung des Gesichtsfeldes ($\frac{2}{3}$), Gesichtswinkel 19° 4' 23" (Fig. 15).Controlzeit: 1,6^o — 1,6^o — 1,6^o — 1,7^o.

Alechsieff	Mittelwerth d. Reihe	—	—	123	133	144	153	164	175	186	194,4	206	213,5	224	233	245	—	—	—
	Zahl der Fälle	—	—	2	4	8	6	11	17	24	31	16	18	9	2	1	—	—	—
Koch	Mittelwerth	101	—	124	136	143	153	162,3	173,6	183	194	204	213,6	224	234	247	253	269	—
	Zahl der Fälle	1	—	1	1	5	7	10	22	21	24	19	15	8	4	1	1	1	2
Almy	Mittelwerth	—	—	122	134	142	154	164	173,3	183	194	205	212	226	235	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	—	—	1	4	12	14	18	17	23	27	17	11	1	2	—	—	—	—
Savescu	Mittelwerth	—	—	123	137	145	153	164	174	184	195	204	214	224	235	240	252	—	—
	Zahl der Fälle	—	—	1	1	3	7	19	17	25	24	16	12	11	5	1	1	—	—

XVII. Durchgangsreactionen beim Fadennetz im Ocular (Fig. 16).

Controlzeit: $1,3^{\sigma}$ — $1,3^{\sigma}$ — $1,6^{\sigma}$ — $1,6^{\sigma}$.Fehl-
reac-
tionen

Alechsteff	Mittelwerth	—	124	132	146	154	164	174	185	194,5	204	213,4	225	234	243	255	260	278	—
	Zahl der Fälle	—	2	2	5	6	8	18	14	31	23	11	8	5	5	2	1	1	—
Koch	Mittelwerth	101	124	136	143	153	162,3	173,6	183	193,7	203,6	213,4	224	231	247	253	269	—	—
	Zahl der Fälle	1	1	1	5	7	10	22	21	24	19	15	8	4	1	1	1	—	3
Almy	Mittelwerth	107	123	135	144	153,3	164,4	173,5	183,6	194	203,4	214	222	234,5	249	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	1	3	3	6	10	12	26	18	28	17	11	4	2	1	—	—	—	1
Savescu	Mittelwerth	—	122	133	143,4	154,3	164,4	174	183,3	195	205	215	225	230	243	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	—	2	3	5	13	15	28	13	25	17	11	6	1	1	—	—	—	3

XVIII. Durchgangsreactionen bei sich bewegenden Linsen (Fig. 17).

Controlzeit: $2,2^{\sigma}$ — $2,2^{\sigma}$ — 2^{σ} — $2,3^{\sigma}$.

Alechsteff	Mittelwerth	80	92	104	115	124	135	140	155	165	172,3	182,5	193	205,5	215	226	235	248	—	
	Zahl der Fälle	2	1	3	3	3	3	1	8	8	14	16	13	33	23	6	6	2	—	2
Koch	Mittelwerth	85	93	102	114	128,5	130	145	157	164	174	184	196	204,5	214,5	224	234	245	253	—
	Zahl der Fälle	2	4	1	1	2	1	2	2	8	9	20	11	38	17	14	1	1	1	5
Almy	Mittelwerth	—	—	—	—	—	133	146	155	163	172	184	194	205	215	225,6	234,5	242	266	278
	Zahl der Fälle	—	—	—	—	—	3	4	3	8	13	19	13	26	24	19	15	1	1	2
Savescu	Mittelwerth	72—94	105	112,7	123	134,5	143,4	153	163,4	173	182	194	203	212,5	232,5	—	—	—	—	—
	Zahl der Fälle	2	3	1	10	11	6	16	11	24	26	10	8	3	2	2	—	—	—	8