

# Psychometrische Untersuchungen.

Von

**James M<sup>c</sup>Keen Cattell.**

Erste Abtheilung.

Mit 8 Holzschnitten.

---

## I. Apparate und Methoden.

Die Dauer eines psychischen Vorganges direct zu messen, ist bekanntlich unmöglich. Man muss vielmehr die Zeit bestimmen, welche vergeht zwischen der Erzeugung eines äußeren Reizes, welcher Gehirnprocesse auslöst, und der Ausführung einer Bewegung, die auf diese Processe folgt. Ein Apparat, welcher diese Zeit bestimmen soll, muss drei Bestandtheile enthalten: 1) ein Instrument, um den äußeren Reiz, welcher Gehirnprocesse veranlassen soll, hervorzu- bringen, und um den Moment des Hervorbringens zu registriren, 2) ein solches, um den Zeitpunkt einer Bewegung zu registriren, welche ausgeführt wird, nachdem die Gehirnprocesse vorüber sind, 3) ein weiteres, um die Zeit zu messen, welche zwischen diesen beiden Vorgängen verflossen ist. Die beiden ersten Instrumente sind verschieden je nach dem Reiz, welcher hervorgebracht, und je nach der Bewegung, welche registriert werden soll. Zur Zeitmessung habe ich überall das Chronoskop angewandt, welches von Hipp in Neuchâtel construirt ist. Dasselbe misst, wenn es richtig controlirt wird, die Zeiten so genau als irgend eine der bis jetzt für ähnliche Zwecke angewandten chronographischen Methoden, es ist aber viel einfacher und bequemer zu handhaben. Das Chronoskop ist ein Uhrwerk, welches durch ein Gewicht in Bewegung versetzt und durch eine vibrirende Feder regulirt wird. Die Feder macht 1000 Schwingungen in

der Secunde, und bei jeder Schwingung kann ein Zahn eines Zahnrades vorübergehen, etwa nach dem Princip der Unruhe in der Taschenuhr. Diese Methode, das Uhrwerk zu reguliren, ist geistreich und genau, lässt aber besonders bei dem Chronoskop in seiner neuen Gestalt zuweilen zu, dass es in Unordnung geräth. Die Brauchbarkeit des Chronoskops beruht auf der Anwendung eines Elektromagneten. Die Zeiger stehen nicht in unmittelbarer Verbindung mit dem Uhrwerk und bewegen sich daher nicht ohne weiteres, wenn es in Gang versetzt wird. Sobald aber ein galvanischer Strom durch die Windungen des Elektromagnetes geschickt wird, wird der Anker desselben angezogen, und ein System von Hebeln bringt die Zeiger in Verbindung mit dem Uhrwerk, so dass sie an der Bewegung desselben theilnehmen; wird der Strom wieder unterbrochen, so reißt eine Feder den Anker wieder los, und die Zeiger stehen still. Es wird so die Zeit gemessen, während deren der Strom durch den Elektromagneten geht. Ein zweiter Elektromagnet ermöglicht die Umkehrung des ganzen Vorganges, gestattet also die Zeit zu messen, während der ein Strom unterbrochen ist. Die Zeiger zeigen Tausendstelsekunden an.<sup>1)</sup> Das Chronoskop fungirt sehr genau; die einzige wesentliche Schwierigkeit bei seiner Anwendung besteht darin, dass die Länge der Zeiten, welche wir an den Zifferblättern ablesen, variirt mit der Stärke des Stromes, welcher durch den Elektromagneten geht. Wir wollen voraussetzen, die Spannung der Feder, welche den Anker zurückzieht, bleibe constant. Ist dann, wenn wir den zuerst genannten Elektromagneten benutzen, der angewandte Strom sehr schwach, so wird es ziemlich lange dauern, bevor der im weichen Eisen erzeugte Magnetismus stark genug wird, um den Anker anzuziehen, und es wird mehr Zeit zwischen dem Schließen des Stromes und dem Anziehen des Ankers durch den Magneten vergehen, als zwischen dem Unterbrechen des Stromes und dem Losreißen des Ankers durch die Feder. In Folge dessen geben die Zeiger die Zeit, während deren der Strom durch die Rolle des Magnetes geht, zu kurz an. Ist andererseits der Strom stark, so wird das weiche Eisen sehr rasch genügend magnetisch, und der

---

1) In dieser Abhandlung ist sowohl im Text als in den Tabellen durchgängig 0,001" als Zeiteinheit gebraucht. Als Symbol dafür gebrauche ich wie früher  $\sigma$ , analog dem bereits von Anderen gebrauchten  $\mu = 0,001$  mm.

Anker wird schnell angezogen, aber der Magnetismus verschwindet erst eine ziemliche Zeit, nachdem der Strom unterbrochen ist; es vergeht also mehr Zeit zwischen dem Oeffnen des Stromes und dem Losreißen des Ankers durch die Feder als zwischen dem Schließen des Stromes und dem Anziehen des Ankers. Die von der Uhr angezeigte Zeit ist dann länger als die, während deren der Strom durch die Uhr

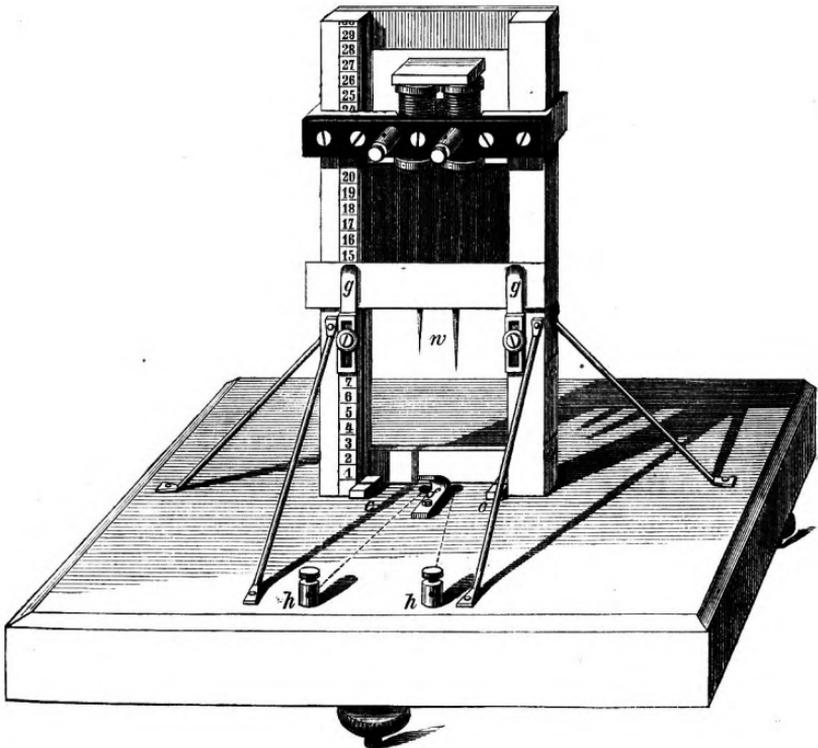


Fig. 1.

ging. Wenn die Stromstärke nicht richtig gewählt ist, können die erhaltenen Zeiten um mehr als eine Zehntelsekunde zu kurz oder zu lang sein, ein Fehler, der fast eben so groß ist als die ganze Reactionszeit. Es ist nun immer möglich, das Verhältniss der Stromstärke so zu reguliren, dass gleiche Zeiträume liegen zwischen Stromschließen und Anziehen des Ankers durch den Magneten und zwischen Stromunterbrechen und Losreißen des Ankers durch die Feder; nur in diesem Falle geben aber die Zeiger genau die Zeit an, während deren der

Strom durch die Windungen des Elektromagnetes' gegangen ist. Man kann das empirisch ausführen, indem man die Zeit misst, während welcher der Strom geschlossen ist, und Stromstärke und Federkraft so abgleicht, dass die abgelesene Zeit gleich der anderweitig gemessenen wird. Zu diesem Zwecke (und für andere, später beschriebene) habe ich einen Apparat<sup>1)</sup> gebraucht, welcher mit Rücksicht auf seine ursprüngliche Bestimmung ein Fallchronometer genannt werden kann.

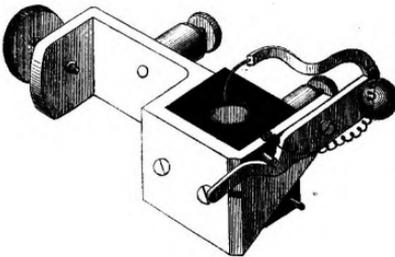


Fig. 2.

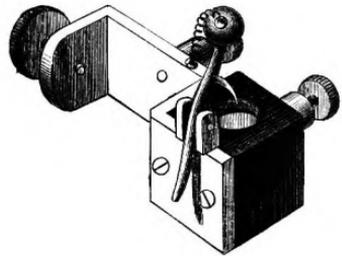


Fig. 3.

Der Apparat (Fig. 1) besteht aus zwei massiven messingenen Säulen von 30 cm Höhe, welche 10 cm von einander entfernt sind und senkrecht auf der Grundfläche stehen. Die Säulen können genau senkrecht gestellt werden durch drei Stellschrauben, auf denen der Apparat steht. In die Säulen eingeschnitten sind dreikantige Rinnen, in welchen ein massiver Schirm aus Weicheisen ohne merkliche Reibung gleitet. Dieser Schirm wird in der Schwebelage gehalten durch einen Elektromagneten, welcher in jeder beliebigen Höhe angebracht werden kann. Wird der den Elektromagneten umkreisende Strom unterbrochen, so fällt der Schirm, und zwar legt er denselben Fallraum immer in derselben Zeit zurück. An einer der Säulen können kleine Stromschlüssel (Fig. 2 und 3) befestigt werden, die resp. einen Strom schließen und öffnen. Beide bestehen aus einem Hartgummi-

1) S. Philos. Studien III, 1. — Brain, Oct. 1885. — Der beschriebene Apparat wurde unter meiner Leitung in der mechanischen Werkstatt von Carl Krille in Leipzig gebaut; derselbe kann Duplicate liefern. Der Apparat kann angesehen werden im Psychologischen Institut der Universität Leipzig und im Army Medical Museum zu Washington.

bassin, welches mit Quecksilber gefüllt ist; das Quecksilber steht mit einer Klemmschraube in leitender Verbindung. Ein Hebel mit Platinspitze, der mittelst einer Platinspirale mit einer zweiten Klemmschraube in Verbindung steht, taucht in das Quecksilber. An dem einen Schlüssel (Fig. 2) ist der Hebel so angebracht, dass die Spitze das Quecksilber nicht berührt, aber, wenn der Schlüssel an der Säule des Fallchronometers befestigt ist und der Hebel durch den Schirm heruntergedrückt wird, in das Quecksilber hineintaucht. An dem zweiten Schlüssel (Fig. 3) taucht ebenfalls ein Hebel in das Quecksilber, wird aber (wie in der Figur dargestellt) herausgehoben, wenn der Schirm darauf drückt. Die Schlüssel werden an einer der Säulen befestigt, so dass der Schlüssel (Fig. 2), bei welchem der Strom unterbrochen ist, sich oben befindet. Der Uhrstrom durchläuft also beide Schlüssel, die Leitung ist aber im oberen Schlüssel unterbrochen. Man lässt nun den Schirm fallen, indem man den Strom durch den Elektromagneten des Fallchronometers (Fig. 1) unterbricht. Nachdem der Schirm eine beträchtliche Fallgeschwindigkeit erlangt hat, trifft er auf den Hebel des oberen Schlüssels und bringt ihn zum Eintauchen in das Quecksilber; hierdurch wird der Uhrstrom geschlossen, also die Zeiger in Bewegung versetzt. Hat der Schirm den Raum, welcher zwischen beiden Schlüsseln liegt, durchfallen, so trifft er auf den Hebel des zweiten Schlüssels und hebt ihn aus dem Quecksilber; der Uhrstrom wird also jetzt unterbrochen, und die Zeiger stehen wieder still. Der Schirm durchfällt den Raum zwischen beiden Schlüsseln immer in genau derselben Zeit, und die an der Uhr abgelesenen Zeiten sind ebenfalls constant, können aber, wie wir oben sahen, um mehr als eine Zehntelsecunde länger oder kürzer sein als die Zeit, während der der Strom wirklich geschlossen war. Die Zeit, welche der Schirm braucht, um den Raum zwischen beiden Schlüsseln zu durchfallen (d. h. die Zeit, während der der Strom wirklich geschlossen ist), wird bestimmt mit Hülfe einer Stimmgabel von bekannter Schwingungszahl, welche auf dem mit berußtem Papier bedeckten Schirme schreibt. Diese Zeit kann auch theoretisch berechnet werden; diese für den freien Fall eines Körpers im leeren Raume berechnete Zeit ist nur wenig kürzer als die mit Hülfe der Stimmgabel gefundene. Kennen wir nun die Zeit, welche vergeht zwischen dem Schließen des Stromes im oberen Schlüssel und dem Unterbrechen desselben im unteren, so

können wir die Stärke des Uhrstromes und die Federkraft leicht so reguliren, dass die Zeiger gerade die richtige Zeit angeben. Je stärker Strom und Feder genommen werden, um so kürzer ist die Zeit, welche nach dem Stromschließen vergeht, bis der Anker angezogen wird, und desto kürzer die Zeit, welche nach dem Oeffnen vergeht, bis er losgerissen wird. Die Bestimmung mit der Stimmgabel braucht nur so oft wiederholt zu werden, bis man sicher ist, dass bei der Messung selbst kein Fehler gemacht wurde. Man wird übrigens gut thun, wenn man den Abstand beider Schlüssel variirt und untersucht, ob die an der Uhr abgelesenen Zeiten in jedem Falle dieselben sind wie die direct gefundenen. Trotzdem muss das Chronoskop täglich durch das Fallchronometer oder durch ein empfindliches Galvanometer controlirt werden, damit man den Strom wieder abgleicht, wenn er sich geändert hat. Zu diesem Zwecke kann auch der von Hipp gelieferte Fallapparat benutzt werden, wenn man genügende Vorichtsmaßregeln trifft. Die Stärke des Stromes wird abgeglichen mit Hülfe eines Rheostaten *R* (Fig. 8), und seine Richtung wird umgekehrt (um die Entstehung von permanentem Magnetismus im Elektromagneten der Uhr unmöglich zu machen) mit Hülfe eines Stromwenders *C*. Es versteht sich von selbst, dass man eine möglichst constante Batterie anwenden muss. Nach mannigfachen Versuchen habe ich mich für eine Form der Zinkkupferbatterie entschieden, in welcher sich die Flüssigkeiten nach dem specifischen Gewichte übereinander lagern. Ich benutzte sechs große Elemente, die ungefähr einmal monatlich gereinigt wurden, sonst stets unter sich verbunden blieben, nur dass natürlich der Schließungsbogen der Batterie außer bei den Versuchen unterbrochen war.

Wenn das Chronoskop in der geeigneten Weise controlirt wird, misst es die Zeiten sehr genau. Bei derselben Stromstärke ist die mittlere Variation der abgelesenen Zeiten (einschließlich der Fehler, welche das Fallchronometer erzeugt), kleiner als  $2\sigma$ . Diese unbedeutende Variation corrigirt sich selbst so gut wie vollständig bei einer Reihe von Versuchen. Eine zweite ungefähr gleich große Variation entsteht dadurch, dass der Strom nicht völlig genau abgeglichen ist oder sich nach dem Abgleichen ändert. Auch dieser Fehler hat die Tendenz, sich selbst zu eliminiren. Eine dritte Fehlerquelle besteht darin, dass das Chronoskop zu langsam oder zu schnell laufen kann. Dieselbe ist

durch genaue Regulirung der schwingenden Feder fast vollkommen zu eliminiren.

Das Fallechronometer diente bei fast allen meinen Versuchen dazu, den Sinnesreiz hervorzubringen und in demselben Moment den Uhrstrom zu schließen. War die Reactionszeit für Licht zu bestimmen, so wurde der Zwischenraum zwischen beiden Säulen mit schwarzem Carton bedeckt, so dass der Schirm für den Beobachter vollständig unsichtbar war. In den Carton (unterhalb des Schirmes; der Magnet befand sich höher als in der Figur) war ein Spalt von 2 cm Höhe und 3 cm Breite eingeschnitten, und der Reagirende fixirte eine schwarze Fläche, die mehrere mm hinter dem Spalte stand. Der Ablesende ließ den weiß überklebten Schirm fallen, indem er den Strom, der durch die Windungen des Elektromagnetes ging, unterbrach. Plötzlich und ohne vorher bemerkt zu werden erscheint an dem vom Reagirenden fixirten Punkte eine weiße Fläche, und in demselben Augenblick, bis auf 1  $\sigma$  genau, trifft der Schirm auf den Hebel des Schlüssels (Fig. 2) und schließt den Uhrstrom. Der Schirm fällt ohne jedes Geräusch, bis er aufgehalten wird durch den Druck der Hemmfeder  $f$  und die Gummipolster  $cc$ , und dieses Geräusch kommt zu spät nach dem Lichteindrucke, als dass es die Reactionszeit verlängern oder verkürzen könnte. Die Feder  $f$  ist so eingerichtet, dass sie einerseits den fallenden Schirm aufhält, andererseits ihn verhindert, wieder hoch zu springen, nachdem er auf die Gummistücke aufgefallen ist. Waren andere psychische Vorgänge als die in der Reactionszeit enthaltenen zu untersuchen, so war das Object, welches jene Vorgänge veranlassen sollte, z. B. ein gedrucktes Wort, auf einem Carton von 15 cm Breite und 3 cm Höhe aufgeklebt. Dieser Carton wird in bestimmter Lage festgehalten durch die Klemmfedern  $gg$  und ist dem Reagirenden verborgen durch den schwarzen Schirm. Der Reagirende fixirt einen grauen Punkt auf dem Schirme, der sich ganz genau vor dem auf den Carton geklebten Object befindet. (Fig. 1 zeigt die Rückseite, Fig. 1 S. 97 der Phil. Stud. die Vorderseite des Apparates.) Ein gebogener Kupferdraht  $w$ , dessen eine Spitze länger ist als die andere, ist am Schirme befestigt. Fällt der Schirm, so tauchen die amalgamirten Spitzen in zwei Vertiefungen in der Bodenfläche, welche mit Quecksilber angefüllt sind. Jedes dieser Quecksilbernäpfchen steht in Verbindung mit einer der Klemmschrauben  $hh$  und diese resp. mit der Batterie

und dem Chronoskop, so dass der Strom an dieser Stelle unterbrochen ist. Fällt der Schirm, so verbindet der Kupferdraht *w* die beiden Quecksilbernäpfcchen, und der ganze Apparat ist nun derart eingerichtet, dass (bis auf  $1\sigma$  genau) in dem Moment, in welchem das auf dem Carton befindliche Object dem Reagirenden sichtbar wird, die kürzere Spitze des Drahtes in das Quecksilber taucht und der Uhrstrom geschlossen wird. Diese Methode ist auf jeden Fall besser als die bisher angewandte, Objecte durch ein elektrisches Licht zu beleuchten. Sie umgeht vollständig die Unbequemlichkeiten und Schwierigkeiten, welche sich bei der Anwendung eines Inductionsstromes einstellen, z. B. das Licht constant zu erhalten, zu genau gleicher Zeit einen Inductionsstrom und einen galvanischen Strom zu schließen und andere Schwierigkeiten, die derjenige am besten kennt, welcher einmal versucht hat, sie zu überwinden. Ferner eliminirt sie die Zeit, welche das Auge braucht, um sich einem Lichteindruck von unerwarteter Intensität zu adaptiren, eine Zeit, die viele Experimentatoren sehr groß geschätzt haben. Schließlich setzt sie den Reagirenden in den Stand, ganz genau den Punkt zu fixiren, an welchem das Object sichtbar wird, so dass Wörter etc. benutzt werden können.

Drei verschiedene Apparate waren es, welche dazu dienten, den Uhrstrom zu unterbrechen in dem Moment, wo der Reagirende eine Bewegung machte. Der erste derselben war ein Telegraphenschlüssel,

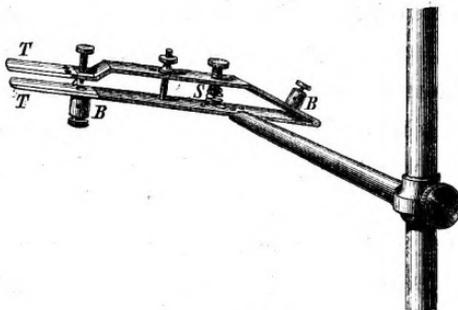


Fig. 4.

den der Reagirende mit einem oder mehreren Fingern geschlossen hielt und den er öffnete durch eine Bewegung der Hand. Der benutzte Schlüssel muss sehr empfindlich sein, muss den Strom instantan unterbrechen und darf nur geringen Druck erfordern, um geschlossen zu sein. Die beiden anderen Apparate waren bestimmt, einen Strom

zu unterbrechen, sobald die Sprachorgane bewegt wurden. Der erste von beiden (Fig. 4) kann Lippenschlüssel genannt werden. Die Klemmschrauben *BB* sind verbunden resp. mit Batterie und Chronoskop. Der Platincontact *c* ist geschlossen, wenn der Reagirende die Elfenbein-

enden *TT* zwischen den Lippen hält; sobald aber die Lippen geöffnet werden, unterbricht die Feder *S* den Contact und damit den Strom, welcher durch das Chronoskop ging. Die einzige Schwierigkeit bei der Anwendung dieses Lippenschlüssels besteht darin, dass der Reagirende möglicherweise die Lippen bewegt, bevor er die zu registrirende Bewegung der Stimmorgane ausführt. Diese Schwierigkeit wird vermieden bei dem in Fig. 5, 6 und 7 gezeichneten Apparate, den man Schallschlüssel nennen kann.

Der Uhrstrom wird unterbrochen, wenn der Reagirende in das Mundstück *M* (Fig. 5) hineinspricht. Um den Apparat in Thätigkeit zu versetzen, muss noch ein neuer galvanischer Strom hinzukommen,

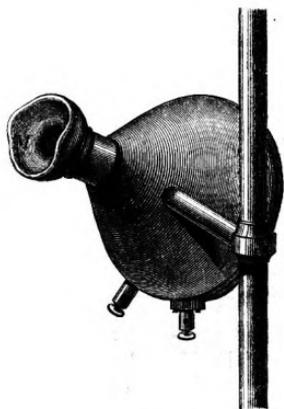


Fig. 5.

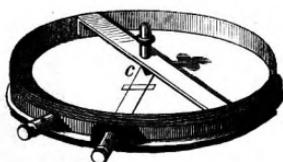


Fig. 6.

zu welchem ich vier Daniell'sche Elemente gebrauchte. Dieser Strom geht durch einen Stromwender, die Windungen eines Elektromagnetes (Fig. 7) und durch den in Fig. 5 und 6 gezeichneten Apparat. Dieser letztere besteht aus einem Mundstück, einem Trichter und einem Ring (Fig. 6), der in das Trichterende hineinpasst und mit ungegohrenem Lammlleder überspannt ist. Spricht der Reagirende in das Mundstück, so versetzen die Schallwellen das Leder in Schwingungen und der Platincontact *c* wird unterbrochen. Auch durch das mit dem Sprechen verbundene Ausathmen wird der Contact aufgehoben. Der Strom, welcher den Elektromagneten (Fig. 7) umkreist, geht nun durch diesen Contact; wenn also dieser unterbrochen wird, wenn auch nur auf einen Augenblick, verliert das weiche Eisen seinen Magne-

tismus, und der Anker wird mit Hülfe der Feder *F* losgerissen. Die Stärke dieser Feder kann mit Hülfe der Schraube *N* regulirt werden. Die Klemmschrauben *BB* sind resp. verbunden mit dem Chronoskop und der zugehörigen Batterie, so dass der Uhrstrom durch den bei *C* befindlichen Contact geht. Dieser Contact ist so lange geschlossen, als der Anker vom Magneten festgehalten wird, wird aber in dem Augenblick unterbrochen, wo der Magnetismus im weichen Eisen verschwindet oder soweit vermindert wird, dass die Feder den Anker los-

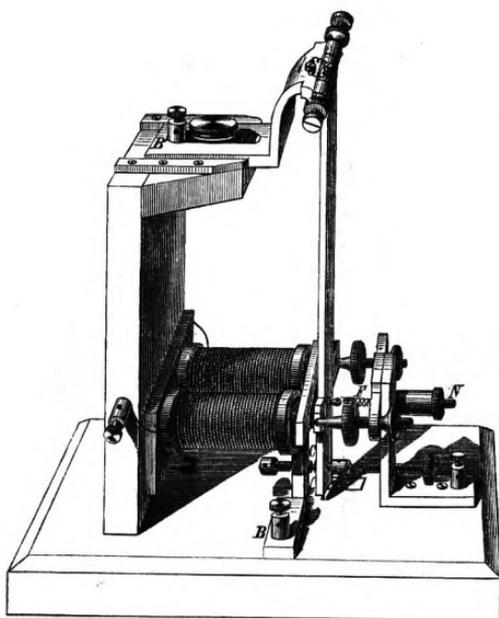


Fig. 7.

reißen kann. Der Anker wird nicht bis unmittelbar an den Magneten herangezogen, weil der Contact *C* es verhindert. Der Druck wird constant gehalten durch Regulirung der Kraft der Feder *F*. Man wird erkennen, dass, wenn der Contact im Schalltrichter unterbrochen ist, keine merkliche Zeit vergeht, bis der Uhrstrom ebenfalls unterbrochen ist; der Contact im Schalltrichter aber wird bei der leisesten Bewegung der Sprachorgane unterbrochen, also wird der Augenblick dieser Bewegung registriert.

In Fig. 8 ist die Anordnung der Apparate gegeben für den Fall, dass man die Zeit bestimmen will, in welcher z. B. ein Wort erkannt

und benannt wird. Der so Reagirende sitzt in natürlicher Haltung und in deutlicher Sehweite von dem zu erkennenden Object, und er kann bequem in das Mundstück des Schallschlüssels *F* hineinsprechen oder (bei anderen Versuchen) den Telegraphenschlüssel geschlossen halten. Der Ablesende sitzt so, dass er bequem alle Apparate erreichen kann, mit denen er zu arbeiten hat. Der Uhrstrom geht von der Batterie *B* zum Stromwender *C*, durch den Rheostaten *R* (wenn nötig noch zuvor durch eine Bussole) und durch das Chronoskop *Ch*.

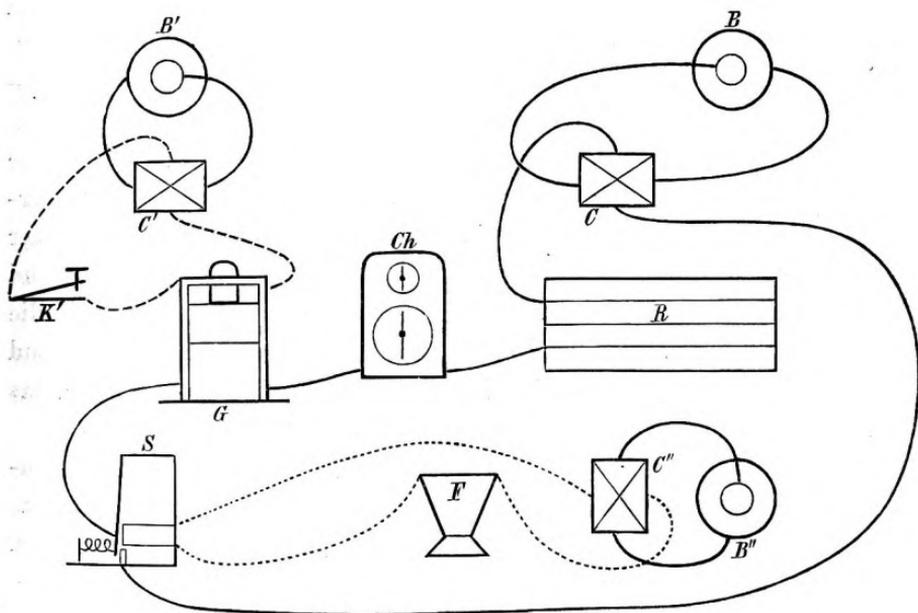


Fig. 8.

Weiter geht er durch das Fallchronometer *G*, wo er unterbrochen ist, so lange das Quecksilber in beiden Nöpfchen nicht verbunden ist, sodann durch den Contact des Unterbrechers *S* (Apparat Fig. 7), wieder durch den Stromwender *C* und nach der Batterie zurück. Der Strom, welcher den Elektromagneten des Fallchronometers umkreist, geht von der Batterie *B'* nach dem Stromwender *C'*, durch den Schlüssel *K'* und durch das Fallchronometer zurück zum Stromwender und der Batterie. Der dritte Strom, welcher durch den Schallschlüssel geht, läuft von der Batterie *B''* zum Stromwender *C''*, durch den Contact des Schall-

schlüssels  $F$ , den Elektromagneten des Unterbrechers  $S$  (Fig. 7) und zurück zum Stromwender und zur Batterie.

Nehmen wir also den Fall, wir wollten die Zeit messen, welche man braucht, um ein Wort zu erkennen und zu benennen. Der Ablesende steckt einen Carton, auf welchen ein gedrucktes Wort geklebt ist, in die Klemmfedern des Fallchronometers; darauf sagt er »Jetzt!« und setzt das Uhrwerk des Chronoskops in Bewegung. Der Reagirende fixirt den Punkt auf dem Schirme, welcher sich unmittelbar vor dem Wort befindet. Jetzt lässt der Ablesende (oder der Reagirende selbst) den Schirm fallen, indem er den Strom unterbricht, welcher durch den Elektromagneten von  $G$  geht und den Schirm festhält. Plötzlich erscheint dem Reagirenden das Wort an der fixirten Stelle, und in demselben Moment werden die beiden Quecksilbernäpfcchen durch den Kupferdraht verbunden; der Uhrstrom wird also geschlossen, und die Uhrzeiger setzen sich in Bewegung. Der Reagirende spricht möglichst rasch das Wort aus; sobald er zu sprechen beginnt, wird der durch den Elektromagneten von  $S$  gehende Strom unterbrochen und der Anker losgerissen. Der Uhrstrom ist also unterbrochen und die Zeiger stehen still. Der Ablesende hält dann das Uhrwerk ein und liest an den Zifferblättern die Zeit ab, die erforderlich war, um das Wort zu erkennen und zu benennen.

Die speciellen Methoden und die Vorsichtsmaßregeln, welche nothwendig sind, wenn man mit Hülfe der hier beschriebenen Apparate genaue Resultate erzielen will, lassen sich am besten betrachten, wenn ich über die verschiedenen einzelnen psychischen Vorgänge rede, deren Zeitdauer ich zu bestimmen versucht habe. Es wird indess angebracht sein, zwei Punkte schon hier zu erwähnen, welche für alle meine Versuche gemeinsam gelten. Es handelt sich erstens um die Methode, aus den verschiedenen Einzelversuchen den richtigen Mittelwerth zu berechnen. Gebräuchlich sind hier zwei Methoden: entweder aus allen gemessenen Reactionen das Mittel zu nehmen, oder die Zeiten, welche der Experimentator für zu kurz oder zu lang hält, bei der Berechnung des Mittels einfach wegzulassen. Gegen beide Methoden sind wesentliche Einwürfe zu machen. Die erste liefert ungenaue Resultate, da in Folge gewisser abnormer Umstände eine Reaction vom Mittelwerthe der übrigen soweit abweichen kann, dass sie das Resultat der ganzen Reihe falsch machen würde. Man kann behaupten,

dass dieser Fehler eliminirt werden kann, wenn man die Gesamtzahl der Versuche genügend groß macht; das erfordert aber einen großen Aufwand von Zeit und Arbeit, ohne den Fehler vollständig zu corrigiren. In physikalischen Experimenten können die Messungen, welche vom Mittelwerth am meisten abweichen, eben so leicht nach der einen als nach der anderen Seite hin liegen, das ist aber nicht der Fall bei unseren Versuchen. Reactionen, welche so kurz sind, dass sie den Mittelwerth ernstlich beeinflussen könnten, können kaum vorkommen, aber in Folge innerer oder äußerer Störungen werden die Reactionen zuweilen abnorm lang. In Folge dessen ist auch, wenn wir den Mittelwerth aus einer unendlich großen Anzahl von Reactionen nehmen, das Resultat nicht genau, sondern immer etwas größer als das Mittel der unter normalen Umständen ausgeführten Reactionen. Die von Exner eingeführte Methode, Reactionen, welche zu lang oder zu kurz zu sein scheinen, einfach wegzulassen, kann ja möglicherweise richtige Resultate ergeben, sie ist aber zweifellos unsicher. Der Experimentator glaubt den richtigen Werth gefunden zu haben und lässt dann, vielleicht ohne sich dessen klar bewusst zu werden, bei der Berechnung diejenigen Reactionen weg, welche diesen Werth ändern könnten. Merkel<sup>1)</sup> z. B. gibt 15 Mittel, in denen seine Apperceptionszeit zwischen 22 und 25  $\sigma$  liegt, und die Zeiten in 120 anderen Reihen, welche mit 8 verschiedenen Personen angestellt sind, stimmen genau damit überein, da sie nur zwischen 19 und 26  $\sigma$  variiren. Diese Mittel stimmen bis zu einer vollständig unmöglichen Genauigkeit überein; wir werden uns daher nicht wundern dürfen, wenn wir die angegebene Zeit vollständig falsch finden. Die Arbeit von v. Kries und Auerbach<sup>2)</sup> verliert viel von ihrem Werth durch den Umstand, dass bei der Berechnung ihrer Resultate sehr viele der gefundenen Zeiten weggelassen sind.

Ich habe eine andere und, so weit ich weiß, neue Methode angewandt. Wenn der Apparat nicht gehörig functionirte, wurde natürlich keine Reaction gemessen, aber aus allen gemessenen Reactionen wurde das Mittel berechnet. In einer Reihe wurden entweder 13 oder 26 Reactionen gemacht; daraus wurde das Mittel be-

1) Philos. Stud. II, 1.

2) Du Bois-Reymond's Archiv, 1877.

rechnet und die Abweichung jeder Reaction von diesem Mittel. Dann wurde die Reaction, welche die größte Variation hatte, weggelassen, das Mittel der übrigen 12 oder 25 berechnet und wiederum die am meisten von diesem Mittel abweichende Reaction weggelassen. Dies Verfahren wurde wiederholt, bis die 3 oder 6 schlechtesten Reactionen weggelassen waren; ich behielt dann die 10 oder 20 besten Reactionen und ihre Abweichungen von ihrem Mittel. In der Praxis braucht man so viele Mittel nicht wirklich zu berechnen, da es nur nothwendig ist, diejenigen 3 oder 6 Reactionen wegzulassen, die von dem corrigirten Mittelwerth am meisten abweichen, und da dieser bei einiger Uebung meist von vornherein zu erkennen ist. Ich gebe in dieser Abhandlung sowohl das Mittel aus allen Versuchen als auch das nach der eben beschriebenen Methode corrigirte Mittel. Man wird bemerken, dass die beiden Werthe nur unbedeutend von einander abweichen; die Versuchsbedingungen waren nämlich derart, dass wirklich abnorme Reactionen selten vorkommen konnten.

Der zweite hier zu erwähnende Punkt ist der Einfluss der Uebung, Aufmerksamkeit und Ermüdung auf die Länge der gemessenen Zeiten. An späteren Stellen dieser Abhandlung werde ich eine Anzahl von Versuchen mittheilen, welche ich nach dieser Richtung hin angestellt habe. Bei den sonstigen Versuchen war dafür gesorgt, dass die Ursachen der Variation möglichst ausgeschlossen wurden. Die beiden Versuchspersonen (Dr. G. O. Berger und Schreiber dieser Abh.), mit denen die Versuche angestellt wurden, hatten in psychologischen Arbeiten bereits viele Uebung. Ihr körperliches Befinden war gut, ihre Lebensweise regelmäßig, sie vermieden sogar morgens den Genuss von Kaffee. Die Versuche wurden jeden Morgen (mit Ausnahme des Sonntags) von 8—1 Uhr angestellt. Nach jeder Reihe von 26 Versuchen verging eine beträchtliche und constante Zeit, bevor dieselbe Person wieder zu reagiren hatte. Die Versuchsperson hielt ihre Aufmerksamkeit möglichst constant und wurde nicht gestört durch Lärm oder die Anwesenheit dritter Personen im Zimmer.

Diese Versuche sind in Amerika begonnen, aber im wesentlichen im psychologischen Institut der Universität Leipzig ausgeführt worden.

## II. Die Reactionszeit.

Die Reactionszeit kann leicht und genau bestimmt werden, aber es ist schwer zu entscheiden, welche Vorgänge in einer Reaction enthalten sind, und ganz unmöglich anzugeben, wie sich die gemessene Zeit auf dieselben vertheilt. Wir werden sehen, dass die Reactionszeit für Licht unter günstigen Umständen ungefähr 150  $\sigma$  beträgt. Ich halte es für wahrscheinlich, dass diese Zeit ungefähr zu gleichen Theilen den Vorgängen im Gehirn und den Vorgängen außerhalb desselben zuzuweisen ist. Die letzteren sind: 1) die Latenzzeit im Sinnesorgan, 2) die Zeit der Leitung im sensiblen Nerven, 3) die Zeit der Leitung im Rückenmark und im motorischen Nerven, 4) die Latenzzeit im Muskel. Es ist von verschiedenen Physiologen versucht worden, diese Zeiten einzeln zu bestimmen, dieselben sind jedoch sicher viel constanter als nach den schlecht übereinstimmenden Versuchen zu erwarten wäre. Die im Folgenden beschriebenen Versuche zeigen, dass die mittlere Variation der gemessenen Reactionszeiten nur ein Zwanzigstel der ganzen Zeit beträgt, und diese geringe Variation können wir in der Hauptsache auf veränderliche Zustände des Gehirns zurückführen. Wenn die Leitungsgeschwindigkeit im Nerven nicht constant wäre, würde vermuthlich die Wahrnehmung von Tönen und Farben erheblich gestört sein.

Die Leitungsgeschwindigkeit in den Nerven ist ein beliebter Gegenstand physiologischer Untersuchungen<sup>1)</sup> gewesen, die bisher gefundenen Resultate sind jedoch unbefriedigend. Exner gibt im 2. Bande von Hermann's »Handbuch der Physiologie«<sup>2)</sup> als Resultat der »vollkommen vorwurfsfreien Messungen« von Helmholtz und Baxt die Leitungsgeschwindigkeit gleich 62 m in der Secunde an, und in demselben Bande und gleichfalls als Resultat von Versuchen von Helmholtz und Baxt setzt Hermann die Geschwindigkeit gleich 33,9005 m in der Secunde.<sup>3)</sup> In der That scheint die Geschwindigkeit von der Temperatur und von anderen meist in den Versuchsmethoden begründeten Bedingungen abzuhängen. Noch widersprechendere Re-

1) S. die Angaben in Hermann's Hdb. d. Physiol. 2. Bd. II, 14 ff.

2) II, 272.

3) I, 22.

sultate ergeben Versuche, die (meist mit incorrecter Anwendung der Reactionszeit) mit sensiblen Nerven angestellt sind.

Vorläufig können wir nichts besseres thun, als die Leitungsgeschwindigkeit sowohl für die motorischen als für die sensiblen Nerven ungefähr gleich 33 m in der Secunde anzunehmen. Es ist wahrscheinlich, dass die Geschwindigkeit im Rückenmark geringer ist, und dass der Nervenimpuls sowohl beim Eintritt in dasselbe als auch beim Austritt, sowie beim Durchgang durch ein Ganglion<sup>1)</sup> eine Verzögerung erfährt. Bis auf weiteres können wir als Hypothese annehmen, dass, wenn eine Lichtreaction ausgeführt wird, welche 150  $\sigma$  dauert, 50  $\sigma$  dazu erforderlich sind, dass der Nervenimpuls von der Netzhaut zum Gehirn und vom Gehirn durch das Rückenmark zu den Muskeln der Hand gelangt. Wenn ein Froschmuskel durch einen Inductionsschlag gereizt wird, so liegt die Latenzzeit zwischen 5 und 10  $\sigma$ <sup>2)</sup>; die Zeit ist vielleicht eben so groß, wenn in den Handmuskeln durch einen Nervenimpuls eine Innervation hervorgeufen wird.

Es vergeht sicher auch eine Latenzzeit im Sinnesorgan, während der Reiz in einen Nervenimpuls verwandelt wird. Bei den sogenannten mechanischen Sinnen ist diese Zeit sehr kurz, wenn aber die Netzhaut durch einen Lichteindruck gereizt wird, so findet, wie man allgemein annimmt, ein chemischer Process statt, und dieser kann, namentlich bei schwachen Lichteindrücken, von ziemlich langer Dauer sein.<sup>3)</sup> Wir wissen, dass ein Lichteindruck eine beträchtliche Zeit auf die Netzhaut wirken muss, damit das Maximum von Intensität der Empfindung hervorgerufen wird; daraus lässt sich indess kein Schluss ziehen in Bezug auf die hier betrachtete Zeit. Ich habe gezeigt,<sup>4)</sup>

1) Exner, Pflüg. Arch. VIII., Arch. f. Anat. u. Physiol. 1877. François-Frank u. Pitres, Gazette Hebd. 1878. Wundt, Mechanik der Nerven 1876, II, 45.

2) Tigerstedt, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1885 und an den von ihm citirten Stellen.

3) v. Wittich, Zeitschr. f. rat. Med. XXXI, u. Exner, Pflüg. Arch. VII, fanden die Reactionszeit kürzer, wenn der Sehnerv durch einen elektrischen Strom, als wenn die Netzhaut durch Licht gereizt wurde. Die Differenz kann aber von anderen Factoren herrühren, welche eben so gut der Reactionszeit als der Latenzzeit im Sinnesorgan zuzurechnen sein können.

4) Philos. Stud. III, 4. — Brain XXI.

dass ein farbiges Licht von mäßiger Intensität  $0,6—2,75 \sigma$  (je nach der Farbe und je nach der Versuchsperson verschieden) auf die Netzhaut wirken muss, damit es erkannt werden kann, und weiter, dass diese Zeit in arithmetischer Reihe wächst, wenn die Intensität des Lichtes in geometrischer Reihe abnimmt. Die Zeit wird aber beträchtlich länger, wenn der Farbe ein weißes Licht folgt, da das zweite Licht, wie es scheint, den auf der Netzhaut bereits vorhandenen Eindruck verlöscht. Unter diesen Umständen musste ein violettes Licht  $12,5 \sigma$  auf die Netzhaut wirken, um erkennbar zu werden. Es ist also wahrscheinlich, dass innerhalb dieses Intervalls das Licht noch nicht in einen Nervenimpuls umgesetzt war. Diese Versuche scheinen uns daher eine Minimalzeit zu liefern. Die bekannten Versuche mit rotirenden Scheiben zeigen, dass Lichteindrücke von mäßiger Intensität gerade zusammenschmelzen, wenn sie einander in Intervallen von  $25 \sigma$  folgen. Es scheint also, dass in dem Zeitraume von  $25 \sigma$  die Netzhaut erregt wird und den normalen Zustand wieder anzunehmen beginnt. Wenn diese Annahme richtig ist, so wäre dies die Maximaldauer für die hier betrachtete Zeit. Wir wissen ziemlich sicher, dass die Zeit, welche vergeht, bis ein Lichtreiz in einen Nervenimpuls umgesetzt ist, sich in gleichem Sinne ändert mit der Intensität des Lichtes, und dürfen vielleicht annehmen, dass diese Zeit für Tageslicht, welches von einer weißen Fläche reflectirt wird,  $15—20 \sigma$  beträgt.

Diese Betrachtungen lassen uns vermuthen, dass bei einer Reaction auf Licht, wenigstens für geübte Versuchspersonen, nur etwa die Hälfte der ganzen Zeit, d. h.  $75 \sigma$ , zu den Vorgängen im Gehirn gebraucht wird. Wir fragen natürlich, was geschieht im Gehirn, nachdem der Nervenimpuls dort angekommen ist? Man hat gewöhnlich angenommen, dass der größte Theil der Reactionszeit in Anspruch genommen werde vom Apperceptions- und Willensprocess; ich glaube indess, dass diese Vorgänge, wenn sie überhaupt vorhanden sind, nur sehr kurz dauern. Apperception und Wollen sind, wie man annimmt, hervorgerufen durch Änderungen in der Großhirnrinde, dagegen können Reflexbewegungen, welche Sinnesreizen entsprechen, z. B. die Contraction der Pupille oder das Blinzeln, noch ausgeführt werden, wenn die Großhirnrinde weggenommen ist, und ein Thier kann in diesem Zustande Bewegungen ausführen, welche der Natur eines wirkenden Reizes entsprechen. Wirft man eine Taube, deren Großhirn

entfernt ist, in die Luft, so wird sie nicht nur fliegen, sondern auch Hindernisse vermeiden und in ganz natürlicher Weise wieder auf den Boden gelangen. Sie hat demnach Lichteindrücke, es scheinen ihr aber die Vorstellungen zu fehlen, entweder, weil sie Farbe und Gestalt nicht unterscheidet, oder weil ihr die Intelligenz fehlt, die Beschaffenheit derselben zu unterscheiden. In gleicher Weise kann wahrscheinlich eine Reaction der von uns betrachteten Art, sofern nur eine hinreichend lange Einübung vorausgegangen ist, ohne Betheiligung der Großhirnrinde ausgeführt werden, d. h. ohne Apperception und Willensprocess. Wenn eine Versuchsperson im Ausführen von Reactionen ungeübt ist (in diesem Falle ist die Reactionszeit in der Regel länger als 150  $\sigma$ ), so geht sehr wahrscheinlich die Willenszeit dem Wirken des Reizes voraus. Die Versuchsperson ruft dann durch eine willkürliche Anstrengung, deren Dauer bestimmt werden kann, in den Leitungsbahnen zwischen dem Centrum für einfache Lichtreac-tionen und dem Centrum für Zuordnung von Bewegungen, sowie in dem letzteren Centrum selbst einen Zustand labilen Gleichgewichts hervor. Wenn dann ein Nervenimpuls zu dem ersten dieser Centren gelangt, verursacht er Änderungen nach zwei Richtungen: ein Impuls geht zur Großhirnrinde und bringt dort eine Apperception hervor, welche dem Reiz entspricht, zu gleicher Zeit verfolgt ein zweiter Impuls einen Weg, auf welchem er wenig Widerstand findet, nach dem Centrum für Zuordnung von Bewegungen, und die zugehörige Nervenerregung, die schon vorbereitet ist und nur noch auf das Signal wartet, wird vom Centrum nach den Handmuskeln gesandt. Wird die Reaction oft gemacht, so wird der ganze Gehirnprocess automatisch, der Reiz schlägt von selbst den vorbereiteten Weg nach dem motorischen Centrum ein und löst den Bewegungsimpuls aus. <sup>1)</sup>

Ich komme nun zu den Resultaten meiner Versuche. Ich gebe

---

1) Diese Hypothese über die Natur der Reaction verliert nichts von ihrer Wahrscheinlichkeit, wenn wir annehmen, dass die Centra für Empfindung und Apperception nicht von einander verschieden sind, oder gar, dass bei der Reaction das Gehirn in irgend einer geheimnissvollen Weise »als Ganzes fungirt«. In dieser Ab-handlung nehme ich durchgängig an, dass psychische Zustände abhängig sind von Aenderungen im Gehirn. Wir wissen allerdings nur wenig über die Functionen des letzteren. Ich mache daher auch möglichst wenig Annahmen, und diese müssen bei der Betrachtung streng unterschieden werden von den positiven Resultaten, deren Veröffentlichung Zweck dieser Abhandlung ist.

hier nur die Werthe an, welche ich für *B.* (Dr. G. O. Berger) und *C.* (Verfasser dieser Abhandlung) erhalten habe; ähnliche Versuche habe ich gemacht mit anderen Personen von verschiedenem Alter, Geschlecht, verschiedener Beschäftigung u. s. w., aber diese Versuche können wohl besser betrachtet werden, nachdem wir die Resultate sorgfältiger und zahlreicher Beobachtungen mit geübten Personen kennen gelernt haben. Zunächst haben wir zu betrachten die einfache Reactionszeit für Lichteindrücke. War diese Zeit zu messen, und war alles vorbereitet, wie es im vorigen Abschnitt beschrieben ist, so fixirte der Reagirende den Punkt, an welchem das Licht zu erscheinen hatte. Der Ablesende setzte darauf das Uhrwerk in Bewegung und ließ ungefähr eine Secunde später mit Hülfe des Fallchronometers den Lichtreiz erscheinen. Der Reagirende hob die Hand so rasch als möglich, und die Zeigerstellungen vor und nach dem Versuch ergaben unmittelbar die Zeit zwischen dem Erscheinen des Lichtreizes und dem Beginn der Muskelcontraction. In keinem einzigen Falle, soweit ich mich erinnern kann, ergab sich eine vorzeitige Reaction. Die einzige Störung ging vom Chronoskop aus, wenn das Gangwerk von der vibrirenden Feder nicht richtig regulirt wurde. Wenn es der Ablesende rechtzeitig bemerkte, ließ er überhaupt keinen Lichtreiz wirken. Bemerkte diese gelegentliche Unordnung im Chronoskop jedesmal, so dass sie die Genauigkeit der gegebenen Zeiten nicht beeinträchtigen kann, aber der Reagirende wurde zuweilen dadurch gestört, so dass seine Reactionen in einzelnen Fällen vielleicht etwas unregelmäßiger geworden sind. Ueberall in dieser Abhandlung gebe ich die Resultate sämtlicher Reihen und sämtlicher Einzelreactionen an; außerdem füge ich dem Resultat jeder Reihe noch einen corrigirten Werth hinzu, den man nach der oben beschriebenen Methode erhält. Diese Correctur schließt alle abnormen Fälle aus. In den Tabellen gebe ich das in bekannter Weise berechnete Mittel aus den Abweichungen jeder einzelnen Reaction von dem Mittel der Reihe, welcher sie angehört (*V*).

Die in den Tabellen unter *R* gegebenen Mittel sind (wenn nicht ausdrücklich etwas anderes bemerkt ist) aus den 26 Versuchen, welche eine Reihe ausmachen, berechnet, die unter *R'* gegebenen Mittel aus den 20 Versuchen der corrigirten Reihen. Die Tabelle I gibt die Resultate von 20 Reihen einfacher Lichtreactionen, die in Pausen innerhalb sechs Monaten gemacht sind.

Tabelle I.

	B.				C.			
	R	V	R'	V'	R	V	R'	V'
12. I.	140	10	141	8	144	12	143	8
	145	10	143	6	136	9	138	5
16.	137	16	139	11	133	16	128	11
	156	10	155	7	147	15	150	11
30.	131	13	131	9	149	9	151	6
	152	13	149	9	143	11	143	9
27. II.	148	14	147	8	146	10	144	7
	160	13	162	8	144	9	144	6
28.	139	13	142	11	149	9	149	6
	161	15	163	9	146	9	146	5
	152	13	149	7	144	9	143	6
31. III.	164	14	164	8	163	9	163	6
	151	10	153	6	150	8	151	5
3. IV.	133	16	132	11	143	8	144	5
	157	9	159	6	138	11	136	7
4.	165	13	170	9	161	9	163	5
5.	144	13	147	9	147	9	148	6
7.	168	9	170	5	148	17	148	9
2. VII.	137	16	140	11	158	12	158	6
4.	152	13	155	9	140	14	145	9
M.	150	13	151	8	146	11	147	7

Die Tabelle zeigt, dass das Mittel aus 520 Reactionen auf Tageslicht, welches von einer weißen Fläche reflectirt wird, für *B.* 150, für *C.* 146  $\sigma$  beträgt, oder, wenn die Reihen nach der beschriebenen Methode corrigirt sind, für beide um 1  $\sigma$  größer wird. Das Gesamtmittel aus den mittleren Variationen der einzelnen Reihen war für *B.* 13, für *C.* 11  $\sigma$  und wurde in den corrigirten Reihen resp. 8 und 7  $\sigma$ . Man wird aus der Tabelle ersehen, dass die zu verschiedenen Zeiten gemachten Reihen nur unbedeutend von einander abweichen; die mittlere Variation der Resultate der 20 Reihen ist für *B.* 9, für *C.* 5  $\sigma$ . Die Reactionszeit geübter Versuchspersonen ist also eine ganz constante Größe; nehmen wir irgend eine Reaction, so ist sie kaum um eine Hundertstel Secunde verschieden von der vorhergehenden und folgenden und um weniger als zwei Hundertstel Secunden von den Reactionen, welche an anderen Tagen und unter anderen Umständen gemacht sind. Dennoch lege ich auf die dritte Decimalstelle nicht

viel Gewicht; wenn die vorliegende Untersuchung zu wiederholen wäre, würden wir wahrscheinlich nicht bis auf eine Tausendstel Sekunde genau dieselben Resultate erhalten. Wenn also z. B. *B.*'s Reactionszeit für Licht als 150  $\sigma$  angegeben wird, so meine ich nur, dass dies das Resultat dieser 520 Reactionsversuche war; wenn wir sie mit anderen Werthen zu vergleichen haben und die absolute Länge von *B.*'s Reactionszeit angeben wollen, so beschränken wir uns daher am besten darauf zu sagen, dass sie 0.15" beträgt, oder vielleicht noch besser, dass sie zwischen 0.14" und 0.16" liegt.

In den angeführten Versuchen wurde die Reaction mit der rechten Hand ausgeführt. Die Zeit ist dieselbe für die linke Hand.<sup>1)</sup> Ich gebe in Tabelle II das Mittel aus 5 Reihen (150 Reactionen), die mit der linken Hand auf Licht und in gleicher Weise auf Schall<sup>2)</sup> ausgeführt sind.

Tabelle II.<sup>3)</sup>

		<i>B.</i>				<i>C.</i>			
		<i>R</i>	<i>V</i>	<i>R'</i>	<i>V'</i>	<i>R</i>	<i>V</i>	<i>R'</i>	<i>V'</i>
Licht	3.—7. IV.	153	12	156	8	147	11	148	6
Schall	3.—7. IV.	126	8	126	6	122	11	122	7

Es ist, wie die späteren Abschnitte dieser Abhandlung zeigen werden, für uns von großem Interesse, dass die Zeit länger ist, wenn die Reaction mit den Sprachorganen ausgeführt wird. Um diese Zeit zu bestimmen, benutzte ich die beiden obengenannten Schlüssel, den Lippen- und Schallschlüssel. In beiden Fällen sagte der Reagi-

1) Tischer, Philos. Stud. I, 534. — Merkel, ebda. II, 88. Die von Hall und Hartwell erhaltenen Resultate (Mind. 1883) sind wahrscheinlich unrichtig; sie scheinen die Arbeiten von Tischer und Merkel nicht gekannt zu haben.

2) Der Schall wurde (wie in allen Fällen, wo die Reactionszeit für Schall zu messen war) hervorgebracht durch eine Steinkugel von 22 g Gewicht, welche aus einer Höhe von 23 cm auf die hölzerne Basis des Hipp'schen Fallapparates auffiel.

3) Der Raumersparniss wegen gebe ich in dieser, wie in einigen anderen Tabellen, nur das Gesamtmittel aus den mittleren Variationen der einzelnen Reihen (M. V.).

rende so rasch als möglich nach dem Erscheinen des Lichtes »Jetzt!« und diese Bewegung der Sprachorgane brachte die Zeiger des Chronoskops in früher beschriebener Weise zum Stillstehen. Die Resultate dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle angegeben. Sie zeigt, dass es ungefähr 30  $\sigma$  mehr erfordert, die Reaction mit den Sprachorganen anstatt mit der Hand auszuführen.

Tabelle III.

	Schallschlüssel				Lippenschlüssel			
	B.		C.		B.		C.	
	R	R'	R	R'	R	R'	R	R'
1885								
3. IV.	164	167	177	176	199	199	172	171
	161	159	165	165	185	187	173	173
5. IV.	175	176	175	176	199	201	172	173
	170	168	175	172	189	186	177	177
7. IV.	168	168	157	159	166	165	185	176
M.	168	168	170	170	188	188	176	174
M. V.	19	10	16	10	11	6	13	8

Außer diesen beiden benutzte ich noch eine andere Methode, um die Dauer der Reaction mit den Sprachorganen zu bestimmen. Der Reagirende sagte nach dem Erscheinen des Lichtes so rasch als möglich »Jetzt!«; ein zweiter Reagirender öffnete, sobald er diesen Schall hörte, den Telegraphenschlüssel und brachte dadurch die Zeiger des Chronoskops zum Stillstehen. Die Uhr zeigte demnach eine doppelte Reactionszeit an, die des ersten Reagirenden mit den Sprachorganen auf Licht und die des zweiten Reagirenden mit der Hand auf Schall. Diese zweite Zeit können wir bestimmen; ziehen wir dieselbe von der ganzen Zeit ab, so erhalten wir die Reactionszeit für die Sprachorgane des ersten Reagirenden. Nimmt man das Mittel aus mehreren Reihen, so wird der Fehler sehr klein. Einer weiteren Anwendung dieser Methode werden wir weiter unten begegnen. Für den gegenwärtigen Zweck wurde sie größtentheils ersetzt durch den Gebrauch des Lippen-

und Schallschlüssels; es stellen sich indess bei Anwendung dieser Instrumente einige Schwierigkeiten ein, vorzüglich wenn man es mit ungeübten Personen, z. B. Kindern oder Wahnsinnigen, zu thun hat. Die dritte Methode könnte ferner angewandt werden, um die Dauer der Reaction und ähnlicher Vorgänge bei Thieren zu bestimmen, und ebenso um die Dauer gewisser reflexer Vorgänge zu messen, bei denen die Bewegung schwer zu registriren ist. Ich gebe in Tab. IV die Resultate von 4 Reihen von Reactionen, die auf diese Weise angestellt sind, und bei denen Herr H. Wolfe die Schallreactionen ausführte.

Tabelle IV.

	B.				C.			
	R	V	R'	V'	R	V	R'	V'
7. I.	349	30	346	20	328	32	321	17
	330	37	332	23	327	24	326	14
30.	380	30	372	20	392	27	392	18
	357	32	349	19	393	25	393	16
M.	354	32	350	20	360	27	358	16

Wolfe's Reactionszeit für Schall betrug ungefähr 150  $\sigma$ . Die am 30. Januar gemachten Reihen scheinen etwas lange Zeiten ergeben zu haben, die übrigen entsprechen dem Fall, wo die Bewegung der Sprachorgane direct registriert wurde. Die Länge der Reactionszeit hängt von Bedingungen ab, die man in zwei Classen theilen kann, je nachdem sie sich auf den Sinnenreiz oder auf die reagirende Person beziehen. Bei den vorliegenden Versuchen war es eher meine Aufgabe, diese Fehlerquellen zu vermeiden als sie zu untersuchen. Ich benutzte daher immer dieselben Reize und immer dieselben Versuchspersonen. Die einzige variable Bedingung war der veränderliche Zustand der Versuchsperson, der im Wesentlichen abhing von den verschiedenen Graden der Aufmerksamkeit, Ermüdung und Uebung. Es erschien wünschenswerth, diese Bedingungen gründlich zu untersuchen, einmal weil sie Licht werfen auf die Natur der Gehirnprocesse, und zweitens weil wir, um die Genauigkeit unserer Resultate beurtheilen zu können, erst wissen müssen, welchen Einfluss jene Bedingungen auf die Dauer

der untersuchten Prozesse ausüben. Die eingehende Betrachtung dieses Gegenstandes kann ich am besten bis an das Ende der Abhandlung verschieben, es wird jedoch vortheilhaft sein, bevor wir weiter gehen, erst die Beziehung der Aufmerksamkeit zur Länge der Reactionszeit zu betrachten. Man hat gewöhnlich angenommen, dass die Länge der Reactionszeit von den verschiedenen Graden von Aufmerksamkeit in hohem Maße abhängig sei, und diese Annahme ist ganz natürlich, wenn der größte Theil der ganzen Reactionszeit von dem Apperceptions- und Willensprocesse in Anspruch genommen wird. Ist dagegen die Reaction durch Uebung automatisch geworden, so kann die Dauer nur wenig abhängig sein von der Anspannung der Aufmerksamkeit während der Reaction. Die Reactionszeit würde indess verlängert werden, wenn die Bedingungen derartig wären, dass sie es der Versuchsperson erschwerten, die Leitungsbahn und das motorische Centrum in Bereitschaft zu halten. Das einfachste Mittel, die Aufmerksamkeit abzulenken, besteht darin, dass man einen Schall hervorbringt, während die Reactionen zu machen sind. Ich ließ drei Metronome rasch schlagen und klingeln. Die Resultate der unter diesen Umständen angeordneten Versuche mit Licht und Schall sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Tabelle V.

	Licht				Schall			
	B.		C.		B.		C.	
	R	R'	R	R'	R	R'	R	R'
2. IV.	149	150	162	159	122	120	121	118
3.	159	159	146	147	124	127	120	119
	152	152	144	142	126	124	128	127
4.	146	148	162	161	132	131	137	138
5.	155	155	168	170	119	119	125	124
M.	152	153	156	156	125	124	126	125
M. V.	8	5	10	6	10	6	10	6

Vergleicht man diese Resultate mit den in Tab. I angegebenen, so sieht man, dass die Reactionszeit für Licht bei B. um 2, bei C. um 10  $\sigma$  länger geworden ist. Diese Zuwüchse sind sehr unbedeutend;

bei *B.* liegen sie innerhalb der Grenzen der natürlichen Variation. Die Reactionszeit für Schall war dieselbe, als wäre das störende Geräusch nicht da. *Wundt*<sup>1)</sup> fand, dass die Reactionszeit durch ein störendes Geräusch beträchtlich verlängert wurde; das lag wahrscheinlich daran, dass die Versuchspersonen noch nicht dazu gelangt waren, die Reaction automatisch zu machen. Außerdem wurde die Zwischenzeit zwischen dem vorbereitenden Signal und dem Reiz nicht annähernd constant gehalten, wie es in unseren Versuchen der Fall war. Die Versuche von *Obersteiner*<sup>2)</sup> sind nicht derart ausgeführt, dass sie genaue Resultate ergeben konnten.

Die Aufmerksamkeit kann noch mehr abgelenkt werden, wenn dem Gehirn, während die Reactionen zu machen sind, irgend eine andere Beschäftigung aufgetragen wird. Ein gutes Mittel, dies zu erreichen, besteht darin, dass man den Reagirenden möglichst rasch von irgend einer Anfangszahl ausgehend immer wieder 17 addiren lässt. Andererseits kann die Aufmerksamkeit in hohem Grade angespannt werden durch eine wirkliche Anstrengung von Seiten der Versuchsperson. Viele Experimentatoren scheinen das bei allen ihren Versuchen angestrebt zu haben; *Exner* z. B. sagt<sup>3)</sup>, dass er vor Anstrengung geschwitzt, obgleich er ruhig auf seinem Stuhl gesessen habe. Bei meinen Versuchen wurde die Aufmerksamkeit in einem Zustand gehalten, welchen ich normal nennen werde; die Versuchsperson erwartete den Reiz und reagierte auf denselben, aber strengte ihre Aufmerksamkeit nicht an und beeilte sich nicht besonders. Wir unterscheiden demnach drei Grade von Aufmerksamkeit und bezeichnen sie als gespannt, normal und abgelenkt.

Die ersten Versuche über diesen Gegenstand wurden im Winter 1883—84 gemacht, bevor das Chronoskop richtig controlirt war; die absoluten Zeiten mögen also um ungefähr 10  $\sigma$  zu groß oder zu klein sein, die relativen Zeiten sind aber richtig. Als Reize dienten das elektrische Licht einer *Puluj'schen* Röhre und ein Inductionsschlag von mäßiger Stärke auf den linken Unterarm. Bei diesen Versuchen wurden 15 Reactionen in einer Reihe ausgeführt und bei den corri-

---

1) *Physiol. Psych.* II, 243.

2) *Brain* 1879.

3) *Hermann's Hdb. d. Physiol.* 2. Bd. II, 287.

girten Reihen 5 weggelassen. Die Zahlen in der Tabelle sind Mittel aus 10 Reihen.

Tabelle VI.

gespannt				normal				abgelenkt			
<i>R</i>	<i>V</i>	<i>R'</i>	<i>V'</i>	<i>R</i>	<i>V</i>	<i>R'</i>	<i>V'</i>	<i>R</i>	<i>V</i>	<i>R'</i>	<i>V'</i>
12.—25. II. 1884.				<i>B.</i>				Licht			
189	15	187	8	201	17	197	9	245	28	242	13
<i>C.</i>											
158	17	156	10	132	16	133	9	153	19	151	10
27. II.—6. III. 1884				<i>B.</i>				Elektrischer Reiz			
160	13	161	7	165	12	164	7	190	16	189	9
<i>C.</i>											
147	14	147	8	150	15	150	9	184	21	184	11

Aehnliche Versuche wurden 1885 angestellt; als Reize dienten Tageslicht und Schall. Die in der folgenden Tabelle angegebenen Zeiten sind wie gewöhnlich aus 26 Reactionen genommen.

Tabelle VII.

	gespannt				normal				abgelenkt			
	<i>R</i>	<i>V</i>	<i>R'</i>	<i>V'</i>	<i>R</i>	<i>V</i>	<i>R'</i>	<i>V'</i>	<i>R</i>	<i>V</i>	<i>R'</i>	<i>V'</i>
					<i>B.</i>				Licht			
27. II.	144	16	147	7	148	14	147	8	196	26	185	12
	131	11	130	8	160	13	162	8	186	26	183	19
28. II.	141	10	143	7	139	13	142	11	178	15	180	11
	137	8	139	4	161	15	163	9	179	16	179	10
	143	8	144	6	152	13	149	7	194	14	190	9
M.	139	11	141	6	152	14	153	9	187	19	183	12

	gespannt				normal				abgelenkt			
	R	V	R'	V'	R	V	R'	V'	R	V	R'	V'
	<i>C.</i>											
27. II.	149	13	150	9	146	10	144	7	166	12	167	7
	149	7	150	4	144	9	144	6	154	16	156	11
28. II.	146	8	144	5	149	9	149	6	157	13	159	8
	146	12	144	8	146	9	146	5	154	9	155	6
	140	8	139	5	144	9	143	6	163	14	160	9
M.	146	10	145	6	146	9	145	6	159	13	159	8
	<i>B. Schall</i>											
2. II.	132	7	132	5	157	11	157	8	193	26	189	13
	129	6	129	5	158	19	149	8	188	28	191	19
3. II.	127	14	129	4	155	14	152	7	174	12	173	8
	123	9	122	6	147	10	145	6	169	24	163	17
4. II.	127	7	126	5	138	9	139	6	188	24	183	17
M.	128	9	128	5	151	12	148	7	182	23	180	15
	<i>C.</i>											
2. II.	129	12	126	8	145	10	140	6	166	18	162	12
	135	11	135	8	133	12	132	9	156	19	148	14
3. II.	125	12	127	6	141	11	140	8	158	15	161	9
	123	12	123	8	142	11	139	6	155	17	155	12
4. II.	131	11	126	8	136	10	133	5	157	15	153	9
M.	129	11	128	8	139	11	137	7	159	17	156	11

Ich stelle die Resultate dieser Versuche in der folgenden Tabelle noch einmal zusammen, indem ich die bei normaler Aufmerksamkeit gefundenen Zeiten gleich 0 setze.

Tabelle VIII.

Aufmerksamkeit	<i>B.</i>		<i>C.</i>	
	gesp.	abgel.	gesp.	abgel.
Elektrisches Licht	- 12	+ 44	+ 26	+ 21
Inductionsschlag	- 5	+ 25	- 3	+ 34
Tageslicht	- 13	+ 35	0	+ 13
Schall	- 23	+ 31	- 10	+ 20
M.	- 13	+ 34	+ 3	+ 22

Man sieht, dass, wenn das Gehirn anderweitig in Anspruch genommen ist, die Reactionszeit verlängert wird, wenn auch nicht bedeutend. Auf der anderen Seite ist die Zeit nur wenig kürzer, wenn die Versuchsperson sich sehr anstrengt, schnell zu reagiren, als wenn sie die Reaction bequem und natürlich ausführt. Diese Versuche unterstützen die Hypothese, dass die eingeübte Reaction ein automatischer Vorgang ist, welcher die Thätigkeit der Großhirnrinde nur in soweit in Anspruch nimmt, als dieselbe die Bewegung vorbereitet: Ein Nebengeräusch verursachte weder bei *B.* noch bei *C.* eine Störung, indem dasselbe offenbar nicht hinderte, die Theile des Gehirns, welche bei einer Reaction betheiligt sind, in Bereitschaft zu setzen. Wenn dagegen das Gehirn damit beschäftigt war, von einer Zahl aus immer wieder 17 zu addiren, so vermochte es die niederen Centra nicht so gut in Bereitschaft zu setzen, und die Reactionszeit wurde verlängert. Andererseits konnte eine besonders starke Anspannung des Willens die Reactionszeit nur wenig verkürzen, da sich die Leitungsbahn und das motorische Centrum auch ohne solche Anspannung schon im Zustande labilen Gleichgewichts befanden.

Es gibt noch einen anderen Weg, um die Aufmerksamkeit abzulenken. Bei der Bestimmung der Dauer normaler Reactionen folgte der Reiz ungefähr eine Secunde nach dem Signal, so dass sich die Gehirntheile in einen Zustand vollständiger Bereitschaft zu versetzen vermochten. Man könnte nun erwarten, dass wir nicht im Stande wären, diese Theile sehr lange im Zustande labilen Gleichgewichts zu erhalten, und die Versuche zeigen, dass diese Annahme in der That richtig ist. Anstatt den Reiz immer  $\frac{3}{4}$ — $\frac{5}{4}$ " nach dem Signal wirken zu lassen, ließ ich die Pausen bis zu 2" dauern und erhielt so die Resultate, welche die folgende Tabelle enthält.

Tabelle IX.

	<i>B.</i>				<i>C.</i>			
	<i>R</i>	<i>V</i>	<i>R'</i>	<i>V'</i>	<i>R</i>	<i>V</i>	<i>R'</i>	<i>V'</i>
27. II.	148	10	149	7	155	9	155	5
	136	9	139	6	147	11	148	6
28.	139	9	139	6	143	12	142	6
	156	10	154	6	157	11	158	7
4. IV.	146	16	145	10	162	12	159	8
M.	145	11	145	7	153	11	152	6

Die Zahlen zeigen, dass die Aufmerksamkeit, d. h. die Centra, welche in einen Zustand labilen Gleichgewichts versetzt sind, ungefähr 1" lang in Spannung gehalten werden können. *B.*'s Zeit ist ein wenig kürzer als normal; das rührt wahrscheinlich daher, dass er seine Aufmerksamkeit mehr anspannte und trotz des größeren Intervalls die Centra genauer im Zustand labilen Gleichgewichts hielt. Andererseits ist *C.*'s Zeit ein wenig länger, da die Anspannung der Aufmerksamkeit seine Zeiten nicht verkürzte, aber die längeren Pausen das Maximum der Bereitschaft beeinträchtigten. In gleicher Weise wurden die Pausen zwischen Signal und Reiz von dem Ablesenden beliebig zwischen normal und 15" variirt. Derartige Versuche wurden sowohl mit Licht als mit Schall angestellt.

Tabelle X.

	Licht				Schall			
	<i>B.</i>		<i>C.</i>		<i>B.</i>		<i>C.</i>	
	<i>R</i>	<i>R'</i>	<i>R</i>	<i>R'</i>	<i>R</i>	<i>R'</i>	<i>R</i>	<i>R'</i>
27. II.	200	198	170	168	184	173	174	169
28. II.	204	196	164	164	176	173	167	166
	168	161			168	164	154	147
4. IV.	159	158	184	181	171	171	173	166
5. IV.	178	174	174	176	158	159	170	166
<b>M.</b>	182	177	173	172	171	168	168	163
<b>M. V.</b>	22	14	16	11	23	13	22	13

Man sieht, dass die Zeiten bedeutend länger sind als die normalen; ebenso ist die mittlere Variation größer<sup>1)</sup>. Die ersten Reihen von *B.* ergaben besonders lange Zeiten; später lernte er sich den Bedingungen besser anzupassen. Alle diese Versuche zeigen, dass bei *C.* die Reac-

1) In zwei Fällen erhielt ich bei *B.*'s Reactionen auf Schall bemerkenswerthe Resultate. Ich ließ gegen das Ende der Reihen das Intervall zwischen Signal und Reiz regelmäßig und normal werden. *B.* merkte nicht, dass irgend eine Aenderung im Verfahren eingetreten war, aber seine Reactionszeit wurde nach den ersten zwei Versuchen um 40  $\sigma$  kürzer. Die in Betracht kommenden Gehirntheile waren also ohne dass er sich dessen bewusst wurde, in den gewöhnlichen höchsten Grad von labilem Gleichgewicht versetzt worden.

tion wahrscheinlich mehr automatisch geschieht als bei *B.* Gegen meine Erwartung scheint die Reaction auf Schall durch Ablenkung der Aufmerksamkeit mehr verlängert zu werden als die auf Licht, obwohl es doch weniger Anstrengung erfordert auf Schall zu reagiren (die Reaction scheint vielmehr ganz von selbst zu erfolgen), und obwohl wir wissen, dass es leicht ist, nach tactmäßigen Schalleindrücken Bewegungen auszuführen.

Ich machte weitere Versuchsreihen, bei denen wie gewöhnlich »Jetzt!« gesagt und das Chronoskop in Gang versetzt, aber der Lichtreiz nur in der Hälfte der Fälle hervorgebracht wurde. Dabei leitete mich der Gedanke, dass die Versuchsperson ihre Gehirncentra nicht in den höchsten Grad labilen Gleichgewichts versetzen könnte, weil sonst der Bewegungsimpuls auch in den Fällen abgesandt werden würde, wo kein Reiz hervorgebracht worden war. Die in der Tabelle gegebenen Mittel sind aus 13 resp. 10 Versuchen genommen, da nur bei der Hälfte der Versuche Zeiten gemessen wurden. Die hier hervorgebrachte Verzögerung ist verwandt mit der später zu betrachtenden Willenszeit.

Tabelle XI.

	<i>B.</i>				<i>C.</i>			
	<i>R</i>	<i>V</i>	<i>R'</i>	<i>V'</i>	<i>R</i>	<i>V</i>	<i>R'</i>	<i>V'</i>
27. II.	153	18	147	10	174	22	165	8
	148	10	148	6	166	18	160	8
28.	154	23	148	15	142	6	143	5
	165	20	157	10	154	12	156	6
	157	9	156	7	153	12	150	8
M.	155	16	151	10	158	14	155	7

Aus allen diesen Versuchen erkennen wir, dass gewöhnliche Grade von Aufmerksamkeit auf die Länge der Reactionszeit nur wenig Einfluss haben<sup>1) 2)</sup>. Wir finden weiter Gründe, welche für unsere An-

1) G. Stanley Hall (Mind. No. XXX) maß die Reactionszeit zweier Personen in hypnotischem Zustande und fand, dass die eine längere, die andere kürzere Zeiten ergab als in normalem Zustande. Er nahm an, dass der Fall, in welchem die Zeiten kürzer waren, der typische wäre; da er weiter annimmt, »dass der beste Weg, die

nahme sprechen, dass, längere Uebung und annähernde Constanz der Zwischenzeit zwischen Vorbereitung und Reiz vorausgesetzt, Apperceptions- und Willensprocesse in der Reactionszeit nicht mehr enthalten sind. Es ist also nicht nothwendig, den Reiz wahrzunehmen, damit das motorische Centrum erregt werden kann, und der Willensact geht in diesem Falle bereits vor sich, ehe der Reiz ankommt, und besteht darin, dass er die in Betracht kommenden Theile des Gehirns in Bereitschaft setzt.

---

Reactionszeit kleiner zu machen, in einer starken Anspannung der Aufmerksamkeit bestehe, scheint er von der Ansicht auszugehen, als ob die kürzeren Zeiten, welche die Versuchsperson in hypnotischem Zustande lieferte, ein Beweis dafür wären, dass dieser Zustand auf größerer Anspannung der Aufmerksamkeit beruhe. Die Schlüsse, welche man aus den Versuchen ziehen sollte, sprechen aber gerade für das Gegentheil. Die Person lieferte in normalem Zustande außergewöhnlich lange Zeiten (338  $\sigma$ ); sie empfand also vielleicht erst den elektrischen Schlag und führte darauf die Bewegung durch einen willkürlichen Act aus. Wenn sie hypnotisirt war, war ihre Intelligenz mehr oder weniger paralsirt und die (immer noch lange) Reaction wurde mehr automatisch. Die Versuche mit dieser einen Person dienen also gerade dazu, die Annahme von Bain und Hammond zu unterstützen, dass im hypnotischen Zustande die Thätigkeit der Großhirnrinde aufgehoben sei, während Prof. Hall umgekehrt sagt, dass sie diese Theorie »sicherlich nicht unterstützten«.

2) Ich glaube, dass oft Unregelmäßigkeiten in den Apparaten auf Rechnung der Aufmerksamkeit gesetzt worden sind.

(Fortsetzung folgt im nächsten Heft.)

---

