



Versuche  
über die  
Ablenkung der Aufmerksamkeit.

Von

**Arved Bertels.**

*(Mit 1 lith. Tafel.)*

Dorpat.

Druck von H. Laakmann's Buch- und Steindruckerei.

1889.



M2017

# Versuche

über die

# Ablenkung der Aufmerksamkeit.

---

## Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines

## Doctors der Medicin

verfasst und mit Bewilligung

Einer Hochverordneten medicinischen Facultät der Kaiserl.  
Universität zu Dorpat

zur öffentlichen Vertheidigung bestimmt

von

**Arved Bertels,**

Rigenser.

(Mit 1 lith. Tafel.)

---

Ordentliche Opponenten:

Dr. H. Dehio. — Prof. Dr. K. Dehio. — Prof. Dr. R. Thoma.

---

Dorpat.

Druck von H. Laakmann's Buch- und Steindruckerei.

1889.

Von

Dr. med.

# Ableitung der Aufmerksamkeit

Inaugural-Dissertation

von Dr. med. A. H. Kraepelin

Doctore der Medizin

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät.

Dorpat, den 26. Mai 1889.

Referent: Professor Dr. E. Kraepelin.

Nr. 219.

Decan: Dragendorff.

Universitäts-Buchdruckerei

in Dorpat

Verlag

Dr. med. A. H. Kraepelin

Orthopädische Operationen

von Dr. med. A. H. Kraepelin

Dorpat

1889

Beim Abschlusse meiner Universitätsstudien  
drängt es mich, allen meinen hochverehrten Lehrern  
an hiesiger Hochschule meinen wärmsten Dank dar-  
zubringen.

## Meinen Eltern

IN LIEBE UND DANKBARKEIT

Desgleichen danke ich auch herzlichst Herrn  
Prof. Arthur von Oettingen und dessen Assisten-  
ten Herrn cand. phys. gewidmet. Wegen für die Liebens-  
würdigkeit, mit der sie mich bei dem physikalischen  
Theil meiner Arbeit unterstützt haben.



Beim Abschlusse meiner Universitätsstudien drängt es mich, allen meinen hochverehrten Lehrern an hiesiger Hochschule meinen wärmsten Dank darzubringen

Insbesondere gilt derselbe Herrn Prof. Kraepelin, unter dessen Leitung ich vorliegende Arbeit ausgeführt habe.

Desgleichen danke ich auch herzlichst Herrn Prof. Arthur von Oettingen und dessen Assistenten Herrn cand. phys. Heerwagen für die Liebenswürdigkeit, mit der sie mich bei dem physikalischen Theil meiner Arbeit unterstützt haben.



## Einleitung.

Die Erfahrung lehrt, dass die Aufmerksamkeit sich um so mehr auf einen Punkt concentriren kann, je weniger sie von anderen Dingen in Anspruch genommen wird, und bei der Wichtigkeit, welche das Spiel der Aufmerksamkeit für viele psychologische Vorgänge hat, liegt es nahe, die dabei obwaltenden näheren Verhältnisse einer experimentellen Prüfung zu unterziehen.

Versuche über die Ablenkung der Aufmerksamkeit liegen schon mehrfach vor: Wundt<sup>1)</sup>, Obersteiner<sup>2)</sup> und Buccola<sup>3)</sup> haben übereinstimmend gefunden, dass die einfachen Reactionszeiten und deren mittlere Variation bei abgelenkter Aufmerksamkeit grösser werden; dass Cattell<sup>4)</sup> bei ähnlichen Versuchen mit verkürzter Reactionszeit negative Resultate erhielt, ist für Wundt „ein abermaliger Beweis, dass die verkürzte oder muskuläre Reactionsform ein rein

---

1) Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie. Leipzig, 1887. II. S. 292

2) Brain, I, 1879, S. 439.

3) Die Originalarbeit liegt mir nicht vor; ich entnehme diese Angabe aus: Kräpelin, über die Dauer einfacher psychischer Vorgänge. Biologisches Centralblatt, I, S. 21.

4) Psychometrische Untersuchungen. Philosophische Studien herausgegeben von Wundt. III, 1886 S. 328.

automatischer Vorgang ist;“ jedenfalls widersprechen C a t t e l l's Versuchsergebnisse durchaus nicht den vorhin erwähnten.

B o a s<sup>1)</sup> hat nachgewiesen, dass die Unterschiedsempfindlichkeit des Augenmasses durch die Ablenkung der Aufmerksamkeit sinkt.

In allen diesen Versuchen ist der Effect der Ablenkung quantitativ bestimmbar durch die Vergrösserung der Reactionszeiten und der mittleren Variation derselben, resp. durch die Herabsetzung der Unterschiedsempfindlichkeit, die Grösse des ablenkenden Factors dagegen theils nach der Natur der angewandten Methoden unbestimmbar, wo die Musik einer Spieldose, ein leise geführtes Gespräch und Aehnliches als ablenkendes Mittel angewandt wurde, theils wenigstens nicht bestimmt worden, wie bei W u n d t, der ein dauerndes Geräusch und in anderen Versuchen einen momentanen Stimmgabelton als ablenkenden Reiz benutzte.

Ferner hat L e i t z m a n n<sup>2)</sup> Mittheilungen über Störungerscheinungen bei astronomischen Beobachtungen gemacht: doch sind in dem von ihm mitgetheilten Material die Verhältnisse so complicirt, dass sich überhaupt schwer Schlüsse aus ihnen ziehen lassen.

Auf die Aufforderung des Herrn Prof. K r ä p e l i n unternahm ich es, Versuche über die Ablenkung der Aufmerksamkeit anzustellen, wobei aber eine Messung auch des ablenkenden Factors stattfinden sollte, um auf diese Weise gesetzliche Beziehungen aufzufinden zwischen der physicalischen Ursache, wie sie der ablenkende Factor dar-

1) Ueber eine neue Form des Gesetzes der Unterschiedsschwelle. Pflügers Archiv XXVI, 1881, S. 493.

2) Ueber Störungerscheinungen bei astronomischen Beobachtungen. Philosophische Studien. Bd. V, 1889.

stellt und deren psychischer Wirkung, nämlich der Ablenkung der Aufmerksamkeit.

Bei allen früheren Versuchen war es in erster Linie nicht darauf angekommen, einen Massstab für die jeweilige Aufmerksamkeitsspannung und dadurch auch für die Grösse der Ablenkung zu haben, sondern man wollte nur untersuchen, wie sich die Reactionszeiten und die Unterschiedsempfindlichkeit unter verschiedenen Verhältnissen ändern, bei meinen Versuchen war jener Punkt gerade die Hauptsache, alles Andere nur Mittel zum Zweck, und ich wählte natürlich die einfachsten Mittel, die mir zu Gebote standen; solche sind aber die Messung der Reactionszeiten und der Unterschiedsempfindlichkeit nicht, sondern ein in der Ausführung der Versuche und in der Berechnung weit leichter zum Ziele führendes Mass ist die Reizschwelle.

Ein Reiz muss natürlich, um den Schwellenwerth zu erreichen, desto grösser sein, je geringer die auf ihn gerichtete Aufmerksamkeitsspannung ist, man kann also die Reizschwelle als Mass der auf den fraglichen Reiz gerichteten Aufmerksamkeit benutzen, indem man die letztere der ersteren umgekehrt proportional setzt; die verschiedene Grösse der Aufmerksamkeit aber gewährt uns wiederum ein Mass für den Grad der Ablenkung.

Um nun auch den ablenkenden Factor in messbarer Weise variiren zu können, musste ein einfacher, physicalischen Messungen leicht zugänglicher Sinnesreiz angewandt werden, und zwar wurde ein solcher von momentaner Wirkung benutzt, welcher in verschieden grossen Intervallen dem zur Prüfung der Aufmerksamkeit dienenden Reiz, den wir kurz Prüfungsreiz nennen wollen, voranging; auf diese Weise konnte die Abhängigkeit der ablenkenden Wirkung auch von

der Grösse des Intervalles, das zwischen Ablenkungs- und Prüfungsreiz lag, festgestellt werden.

Es wird voraussichtlich nicht belanglos sein, auf welchen Sinn Ablenkungs- und Prüfungsreiz einwirken, wofür auch Wundt's Versuche sprechen, und daher gehört zu einer einigermaßen vollständigen Untersuchung unseres Problemes eine Untersuchung der berührten Verhältnisse auf möglichst vielen Sinnesgebieten, namentlich auch mit solchen Combinationen, in denen der Ablenkungsreiz auf den einen, der Prüfungsreiz auf den anderen Sinn wirkt.

Unsere ganze Frage nach der Abhängigkeit der ablenkenden Wirkung von der Grösse des ablenkenden Factors zerfällt somit in folgende Einzelfragen:

1. Wie ändert sich die ablenkende Wirkung mit der Intensität des ablenkenden Reizes?
2. Wie mit dem Intervall zwischen Prüfungs- und Ablenkungsreiz?
3. Wie mit der Qualität des Ablenkungs- und Prüfungsreizes?

Leider erlaubte meine Zeit es mir nur, die zweite Frage zu untersuchen, während die Beantwortung der übrigen zwar auch vorbereitet wurde, aber schliesslich doch unterbleiben musste.

Dasjenige Sinnesorgan, auf das sowohl Prüfungs- als auch Ablenkungsreiz einwirkten, war das Auge und zwar musste zur Vermeidung von Blendungserscheinungen und etwaigen anderen peripheren Einflüssen der Prüfungsreiz auf das eine (linke), der Ablenkungsreiz auf das andere Auge applicirt werden.

Da ich eine Bestimmung der Reizschwelle für den Lichtsinn (eigentlich der Unterschiedschwelle gegen das

Augenschwarz) ohnehin vornehmen musste, auch eine photometrische Bestimmung derselben wünschenswerth war, um das Verhältniss der Stärke des Ablenkungsreizes zum Schwellenwerth festzustellen, so werde ich auch auf die Schwellenwerthbestimmung als solche zurückkommen.

Ich bemerke hier noch, dass ich mich beim Citiren folgender Abkürzungen bedienen werde:

„El.“ für: „F e c h n e r, Elemente der Psychophysik, Leipzig 1860.“

„Ps.“ für: „W u n d t, Grundzüge der Physiologischen Psychologie. 3. Aufl. Leipzig 1887.“

„St.“ für: „Philosophische Studien, herausgegeben von Wundt. Leipzig 1886—1889.“

## Beschreibung der Apparate.

Zur Erfüllung meiner Aufgabe bedurfte ich vor allen Dingen einer möglichst constanten Lichtquelle, die als Prüfungsreiz dienen sollte; ich benutzte zu diesem Zwecke die Gasflamme eines Argand-Brenners ( $B_1$  in Fig. 1. der beigegebenen Tafel), welcher auf eine Gasuhr aufgeschraubt war, sodass die Gasmenge, die in einer bestimmten Zeit verbrannt war, an dem Zifferblatt der Gasuhr abgelesen werden konnte. An der Röhre, die die Gasuhr mit dem Brenner verband, war ein Hahn angebracht, der mit Hilfe eines in einen Schraubengang eingreifenden Zahnrades eine genaue Regulirung der durchfliessenden Gasmenge gestattete: ich hatte es auf diese Weise in der Hand, etwaige Druckschwankungen in der Gasleitung, die eine Vergrösserung der Flamme und somit der Helligkeit zur Folge haben mussten, auszugleichen.

Die Flamme war von einem Milchglascylinder umgeben und dieser wiederum von einem Schornstein ( $Sst_1$ ) aus oxydirtem Messingblech, der an der einen Seite in Flammhöhe eine kreisförmige Oeffnung hatte; diese war verdeckt durch eine Drehscheibe ( $Ds$ ), die von 8 verschiedenen grossen kreisrunden Oeffnungen durchbohrt war, von denen jede nach Belieben vor die grössere Oeffnung im Schornstein

selbst gebracht werden konnte; derart war zunächst in grober Weise eine Abänderung der Helligkeit ermöglicht. Da aber die Grösse der auf diese Weise bewirkten Helligkeitsveränderung keine genaue Berechnung zulässt, so musste eine und dieselbe Oeffnung, die ich am Anfange der Versuche als geeignet befunden hatte (sie besass einen Durchmesser von .3 mm.), in sämmtlichen Versuchen zur Verwendung gelangen.

Das Licht fiel nun durch die Oeffnung in der Drehscheibe auf ein Milchglas ( $M_1$ ), unmittelbar hinter diesem war ein Diaphragma angebracht, dessen Oeffnung einen Durchmesser von 8 mm. besass; das kreisförmige Bild, das auf diese Weise zu Stande kam, war das directe Object meiner Beobachtung. Der Milchglasscylinder und die oben erwähnte Milchglasscheibe dienten dazu, ein Bild von einer möglichst gleichmässig über die ganze Fläche verbreiteten Helligkeit zu erhalten.

Ich selbst musste mich natürlich in möglichster Dunkelheit befinden, ich hatte mir daher, in später noch näher zu beschreibender Weise eine Dunkelkammer ( $Dk_1, Dk_1, Dk_1, Dk_1$ ) eingerichtet, in welcher ich, mit meinem linken Auge von  $L$  aus auf das Milchglass hinter dem Diaphragma blickend, sass. Zwischen meinem Auge und dem Diaphragma waren 3 Nicolsche Prismen eingeschaltet, um eine messbare Abschwächung der Helligkeit zu ermöglichen; zu diesem Zwecke hätten freilich schon 2 Prismen ausgereicht, aber folgende Erwägung liess es gerathener erscheinen, zu den beiden noch ein drittes hinzuzufügen: da ich von vornherein nicht wissen konnte wie hoch der Schwellenwerth infolge der Ablenkung der Aufmerksamkeit steigen würde, war es natürlich wünschenswerth die Helligkeit innerhalb möglichst

weiter Grenzen in messbarer Weise verändern zu können; nun kann man freilich auch mit 2 Prismen jede beliebige Helligkeit bis auf Null abschwächen, wenn man ihre Polarisationsebenen senkrecht zu einander stellt, vorausgesetzt, dass die Lichtstrahlen parallel miteinander durch die Prismen gehen, und wenn sich diese Bedingung auch nicht vollkommen erfüllen lässt, so gelingt es doch noch, beträchtliche Helligkeiten soweit abzuschwächen, dass sie unter der Schwelle liegen, da aber bei nahezu rechtwinkliger Kreuzung der Nicols eine sehr geringe Drehung des einen von ihnen gegen den anderen schon eine grosse Aenderung in der Helligkeit zur Folge hat, so kann eine Berechnung der Helligkeitsgrade unter solchen Umständen nur sehr ungenaue Resultate geben, und es ist daher besser, die Abschwächung der Lichtintensität nicht durch 2 Nicols in stark gekreuzter Stellung zu bewirken, sondern deren 3 dazu zu benutzen, in der Weise, dass der erste gegen den zweiten und ebenso der dritte gegen den zweiten weniger stark gekreuzt ist (wenn man als zweiten den mittleren bezeichnet).

Die 3 Nicolschen Prismen, von denen jedes für sich in eine cylindrische Messinghülse gefasst war, sassen in einem grösseren Messingcylinder, an dessen beiden Enden je eine Messing - Kreistheilung ( $K_1$ ,  $K_2$ ) fest angebracht war; die Kreise waren in ganze Grade getheilt, während man Zehntelgrade bequem schätzen konnte. In der Hülse für den ersten Nicol sass ausserdem eine Convexlinse, deren Brennweite ihrem Abstände von dem Diaphragma entsprach, und die dazu diente, die von der Diaphragmaöffnung ausgehenden Strahlen möglichst parallel zu machen. In gleicher Weise war an der Hülse für den 3. Nicol eine Concavlinse von 3,5 Dioptrien angebracht, die die Myopie meines

linken Auges corrigirte; denn da durch die Convexlinse die homocentrischen Strahlen meines Beobachtungsobjectes parallel gemacht worden waren, so mussten sie, um in meinem myopischen Auge ein klares Bild zu entwerfen, zuvor wieder zur Divergenz gebracht werden.

Zur Ablesung des Winkels, um den Nicol 1 und 3 gedreht worden war, war an jedem von ihnen ein auf die Kreistheilung weisender Zeiger festgeschraubt worden; als Nullpunkt benutzte ich die Punkte der Kreistheilungen, auf die die Zeiger zeigten, wenn Nicol 1 und 3 gegen Nicol 2 rechtwinklig gekreuzt waren, indem dann die Intensität des von je 2 nebeneinander stehenden Nicols durchgelassenen Lichtes proportional dem  $\sin^2$  des abgelesenen Winkels war; diese beiden Nullpunkte bestimmte ich durch Feststellung der Punkte der grössten Dunkelheit aus je 25 Einzelbeobachtungen, die nur um wenige Zehntelgrade von einander abwichen, und aus denen ich das arithmetische Mittel zog.

Vor Beginn der Versuche stellte ich die Nicols 1 und 3 auf  $20^\circ$  ein und suchte mir dann diejenige Oeffnung der Drehscheibe (sie hatte 3 mm. Durchmesser) aus, die bei der angegebenen Stellung der Nicols ungefähr den Schwellenwerth ergab; ich hatte so die Nicols in einer Stellung, in welcher eine fehlerhafte Einstellung von 1—2 Zehntelgraden wenig ausmachte, und hatte andererseits noch genügend Spielraum, um beträchtlich grössere Helligkeiten, wie sie bei abgelenkter Aufmerksamkeit nöthig werden konnten, einzustellen; ich bemerke hier gleich, dass ich die grösste Helligkeit, die ich nöthig hatte, durch Drehung nur des Nicol 3 und zwar nur um wenige Grade erreichte, während Nicol 1 in sämmtlichen Versuchen auf  $20^\circ$  stehen blieb, so dass meine Vorsicht, 3 Nicols zu verwenden, eine überflüssige

war, und man mit einem Paar auch bei noch weit beträchtlicherer Ablenkung der Aufmerksamkeit ausreichen wird.

Der die Nicols tragende Cylinder war auf einem Stativ festgeschraubt, jedoch so, dass man ihn mit Leichtigkeit losschrauben und aus der Dunkelkammer herausnehmen konnte; dies war nöthig, weil man in der Dunkelkammer selbst die Zeigerstellung des 1. Nicols nicht ablesen konnte.

Die oben erwähnte Milchglasplatte nebst Diaphragma war in dem Ende einer aus schwarzem Carton gefertigten Röhre angebracht, die gerade so weit war, dass sie die aus dem Messingcylinder hervorragende Fassung des ersten Nicols eng umschloss. Auf diese Weise wurde verhütet, dass, ausser den durch das Milchglas und Diaphragma hindurchgehenden Lichtstrahlen, noch anderes Licht in's Auge gelangte.

Zwischen der Lichtquelle und dem Milchglase war eine bewegliche Blending angebracht, welche für gewöhnlich den Lichtstrahlen der Gasflamme den Zutritt zum Auge verwehrte, und die es gestattete, zu einer gegebenen Zeit und zwar immer eine gewisse kurze Zeit lang den Lichtreiz auf das Auge einwirken zu lassen (Fig.  $Bl_1$  von oben gesehen, Fig. 2 Flächenansicht).

Diese Vorrichtung bestand im Wesentlichen aus 2 kreisförmigen dicht an einander liegenden Messingscheiben, deren eine einen über einen Quadranten sich erstreckenden Ausschnitt von der Form  $abcd$  besass, während die andere Scheibe nur aus zwei einander gegenüberliegenden Quadranten ( $fghi$  und  $klmn$ ) bestand, die in der Mitte mit einander zusammenhingen. Die beiden Scheiben konnten auf einer centralen Axe gegen einander gedreht werden, wodurch der Ausschnitt  $abcd$  in beliebigem Masse verdeckt werden konnte. Beide Scheiben zusammen konnten ferner um ihre gemeinsame

Axe ( $Az_1$ ) gedreht werden, wobei der Ausschnitt an dem Milchglas  $M_1$  vorbeiging und so Licht auf dasselbe fallen liess. Um diese Drehbewegung zu bewirken, war mit den Scheiben fest verbunden und auf derselben Axe, wie diese drehbar eine Rolle ( $Rl_1$ ), in deren ausgehöhltem Rande bei der Stellung, welche die ganze Abblendungsvorrichtung in Fig. 2 hat, die Schnur  $S_1$  eine kurze Strecke weit aufgerollt und im Punkte  $e$  befestigt ist. Die Schnur läuft weiterhin über eine andere Rolle ( $Rl_2$ ) und trägt an ihrem Ende ein Gewicht ( $P$ ). Wie aus der Zeichnung ersichtlich, muss die Abblendungsvorrichtung, sobald sie der Wirkung des Gewichtes allein überlassen ist, eine Drehbewegung in der Richtung des Pfeiles ausführen, für gewöhnlich aber wird dieses dadurch verhindert, dass der Anker ( $A$ ), der durch Vermittelung des Hebels ( $H$ ) ebenfalls mit den Scheiben fest verbunden ist, von dem Electromagneten ( $E$ ) festgehalten wird.

In dem Punkte  $e$  ist nun noch eine zweite Schnur  $S_2$  befestigt, die zu dem Tische des die Versuche registrierenden Hilfsbeobachters führt, hier durch einen an einem kleinen Gerüste befestigten Ring gleitet und an ihrem Ende ein Gewichtchen trägt, das bedeutend kleiner ist, als das Gewicht  $P$  und nur dazu dient, das Herausschlüpfen der Schnur aus dem Ringe zu verhindern. Wird nun der Strom im Electromagneten unterbrochen, so kommt die Schwere des Gewichtes  $P$  zur Wirkung, die Abblendungsvorrichtung führt eine Drehbewegung aus, dabei rollt sich die Schnur  $S_1$  ab, während die Schnur  $S_2$  in gleichem Masse aufgerollt wird; durch Ziehen an der Schnur  $S_2$  kann jetzt der Hilfsbeobachter die Scheiben die umgekehrte Drehung ausführen lassen, wodurch der Anker wieder in Berührung mit dem Electro-

magneten gebracht und von diesem, dessen Strom unterdessen geschlossen ist, festgehalten wird; mit dem Oeffnen des Stromes kann dann das alte Spiel von Neuem beginnen.

Damit beim Zurückdrehen der Scheiben der Lichtreiz nicht noch einmal in's Auge fiel, war an demselben Gestell, das die Scheiben trug, eine einfache Papptafel drehbar angebracht, die der Hilfsbeobachter mittelst einer Schnur so drehen konnte, dass sie das Licht abblendete, während sie vermöge ihrer eigenen Schwere lautlos auf ein Wattlepolster zurücksank, sobald man mit dem Zuge an der Schnur nachliess.

Ich wende mich nun zur Beschreibung des Apparatencomplexes, der den ablenkenden Lichtreiz erzeugen sollte.

Es kam hier voraussichtlich nicht auf eine so genaue Messung der Lichtstärke an, wie beim Prüfungsreiz, da eine geringe Aenderung desselben, wenn man seinem subjectiven Gefühl einigermaßen trauen darf, noch keinen merklichen Effect haben konnte; ich habe mich daher mit einer Petroleumlampe mit einem gewöhnlichen Rundbrenner ( $B_2$ ) begnügt; dieselbe war von einem Schornstein ( $Sst_2$ ) aus schwarzem Carton umgeben; um alle abirrenden Strahlen, die etwa aus der Petroleumlampe auf  $M_1$  fallen und so den Prüfungsreiz verstärken konnten, in zuverlässiger Weise abzublenden, setzte ich an den Schornstein  $Sst_2$  in Flammenhöhe eine horizontale Röhre  $T_1$ , die an ihrem freien Ende ein Milchglas  $M_2$  und dicht hinter diesem wieder ein Diaphragma von 10 mm. Oeffnung trug.

Durch das Milchglas  $M_2$  gelangten die Lichtstrahlen in die doppelt knieförmig gebogene Röhre  $T_2$ , wurden von den beiden Spiegeln  $Sp_1$  und  $Sp_2$  reflectirt und gelangten in das rechte Auge des Beobachters bei  $R$ ; um möglichst zu ver-

hüten, dass das Licht ausser in's rechte Auge auch noch an demselben vorbei in die Dunkelkammer trete und das linke Auge blende, war der Ausgang der Röhre durch ein Diaphragma verdeckt, dessen Oeffnung eben gross genug war damit man bequem und ohne darnach suchen zu müssen, das Spiegelbild des Milchglases  $M_2$  sehen konnte.

Zwischen dem Milchglase  $M_2$  und dem Anfange der Röhre  $T_2$  befand sich eine Ablendungsvorrichtung, die im Wesentlichen ganz ebenso construirt war, wie die oben beschriebene.

Waren sowohl die Gas- als auch die Petroleumlampe angezündet, so wurde zwar eine directe Erhellung des Zimmers durch die Schornsteine verhindert, jedoch warf jede Flamme einen Schein an die weisse Stubendecke wodurch doch eine mässige Erleuchtung des Zimmers stattfand. Infolge dessen war auch bei einer derartigen Stellung der Ablendungsvorrichtung  $Bl_2$ , dass kein directes Licht von  $B_2$  aus in die Röhre  $T_2$  fallen konnte, keine völlige Dunkelheit in der letzteren zu erzielen, da ja in dieser keine das Licht abschwächenden Vorrichtungen, wie im Messingcylinder, vorhanden waren; auch wenn ich die Ablendungsvorrichtung so nahe wie möglich an die Röhre heranrückte, kam von den Seiten immer noch genügend Licht in dieselbe, um von  $R$  aus bemerkt zu werden; um diesem Uebelstande abzu- helfen verfertigte ich eine kleinere Dunkelkammer ( $Dk_2, Dk_2, Dk_2, Dk_2$ ), die die Ablendungsvorrichtung und die Enden der Röhren  $T_1$  und  $T_2$  aufzunehmen bestimmt war. Diese Dunkelkammer besass ausser den Oeffnungen für die beiden Röhren noch mehrere andere zum Durchtritt von Schnüren bestimmte, so dass immer noch Licht in die Kammer fiel, ausserdem musste sie ja auch von dem Milchglase  $M_2$  aus

ein wenig erhellt werden, doch lag das Licht, das jetzt noch in mein Auge fiel, unterhalb der Reizschwelle.

Sämmtliche beschriebene Apparate standen auf einem festen Holzgerüste; die Gasuhr, der Schornstein  $Sst_1$ , die Blending  $Bl_1$ , Milchglas  $M_1$  mit dem Diaphragma, die Nicols nebst den Linsen waren nach sorgfältiger Centrirung durch Vermittelung von geeigneten Stativen an dem Gerüste festgeschraubt; die Apparate für den Ablenkungsreiz bedurften keiner so sicheren Feststellung, da hier erstens keine so genaue Centrirung nöthig war, wie ihn namentlich die Nicols des anderen Apparatencomplexes bedurften, zweitens auch eine geringe Helligkeitsänderung, wie sie durch verschiedene Stellung der Apparate zu einander bewirkt werden konnte, aus dem oben schon angeführten Grunde hier nicht in demselben Maasse schädlich sein konnte, wie dort; die Petroleumlampe konnte aber auch nicht mit ihrem Schornstein ein für alle Mal fixirt werden, weil sie beim Anzünden immer aus demselben herausgenommen werden musste; ich begnügte mich damit, sie vor dem Beginn der Versuche immer auf dieselbe Stelle zu stellen.

Die Dunkelkammer, in der ich mich befand, bestand aus einem Pappkasten, der an der Seite, wo ich meinen Kopf hielt und dort, wo er der Oberfläche des Gerüsts auflag, offen war; ich sass nun vor dem Gerüst und von der oberen Fläche der Dunkelkammer fiel dunkles Calico über meinen Rücken und zu meinen beiden Seiten bis zum Fussboden herab, mich nebst dem Stuhl, auf dem ich sass, von 3 Seiten her vollkommen einhüllend, während auf der 4. Seite oben die Papp-Dunkelkammer das Aussenlicht abhielt, und unter derselben die mir zugekehrte Seitenwand des Gerüsts; unter dem Tische, auf dem das Gerüst stand, war

meine Dunkelkammer allerdings nach vorne zu offen, so dass von hier aus etwas Licht in dieselbe gelangen konnte, doch war diese Lichtmenge eine sehr geringe und gelangte ausserdem nur in den unteren Theil der Dunkelkammer, während sie von dem oberen, in welchem mein Kopf sich befand, grösstentheils dadurch abgehalten wurde, dass meine Brust dem Gerüste fest anlag, sodass das Licht erst nach vielfacher Reflexion an den dunkelen Innenwänden in mein Auge gelangte; auch sonst konnte natürlich eine Dunkelkammer, wie die eben beschriebene nicht einen vollständigen Abschluss gegen das Aussenlicht bieten, da es aber im Zimmer selbst schon recht dunkel war, so genügte sie insoweit, dass ich, auch wenn ich in ihr 10 Minuten lang meine Augen adaptirt und dann ca. 2 Stunden experimentirt hatte, das Gefühl absoluter Dunkelheit hatte; sehr erstaunt war ich daher, als ich einst folgende Bemerkung machte: ich sass beobachtend vor meinem Apparate, das linke Auge bei *L.* haltend; zufällig führte ich meine flache linke Hand an meine linke Schläfe, so dass sie von dieser bis zur Kreistheilung reichte, ich gab also meiner Hand eine Stellung, mit der man seitliches Licht vom Auge abzublenden pflegt; sofort wurde das tiefe Schwarz, das mein Gesichtsfeld ausfüllte, noch ein wenig tiefer, es musste also doch noch so viel Licht in der Dunkelkammer vorhanden sein, um den Zuwachs desselben zum Augenschwarz über die Schwelle zu heben. Meine Hauptaufgabe: den Einfluss des ablenkenden Lichtreizes auf die Auffassung des Prüfungsreizes zu untersuchen, wurde durch diesen Umstand natürlich in keiner Weise beeinträchtigt, weil eben die Verhältnisse in allen Versuchen dieselben waren, wohl aber die Bestimmung des Schwellenwerthes als solche; eine absolute Dunkelheit lässt sich aber wohl überhaupt nicht

herstellen, sodass alle ähnlichen Bestimmungen an demselben Uebel leiden werden. Uebrigens bin ich nicht ganz sicher, dass die von mir gemachte Beobachtung nicht auf einer Täuschung beruht, obgleich ich den Versuch oft wiederholt habe und immer zu demselben Resultate gelangt bin; es wäre nämlich denkbar, dass dadurch, dass ich meine Hand in eine zur Beschattung des Auges geeignete Lage brachte, die Vorstellung in mir auftauchte, es müsse nun auch wirklich dunkler geworden sein.

In der tiefen Dunkelheit, die mich umgab, musste ich noch besonders dafür Sorge tragen, dass meine Augen nicht aus ihrer Stellung bei *L.* und *R.* geriethen; ich erreichte dies dadurch, dass ich meinen Unterkiefer durch eine gut passende Stütze, die ihrerseits wieder am Gerüste befestigt war, feststellte; ausserdem stützte ich meine Supraorbitalränder an den oberen Rand der Röhre  $T_2$  und einer kleinen zu diesem Zwecke auf den Nicol 3. gesetzten Cartonröhre.

Die Oberfläche des Gerüsts war schwarz gestrichen, die beiden Dunkelkammern und sämmtliche zur Verwendung gelangte Röhren aussen und innen mit mattem schwarzen Papier beklebt, der schmale Spalt zwischen der grossen Dunkelkammer und dem Gerüst mit demselben Material verklebt.

Es erübrigt mir nun noch, zu beschreiben, auf welche Weise es erreicht wurde, dass die Lichtreize immer zur bestimmten Zeit zur Wirkung kamen.

Wollte man eine einigermaßen genaue Messung der Zeit erzielen, die zwischen dem ablenkenden und dem Prüfungsreiz verging, so musste die Auslösung der Reize automatisch durch ein Uhrwerk geschehen; dieses durfte aber nicht in demselben Zimmer stehen, in welchem die Versuchsperson sich befand, da seine Thätigkeit unfehlbar mit

Geräuschen verbunden war, die theils die Aufmerksamkeit ablenkend, theils als Signale wirken mussten. Als passendstes Mittel zur Uebertragung der Auslösung aus dem einen in das andere Zimmer bot sich natürlich die electriche.

Die Anordnung der Apparate war also folgende: jeder der beiden Electromagnete, von denen oben bereits die Rede gewesen ist, war in einen besonderen Stromkreis eingeschaltet, jeder Strom passirte in dem Zimmer, in welchem das Uhrwerk seinen Platz gefunden hatte, einen kleinen Apparat, in welchem er leicht durch einen vorbeistreichenden Zeiger des Uhrwerkes unterbrochen werden konnte; die nähere Beschreibung dieses von K r a e p e l i n construirten und „Rhythmograph“ genannten Uhrwerkes wird an anderer Stelle erfolgen, hier sei nur so viel erwähnt, dass an einer Axe desselben, welche in 10 Secunden eine Umdrehung machte, eine kreisrunde Scheibe befestigt war; entsprechend den 10 Secunden Umdrehungszeit, welche somit auch die Scheibe besass, war die Kreisperipherie in 10 gleiche Theile getheilt und jeder von diesen wiederum in 30 Theile. Auf der Scheibe konnten ferner in beliebiger Stellung zwei Zeiger befestigt werden, die den Rand der Scheibe überragten und die eben bei jeder Umdrehung eine momentane Unterbrechung des Stromes, der eine in dem einen, der andere im anderen Stromkreis bewirkten; dass nicht beide Zeiger denselben Strom unterbrachen, wurde dadurch erreicht, dass die Spitze des einen Zeigers von der Fläche der Scheibe abgebogen war und dass dementsprechend auch die beiden Unterbrechungsapparate in verschiedenen Ebenen lagen.

Als sich nun aber diese Anordnung bewähren sollte, stellte es sich heraus, dass jedes Mal, wenn der Strom unterbrochen wurde, ein Ton entstand, wie man ihn in jedem

Electromagneten durch Unterbrechen nicht zu schwacher Ströme erzeugen kann, besonders, wenn im Momente der Unterbrechung der Anker in Contact mit dem Electromagneten ist, so dass sich die Schallschwingungen leicht auf ihn fortsetzen können. Der Strom durfte daher nicht ganz unterbrochen, sondern nur so weit abgeschwächt werden, dass der Magnetismus nicht hinreichte, um den Anker angezogen zu halten. Eine solche Abschwächung des Stromes würde erreicht durch eine Nebenschliessung wie sie in Fig. 3 skizzirt ist. Der in der Batterie *Bt.* erzeugte Strom geht für gewöhnlich nur durch die, den Electromagneten *E.* enthaltende Hauptleitung (*HL*), sobald aber in der Nebenleitung (*Nl.*) bei *Ct.* ein Contact geschlossen wird, vertheilt sich der Strom, ein grosser Theil geht durch die Nebenleitung und der Hauptstrom wird abgeschwächt. Die Schliessung der Nebenleitung wird in ganz analoger Weise, wie vorher die Unterbrechung des Hauptstromes zu Wege gebracht, nur dass entsprechende kleine Veränderungen an den Unterbrechungsapparaten vorgenommen werden müssen.

Die beiden Stromschliesser (als solche wurden ja die oben als Unterbrecher bezeichneten Apparate jetzt benutzt) standen in einer solchen Entfernung von einander, dass ein gleichzeitiger Stromschluss dann stattfand, wenn der eine Zeiger auf dem Nullpunkt der Kreistheilung stand, der andere auf 2,55 Sec. Nun bedeutete aber eine gleichzeitige Stromschliessung nicht eine gleichzeitige Auslösung der beiden Lichtreize, sondern eine solche trat ein, wenn der eine Zeiger auf Null, der andere auf 2,4 wies; dies erklärt sich dadurch, dass vom Loslassen des Ankers bis zur Einwirkung des Lichtreizes nicht bei beiden Ablendungscheiben die gleiche Zeit verging; die Bestimmung der Gleichzeitigkeit

führte ich in der Weise aus, dass ich den einen Zeiger auf Null stehen liess, den anderen aber von Zehnthel zu Zehnthel Secunde verrückte und die bei diesen Zeigerstellungen ausgelösten Lichtreize auf mein Auge wirken liess; bei den Zeigerstellungen 2,3, 2,4 und 2,5 konnte ich eine Ungleichzeitigkeit nicht bemerken, wohl aber schon bei 2,2 und 2,6, ich nahm also an, dass eine subjective Gleichzeitigkeit bei der Zeigerstellung 2,4 am vollkommensten vorhanden war; wollte ich jetzt eine bestimmte Zwischenzeit zwischen dem Ablenkungs- und Prüfungsreiz haben, so liess ich den einen Zeiger auf 2,4 stehen und gab dem anderen die dem gewünschten Intervall entsprechende Stellung, die auf der Scheibe direct abgelesen werden konnte.

Ich mache hier noch darauf aufmerksam, dass der Prüfungsreiz nach einer annähernden Schätzung etwa  $\frac{1}{2}$  Secunde hindurch wirksam war, während ich den Ablenkungsreiz ganz momentan gewählt hatte; es ist also fraglich, was in den eben erwähnten Versuchen unter Gleichzeitigkeit zu verstehen sei, wahrscheinlich ist es das Zusammentreffen der Mittelpunkte beider Zeiten, was mir aus der Art und Weise, wie ich die Gleichzeitigkeit bestimmte, hervorzugehen scheint.

Man wird fragen, warum ich den Ausschnitt in der den Prüfungsreiz abblendenden Scheibe nicht auch so weit verdeckt habe, dass seine Einwirkung auf das Auge eine möglichst momentane war, da so doch offenbar die Bestimmung der Gleichzeitigkeit und somit auch der Zeit, die in den Ablenkungsversuchen zwischen den beiden Reizen verging, eine genauere gewesen wäre, ich that dies aus dem Grunde nicht, weil bei weiterer Verkürzung der Einwirkungszeit nachweislich die Wahrnehmbarkeit des Reizes sehr schnell abnahm; ich glaubte, dieses käme daher, dass mit der kür-

zere Dauer des Reizes die Wahrscheinlichkeit, dass ich gerade im Momente seines Erscheinens meine Aufmerksamkeit auf den richtigen Punkt lenken werde, sich verringern würde und war weiter der Ansicht, dass dadurch nicht nur die Möglichkeit, den Reiz wahrzunehmen, durchschnittlich erschwert, sondern dass auch die Versuche grössere Schwankungen zeigen würden, welcher letztere Umstand doch entschieden unliebsam gewesen wäre.

Ich glaubte auch nicht, dass eine genaue Zeitbestimmung nöthig sei; hätte ich gewusst, dass es auf Achtelsekunden ankommt, wie es sich bei den Versuchen zeigen wird, so hätte ich lieber den berührten Uebelstand mit in den Kauf genommen.

Uebrigens erschien mir der Prüfungsreiz, wenn ich ihn, wie in allen meinen Versuchen, sehr schwach nahm, nur als ein momentanes Aufleuchten und durchaus nicht länger, als der Ablenkungsreiz.

## Allgemeine Versuchsmethode.

Als Methode zur Bestimmung der Schwellenwerthe bei den verschiedenen Zuständen der Aufmerksamkeit diene mir die Methode der richtigen und falschen Fälle (abgekürzt: M. d. r. u. f. F.), die anerkanntermassen genauere Resultate giebt, als die Methode der Minimaländerung; sie besteht, in ihrer Anwendung auf die Bestimmung der absoluten Empfindlichkeit, darin, dass man einen sehr schwachen Reiz eine grosse Anzahl von Malen hintereinander auf das betreffende Sinnesorgan einwirken lässt; man kann nun die Stärke des Reizes derart wählen, dass er, infolge von Fehlervorgängen in einem Theil der Fälle wahrgenommen wird (sogenannte richtige Fälle, künftighin mit  $r$  bezeichnet), in einem anderen Theil dagegen nicht (falsche Fälle).

Darüber, wie man nach dieser Methode die Schwelle findet, gehen die Ansichten Fechners und G. E. Müllers, der einzigen Autoritäten, bei denen ich hierüber Angaben gefunden habe, auseinander. Fechner<sup>1)</sup> hält diejenige Intensität für den Schwellenwerth, welche gar keine  $r$  mehr giebt, während die geringste Verstärkung hinreicht, um solche vor-

---

1) Ueber die M. d. r. u. f. F. in Anwendung auf die Massbestimmungen der Feinheit oder extensiven Empfindlichkeit des Raumsinnes. Abhdlgn. d. kgl. sächs. Ges. d. Wissensch. Bd. XXII 1887, S. 200.

kommen zu lassen, Müller<sup>1)</sup> dagegen ist der Ansicht, dass derjenige Werth eines Reizes als Schwellenwerth anzusehen sei, welcher ebenso oft wahrgenommen wird, wie er unmerklich bleibt, welcher also 50%  $r$  liefert.

Zwischen diesen beiden Ansichten mich zu entscheiden, fällt mir nicht schwer, da die Fechner'sche, die übrigens nur ganz beiläufig ausgesprochen ist, und auch nicht weiter motivirt wird, mir in offenbarem Widerspruch zu stehen scheint mit Fechners eigener Auffassung des Begriffes der Schwelle, die auch sonst allgemein getheilt wird; Fechner sagt nämlich<sup>2)</sup> „Den Punkt, wo die Merklichkeit eines Reizes oder eines Reizunterschiedes beginnt und schwindet, wollen wir kurz die Schwelle nennen;“ die Reizschwelle ist also diejenige Reizintensität, welche auf der Grenze zwischen dem Merklichen und Unmerklichen liegt, während ein Reiz, der in der M. d. r. u. f. F. gar keine richtigen Fälle giebt, doch offenbar schon im Gebiete des Unmerklichen liegt. Ebenso „bestimmt“ auch Wundt<sup>3)</sup> „die Reizschwelle als diejenige Grösse, welche zwischen dem eben merklichen und dem eben unmerklichen Reize genau in der Mitte liegt.“

Nun scheint es auf den ersten Blick ganz klar, dass derjenige Reiz, der 50% giebt, „genau in der Mitte liegt“ „zwischen dem eben merklichen“ der 100% „und dem eben unmerklichen Reize“ der 0% richtiger Fälle geben muss; doch sind hiergegen sowohl von Müller selbst<sup>4)</sup>, als auch

1) Ueber die Massbestimmungen des Ortssinnes der Haut mittels der M. d. r. u. f. F. Pflügers Archiv Bd. XIX, 1879, S. 193.

2) El. I, S. 238.

3) Ps. I S. 342.

4) l. c. S. 208.

von Fechner<sup>1)</sup> Einwände erhoben worden, trotz deren Müller aber seiner Berechnungsweise eine annähernde Richtigkeit zuschreibt und in Ermangelung eines Besseren nehme ich somit nach Müllers Vorgang als Reizschwelle diejenige Intensität an, die 50% richtiger Fälle giebt.

Uebrigens hat diese ganze Frage für meine Versuche über die Ablenkung der Aufmerksamkeit keine grosse Bedeutung: will man nicht zugeben, dass die Schwelle bei  $r = 50\%$  liegt, so mag man die verschiedenen Grade der Aufmerksamkeit statt den dabei gefundenen Schwellenwerthen denjenigen Reizgrössen reciprok setzen, die das gleiche  $r\%$  liefern und dabei ein beliebiges  $r\%$  nehmen, wobei  $r\% = 50$  den Vortheil hat, dass die in seiner Nähe durch den Versuch gefundenen Procentsätze am wenigsten von zufälligen Fehlervorgängen beeinflusst werden, während die Bestimmungen, in denen sich  $r$  an 0 und 100% nähert, bedeutend an Sicherheit verlieren; freilich wäre ein auch sonst so bedeutungsvoller Begriff, wie die Schwelle geeigneter, ein Mass für die Aufmerksamkeit abzugeben, als der ganz willkürliche einer Intensität, die so und so viel% richtiger Fälle giebt.

Von entschiedener Bedeutung ist obige Erörterung natürlich für die Bestimmung des Schwellenwerthes als solche.

Da es selbstverständlich nicht möglich ist, bei den Versuchen immer gerade diejenige Intensität zu treffen, die 50%  $r$  giebt, so musste ich aus den bei den Versuchen sich ergebenden Procentsätzen und den zugehörigen Reizintensitäten auf rechnerischem Wege diejenige Intensität finden, die 50%  $r$  ergibt; Methoden dazu sind sowohl von Müller, als auch von Fechner in den erwähnten Abhandlungen

1) Ueber die M. d. r. u. f. F. etc. S. 191.

angegeben; ich halte mich hier an die Fechner'sche, welche die neuere ist und deren Richtigkeit Fechner durch ein grosses experimentelles Material bestätigt findet, das Müller grösstentheils noch gar nicht vorgelegen hat; gegen Müllers Methode der Berechnung macht Fechner erstens vom theoretischen Standpunkte aus Bedenken geltend und weist auch nach, dass dessen Rechnungsergebnisse schlechter zu den Erfahrungen stimmen, als seine eigenen.

Die Berechnung des Schwellenwerthes geschieht nach folgender Formel:

$$t = h I + k,^1)$$

worin I die beim Versuche benutzte Reizintensität bedeutet (bei Fechner steht statt dessen  $D =$  Distanz), t ist ein Werth, der mit dem Procentsatz richtiger Fälle sich ändert und den man in der „Fundamentaltafel für Fechner's Formel“<sup>2)</sup> als zu dem beim Versuche sich ergebenden  $r$  % gehörig auffindet; h und k sind zwei Werthe, deren Grösse von der Empfindlichkeit für den Reiz abhängt, indem ich von Empfindlichkeit hier im allgemeinsten Sinne spreche und z. B. darunter auch diejenige Aenderung der Empfindlichkeit mit einbegreife, die durch den Wechsel der Aufmerksamkeitsspannung entsteht; da in meinen Versuchen die Empfindlichkeit sonst möglichst gleich gehalten wurde, so hängen die Werthe h und k wesentlich von dem Grade der Aufmerksamkeit ab: diese beiden Werthe galt es für jeden Grad der Aufmerksamkeit besonders zu bestimmen, um dann dadurch, dass man t für 50 % r in die Gleichung einsetzte, das zugehörige I zu finden.

1) l. c. S. 199.

2) l. c. S. 206.

Da zwei Unbekannte zu berechnen waren, so musste ich auch 2 Gleichungen haben, in denen sie vorkamen, ich musste also für jeden Grad der Aufmerksamkeit die Procentsätze der  $r$  für 2 verschiedene Intensitäten bestimmen; dabei bemühte ich mich, solche Intensitäten zu wählen, von denen die eine etwas weniger, die andere etwas mehr als 50 %  $r$  gab, weil auf diese Weise sowohl der Ausfall der Versuche am wenigsten von Zufälligkeiten abhing, als auch die Berechnung so am sichersten war.

## Ausführungsart und erste Ergebnisse der Versuche.

Ich führte meine Versuche in der Zeit zwischen dem 8. Febr. und 15. April 1889, Abends zwischen 9 und 12 Uhr aus, also um eine Stunde, zu welcher es in der angegebenen Jahreszeit schon dunkel ist, und in welcher nicht in dem Versuchsplane liegende Ablenkungen der Aufmerksamkeit durch den Strassenlärm etc. am ehesten vermieden werden konnten. Um einer in dieser späten Stunde zu befürchteten Ermüdung vorzubeugen, schief ich regelmässig am Tage etwas, trotzdem liess sich eine mir selbst äusserst unangenehm sich fühlbar machende Müdigkeit nicht immer vermeiden, ich habe das in dem Versuchsprotocoll dann immer notirt und mich nachher davon überzeugt, dass die Versuche dadurch nicht wesentlich gestört worden waren.

Vor Beginn der Versuche regulirte ich jeden Abend die zur Verbrennung gelangende Gasmenge in der Weise, dass in der Stunde 120 L verbraucht wurden, wobei ich Differenzen von höchstens 3 L zuliess; eine grössere Genauigkeit war schwer zu erzielen, da selbst während der 1 Minute befragenden Beobachtungszeit Schwankungen vorkamen; nach Beendigung der Versuche controlirte ich wiederum den Gasconsum, wobei sich meist weitere Schwankungen um die erste

Bestimmung herum im Betrage von einigen L. fanden; das Minimum des am Ende der Versuche bestimmten Gasconsums war 113, das Maximum 135 L; erwägt man, dass eine Veränderung der verbrauchten Gasmenge doch nur eine Veränderung der Flammengrösse, nicht eine stärkere Leuchtkraft der einzelnen Flammentheile herbeiführen kann, das Licht aber aus dem Schornstein nur durch eine im Verhältniss zur Flamme sehr kleine Oeffnung von 3 mm. Durchmesser nach aussen fiel, so ist es klar, dass eine wesentliche Beeinflussung der Helligkeit des Prüfungsreizes durch obige Schwankungen kaum zu erwarten ist.

Nachdem ich also vor Beginn der Versuche den Gasverbrauch geregelt hatte, begab ich mich in meine Dunkelkammer, in der ich 10 Minuten lang mein Auge adaptirte; nach den Versuchen von Aubert<sup>1)</sup> nimmt zwar die Adaptation auch nach einem 2-stündigen Aufenthalt in der Dunkelheit immer noch zu, doch ist die Zunahme nach Verlauf von 10 Minuten nur noch eine sehr langsame, namentlich aber in meinen Versuchen, wo alle 10 Secunden ein freilich schwacher Lichtreiz in mein Auge fiel, konnte die Adaptation wohl überhaupt nicht so weit anwachsen, wie bei Aubert.

Nach Beendigung der Adaptationszeit machte ich in einer Sitzung 100 Versuche, zwischen je 25 Versuchen eine Pause von einer Minute lassend; da jeder Versuch 10 Secunden dauerte, so brauchte ich zu einer Reihe von 100 Versuchen, wenn Alles ohne Zwischenfälle verlief  $10 \times 100$  Secunden + 3 Minuten = ca. 20 Minuten; nach jeder solchen Versuchsreihe verliess ich die Dunkelkammer auf 5 Minuten, worauf wieder eine Adaptationszeit von 10 Mi-

1) Graefe und Saemisch Handbuch der Augenheilkunde 2, II, 1876, S. 485.

nuten der nächsten Reihe vorausging; solcher Reihen machte ich an einem Abend 4.

Um die Einflüsse einer etwaigen Tagesdisposition und der von Tag zu Tag steigenden Uebung — eine solche zeigte sich in der That, trotzdem dass ich vor Beginn der eigentlichen Versuche schon eine beträchtliche Zahl von Vorversuchen angestellt hatte — zu paralysiren, vertheilte ich die 400 Versuche, die ich für jedes Intervall und ebenso für die Bestimmung des Schwellenwerthes ohne Ablenkung auf 4 Abende zu je 100 Versuchen; um aber den Einfluss der Ermüdung oder einer etwaigen Uebung aufzuheben, der sich im Verlaufe eines Abends hätte geltend machen können, theilte ich diese 100 Versuche wieder in 2 gleiche Abtheilungen und gruppirt diese so, dass die 50 ersten Versuche mit demselben Intervall angestellt wurden, wie die 50 letzten; die zweiten und vorletzten 50 mit einem anderen Intervall u. s. w. In Folgendem gebe ich ein Schema der an einem Abend angestellten Versuche, wobei die Zahlen die Grösse des untersuchten Intervalles in Secunden angeben; jede Zahl bedeutet 25 Versuche, ein Komma zeigt eine Pause von 1 Minute, ein Semicolon eine solche von 5 Minuten nebst folgender Adaptationszeit von 10 Minuten an: 6, 6, 5, 5; 4, 4, 3, 3; 3, 3, 4, 4; 5, 5, 6, 6.

Sehr bald bemerkte ich, dass ich in den ersten Versuchen an jedem Abend den Prüfungsreiz weniger leicht wahrnahm als in allen folgenden; ich glaube nicht, dass dieses auf die während der Versuche noch steigende Adaptation zurückzuführen ist, da sich dann dieselbe Erscheinung am Anfang nicht nur der ersten, sondern auch der drei übrigen Reihen hätte zeigen müssen; ich bin vielmehr der Ansicht, dass dieses die Folge der Uebung in der Auffassung

des Reizes war, die sich im Verlaufe eines Abends einstellte und von der ein Theil bis zum nächsten Tage wieder verloren ging; sobald ich dieses bemerkt hatte, gebrauchte ich die Vorsicht, jeden Abend vor Beginn der eigentlichen Versuche mich in der Wahrnehmung des Prüfungsreizes von Neuem zu üben.

Registrirt wurden die Versuche abwechselnd von den Herren studd. med. Falk und Higier, die auch meistens die Einstellung der Zeiger sowie das Anziehen der Anker besorgten.

Wie erwähnt, machte die Scheibe mit den die Lichtreize auslösenden Zeigern in 10 Secunden eine Umdrehung; hatte der Ablenkungsreiz gewirkt, so folgte auf diesen nach einer gewissen von der Zeigerstellung abhängigen Anzahl von Secunden, die ich mit  $a$  bezeichnen will, der Prüfungsreiz; jetzt hatten sich beide Anker vom Elektromagneten entfernt und mussten in der nun folgenden Zeit bis zur Auslösung des nächsten Ablenkungsreizes, die, wie leicht ersichtlich,  $10 - a$  Secunden betrug, wieder mit den Elektromagneten in Berührung gebracht werden, während in der Zeit zwischen Ablenkungsreiz und nachfolgendem Prüfungsreiz dies nicht geschehen durfte, da das Aufschlagen der Electromagnete ein Klappen hervorrief, dessen störende Wirkung natürlich um so geringer war, je länger die Zwischenpause zwischen ihm und dem Prüfungsreiz ausfiel und die als verschwindend betrachtet werden konnte, wenn erwähntes nicht sehr lautes Klappen vom Prüfungsreiz aus jenseits des viel stärker ablenkenden Lichtreizes lag; um das Anziehen der beiden Anker zu besorgen, waren mindestens 4 Secunden erforderlich, folglich war das grösste Intervall, das ich auf diese Art untersuchen konnte,  $10 - 4 = 6$  Secunden.

Wollte ich noch grössere Intervalle, z. B. 9 Secunden untersuchen, so konnte ich in folgender Weise verfahren: sobald der Prüfungsreiz gewirkt hat, werden beide Anker angezogen, unterdessen aber ist die momentane Abschwächung des Stromes, welche den Ablenkungsreiz auslösen soll, schon vorüber, man lässt daher auch den nächsten Prüfungsreiz nicht zur Wirkung kommen, indem man die Anker vermittels der gewöhnlich zum Anziehen derselben benutzten Schnur am Electromagneten festhält; erst nachdem die Zeit des nicht zur Wirkung gelangten Prüfungsreizes vorüber ist, erfolgt der Ablenkungsreiz und 9 Secunden nach ihm der Prüfungsreiz; auf diese Weise dauert jeder Versuch 20 Secunden.

Ich habe so für die Intervalle 7, 8 und 9 je 100 Versuche ausgeführt und sie mit den sonst unter denselben Verhältnissen und an denselben beiden Abenden angestellten Versuchen ohne Ablenkung verglichen, ich erhielt dabei folgende Zahlen für den Schwellenwerth ohne Ablenkung ( $S$ ) und die erwähnten Intervalle; ich gebe hier und in den folgenden Tabellen sowohl die Winkelstellung des Nicols 3 an, als auch die daraus berechnete Intensität.

Da Nicol 1 während meiner sämtlichen Versuche auf  $20^\circ$  stehen blieb, so nehme ich am einfachsten diejenige Helligkeit als Einheit an, die von den Prismen durchgelassen wurde, wenn Nicol 1 auf  $20^\circ$  eingestellt und Nicol 3 parallel mit Nicol 2 war; die einzelnen Intensitäten sind dann gleich dem  $\sin^2$  des Winkels, um den Nicol 3 aus seiner rechtwinkligen Kreuzung mit Nicol 2 heraus gedreht worden ist.

Tabelle I.

Nicolstellung =  $24^{\circ}$ ; Lichtintensität = 0,16543.

Grösse des Intervalles:  $S$  9 8 7

Zahl der  $r$  in 100 Fällen: 59 61 60 62

Wie man sieht, weichen die erhaltenen Zahlen sehr wenig von einander ab, so dass es mir zunächst nicht der Mühe werth schien, diese Intervalle noch weiter zu untersuchen, besonders, da sie doppelt soviel Zeit in Anspruch nehmen, wie die kleineren; indessen werde ich auf die Resultate der Tab. I. später noch zurückkommen.

Ich untersuchte nun an 8 Abenden folgende Intervalle und den Schwellenwerth ohne Ablenkung ( $S$ ), wobei die Intervalle in der Reihenfolge angegeben sind, die sie in der ersten Hälfte des Abends hatten; die zweite Hälfte habe ich der Einfachheit wegen fortgelassen, da man sie sich leicht selbst ergänzen kann, indem man sich dieselben Intervalle in umgekehrter Reihenfolge hinzudenkt; dessgleichen habe ich es unterlassen, jedes Intervall 2 Mal hinter einander aufzuschreiben, wie in meinem ersten Schema, so dass hier jede Zahl 50 Versuche bedeutet

10./II. 2, 1;  $\frac{1}{2}$ ,  $S$ ;

11./II. 5, 4; 3, 6;

14./II. 1,  $\frac{1}{2}$ ;  $S$ , 2;

16./II. 6, 5; 4, 3;

17./II.  $S$ , 5; 4, 3;

18./II.  $\frac{1}{2}$ , 6; 2, 1;

19./II. 4, 2; 1,  $S$ ;

25./II. 3,  $\frac{1}{2}$ ; 6, 5;

Wie man sieht, fängt die Reihe jedes Abends mit einem anderen Intervall an; ich hatte diese Anordnung gewählt

wegen der oben schon mitgetheilten Beobachtung, dass die ersten Versuche an jedem Abend weniger richtige Fälle ergaben, als alle folgenden unter sonst gleichen Verhältnissen angestellten; ausser auf die oben schon angegebene Weise suchte ich mich vor einer ungünstigen Beeinflussung meiner Versuchsergebnisse auch dadurch zu sichern, dass ich an jedem Abend ein anderes Intervall dem erwähnten Einflusse unterwarf.

Ich konnte bei sämmtlichen erwähnten Intervallen dieselbe Lichtintensität als Prüfungsreiz benutzen, sodass die grössere oder geringere Anzahl richtiger Fälle mir schon das Sinken resp. Steigen des Schwellenwerthes angab und ich schon jetzt ohne weitere Rechnung einen vorläufigen Massstab für den Einfluss des Intervalles auf die Grösse der Ablenkung hatte; ich erwartete, dass die Zahl der richtigen Fälle mit zunehmender Grösse des Intervalles stetig steigen würde, da ich der Ansicht war, dass die ablenkende Kraft eines Reizes am grössten ist, wenn er soeben gewirkt hat und dass sie umso mehr abnimmt, je mehr Zeit seit seiner Einwirkung verflossen ist; als ich aber die Resultate vom 10. — 16. Febr. mit einander verglich, fand ich, dass die Zahl der richtigen Fälle bei 2 Secunden constant grösser war, als bei 6, 5, 4 und 3 Secunden; da 2 Secunden jedes Mal an einem anderen Abende untersucht waren, als die übrigen eben genannten Intervalle, so glaubte ich, dieses auf einen Wechsel in der Tagesdisposition schieben zu müssen und suchte in den nachfolgenden Versuchen so viel wie möglich die Zusammenstellung der Intervalle für einen Abend zu verändern; aber auch jetzt erwies sich das Intervall von 2 Secunden für die Auffassung des Prüfungsreizes als günstiger, als die an denselben Abenden mitbestimmten von 6 und 4.

Nachdem sich nun dies merkwürdige Ergebniss für 2 Secunden herausgestellt hatte, schien es wünschenswerth, den Einfluss einer Veränderung des Intervalles noch eingehender zu untersuchen und ich experimentirte daher an den nächsten 4 Abenden mit folgenden Intervallen:

26./II.	$2\frac{1}{2}$ ,	$1\frac{1}{2}$ ;	$\frac{1}{4}$ ,	$\frac{1}{10}$ ;	$\frac{1}{10}$ ,	$\frac{1}{4}$ ;	$1\frac{1}{2}$ ,	$2\frac{1}{2}$ .
27./II.	$1\frac{1}{2}$ ,	$2\frac{1}{2}$ ;	$\frac{1}{10}$ ,	$\frac{1}{4}$ ;	$\frac{1}{4}$ ,	$\frac{1}{10}$ ;	$2\frac{1}{2}$ ,	$1\frac{1}{2}$ .
28./II.	$\frac{1}{4}$ ,	$\frac{1}{10}$ ;	$\frac{1}{10}$ ,	$\frac{1}{4}$ ;	$2\frac{1}{2}$ ,	$1\frac{1}{2}$ ;	$1\frac{1}{2}$ ,	$2\frac{1}{2}$ .
2./III.	$\frac{1}{10}$ ,	$\frac{1}{4}$ ;	$\frac{1}{4}$ ,	$\frac{1}{10}$ ;	$1\frac{1}{2}$ ,	$2\frac{1}{2}$ ;	$2\frac{1}{2}$ ,	$1\frac{1}{2}$ .

Wie man sieht, hatte ich an den beiden letzten Versuchabenden eine etwas abweichende Anordnung gewählt und zwar aus practischen Gründen, deren nähere Erörterung hier zu weit führen würde; ich durfte mir das erlauben, weil, wie ich aus den früheren Versuchen berechnet hatte, ein constanter Einfluss der Ermüdung auf die in der zweiten Hälfte des Abends ausgeführten Versuche nicht vorhanden war, vielmehr in 2400 Versuchen der ersten Hälften sich 65 r weniger fanden, als in den unter sonst gleichen Umständen ausgeführten 2400 der zweiten Hälften, ein an und für sich nicht bedeutender Unterschied, der ausserdem in den einzelnen Fractionen dieser grossen Reihe sehr wechselt, indem häufig auch die erste Hälfte mehr richtige Fälle aufweist.

Was das mit „ $\frac{1}{10}$ “ bezeichnete Intervall betrifft, so erinnere ich daran, dass der Ablenkungsreiz auch noch als gleichzeitig mit dem Prüfungsreiz empfunden wird, wenn er, der Zeigerstellung nach, demselben  $\frac{1}{10}$  Sec. vorausgehen müsste; das Intervall  $\frac{1}{10}$  bedeutet also annähernde Gleichzeitigkeit.

Die Intervalle  $1\frac{1}{2}$  und  $2\frac{1}{2}$  untersuchte ich mit derselben Intensität, wie die Intervalle  $\frac{1}{2}$ —6, während ich für  $\frac{1}{10}$  und  $\frac{1}{4}$  eine grössere Helligkeit brauchte.

In Tabelle II. theile ich die ersten Resultate mit, die ich für die Intervalle  $\frac{1}{10}$ —6 Sec. erhielt:

Tabelle II.

Nicolstellung:		24°										26,4°	
Lichtintensität:		0,16543										0,19770	
Grösse des Intervalles:		S	6	5	4	3	2 $\frac{1}{2}$	2	1 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{10}$
Anzahl der r in 100 Ver- suchen am:	10./II.	88	—	—	—	—	—	76	—	45	21	—	—
	11./II.	—	51	42	29	37	—	—	—	—	—	—	—
	14./II.	77	—	—	—	—	—	68	—	60	23	—	—
	16./II.	—	53	58	70	59	—	—	—	—	—	—	—
	17./II.	29	—	44	47	40	—	—	—	—	—	—	—
	18./II.	—	39	—	—	—	—	42	—	33	10	—	—
	19./II.	84	—	—	54	—	—	61	—	51	—	—	—
	25./II.	—	63	72	—	50	—	—	—	—	49	—	—
	26./II.	—	—	—	—	—	45	—	39	—	—	50	28
	27./II.	—	—	—	—	—	56	—	56	—	—	67	57
	28./II.	—	—	—	—	—	62	—	58	—	—	76	72
	2./III.	—	—	—	—	—	50	—	50	—	—	79	45
	r % in 400 Versuchen:		69 $\frac{1}{2}$	51 $\frac{1}{2}$	54	50	46 $\frac{1}{5}$	53 $\frac{1}{4}$	61 $\frac{3}{4}$	50 $\frac{3}{5}$	47 $\frac{1}{4}$	25 $\frac{3}{4}$	68

Vergleicht man die Zahl der richtigen Fälle, bei denjenigen Intervallen, die mit derselben Lichtintensität untersucht wurden, so findet man im Allgemeinen eine Zunahme derselben mit der Grösse des Intervalles, diese Zunahme ist aber keine stetige sondern die Intervalle 2 und 5 weisen eine grössere Anzahl richtiger Fälle auf, als die nächst grösseren, namentlich ist bei 2 dies Ueberwiegen ein sehr bedeutendes, und mit grosser Constanz an den einzelnen Versuchsabenden wiederkehrendes, während der Unterschied zwischen 5 und 6 Secunden weit kleiner und auch in den Theilreihen nicht ausnahmslos anzutreffen ist, sodass man hier nicht sicher sein kann, dass man es nicht mit einem Zufall zu thun hat.

Ich hatte bis jetzt jedes Intervall mit einer einzigen Intensität des Prüfungsreizes untersucht; um die Schwellenwerthe zu berechnen, musste ich jetzt Experimente über das Verhalten derselben Intervalle bei Anwendung anderer Intensitäten anstellen; bei der Vertheilung der Intervalle auf die einzelnen Abende und die Theile jedes einzelnen Abends galt es, einen Uebelstand zu vermeiden, der in meiner ersten Gruppe von Versuchen offenbar vorhanden war: die Intervalle  $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $1\frac{1}{2}$  und  $2\frac{1}{2}$  waren bei einer grösseren Uebung angestellt, als alle anderen; zwar deuten die Zahlen für  $2\frac{1}{2}$  und  $1\frac{1}{2}$  Sec., die zwischen den für 3 und 2, resp. 2 und 1 gefundenen stehen, darauf hin, dass der Einfluss der Uebung nicht allzugross ist; natürlich aber müssen die Resultate zuverlässiger werden, wenn man den erwähnten Einfluss möglichst vollständig beseitigt; ferner trug ich dafür Sorge, dass jedes Intervall an jedem Abend eine andere Stellung in der Reihenfolge einnahm, weil es mir bei den Versuchen der ersten Gruppe bisweilen so geschienen hatte, als seien die ersten und letzten Versuche eines Abends für die Auffassung des Prüfungsreizes am ungünstigsten, so dass die symmetrische Anordnung der Intervalle an jedem Abend an und für sich noch nicht hinreichen würde, um alle etwaigen Uebungs- und Ermüdungseinflüsse auszugleichen. Die Anordnung der Intervalle in den ersten Hälften jedes Abends war folgende:

3./III. 1,  $\frac{1}{2}$ ;  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{10}$ ;

4./III.  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ;  $\frac{1}{10}$ , 1;

9./III. 8, 6; 5, 4;

10./III. 3,  $2\frac{1}{2}$ ; 2,  $1\frac{1}{2}$ ;

11./III. 6, 5; 4, 8;

12./III.  $2\frac{1}{2}$ , 2;  $1\frac{1}{2}$ , 3;

13./III.	2, 1 $\frac{1}{2}$ ;	3, 2 $\frac{1}{2}$ ;
14./III.	5, 4;	S, 6;
16./III.	1 $\frac{1}{2}$ , 3;	2 $\frac{1}{2}$ , 2;
17./III.	4, S	6, 5;
18./III.	1 $\frac{1}{4}$ , 1 $\frac{1}{10}$ ;	1, 1 $\frac{1}{2}$ ;
19./III.	1 $\frac{1}{10}$ , 1;	1 $\frac{1}{2}$ , 1 $\frac{1}{4}$ ;

Die Resultate meiner zweiten Gruppe von Versuchen waren folgende:

Tabelle III.

Nicolstellung:		22°								25°			
Lichtintensität:		0,14033								0,17862			
Grösse des Intervalles:		S	6	5	4	3	2 $\frac{1}{2}$	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{10}$
	3./III.	—	—	—	—	—	—	—	—	69	67	63	51
	4./III.	—	—	—	—	—	—	—	—	64	32	58	60
Anzahl	9./III.	10	17	29	21	—	—	—	—	—	—	—	—
	10./III.	—	—	—	—	31	19	56	40	—	—	—	—
in 100	11./III.	47	29	35	42	—	—	—	—	—	—	—	—
	12./III.	—	—	—	—	11	27	18	12	—	—	—	—
Ver-	13./III.	—	—	—	—	15	22	16	22	—	—	—	—
	14./III.	25	37	14	27	—	—	—	—	—	—	—	—
suchen	16./III.	—	—	—	—	43	45	60	36	—	—	—	—
	17./III.	32	39	48	43	—	—	—	—	—	—	—	—
am:	18./III.	—	—	—	—	—	—	—	—	79	87	66	47
	19./III.	—	—	—	—	—	—	—	—	63	65	68	42
r % in 400 Versuchen:		28 $\frac{1}{2}$	30 $\frac{1}{2}$	31 $\frac{1}{2}$	33 $\frac{1}{4}$	25	28 $\frac{1}{4}$	37 $\frac{1}{2}$	27 $\frac{1}{2}$	68 $\frac{3}{4}$	62 $\frac{3}{4}$	63 $\frac{3}{4}$	50

Betrachten wir die Zahlen für die mit derselben Intensität untersuchten Intervalle 1 $\frac{1}{2}$ —6 und für die Versuche ohne Ablenkung, so fällt vor allen Dingen auf, dass die Zahl der richtigen Fälle, wenn kein ablenkender Reiz vorausgeht, eine kleinere ist, als bei den meisten Versuchen mit Ablenkung; es ist also klar, dass der ablenkende Reiz ausser seiner bezweckten Wirkung noch eine andere haben musste, die der ersteren gerade entgegengesetzt war und wenn man

bedenkt, wie meine Versuche angestellt waren, so lässt sich auch leicht sagen, was für eine Wirkung das sein mochte; ich erinnere daran, dass in meinen Versuchen immer 50 Versuche mit demselben Intervall aufeinander folgten; sobald ich nun ein Mal den Prüfungsreiz gesehen hatte, hatte sich mir das Intervall zwischen Ablenkungs- und Prüfungsreiz eingeprägt und ich wusste in den folgenden Versuchen ziemlich genau, wann ich den Prüfungsreiz zu erwarten hatte; der Ablenkungsreiz wirkte also gleichzeitig als Signal; in meiner ersten Versuchsgruppe muss diese Signalwirkung selbstverständlich auch vorhanden gewesen sein, offenbar aber ist sie hier von der ablenkenden Wirkung überall überwogen worden; dass sich dieses Verhältniss in der zweiten Gruppe zum Theil umgekehrt hat, erkläre ich mir durch die Annahme, dass ich mich, in dem Bestreben, den Prüfungsreiz möglichst oft zu sehen, allmählich darin geübt habe, von der ablenkenden Wirkung abzusehen, die Signalwirkung aber nach Möglichkeit auszunutzen.

Ferner finden wir hier wiederum 2 Gipfel, an denen die Anzahl richtiger Fälle am grössten ist; der eine dieser Gipfel liegt, wie in der vorigen Gruppe bei 2 Sec. der andere nicht wie dort bei 5, sondern bei 4 Secunden; die Existenz zweier solcher Gipfelpunkte innerhalb des Bereiches der geprüften Intervalle schien mir somit gesichert, fraglich ihre genauere Localisation; der zweite Gipfel lag wahrscheinlich zwischen 4 und 5 Sec.; der erste brauchte auch nicht gerade bei 2 Sec. zu liegen, sondern konnte entweder zwischen  $1\frac{1}{2}$  und 2 oder 2 und  $2\frac{1}{2}$  sich befinden; das Letztere war wahrscheinlicher, als das Erstere, weil in jeder der beiden Versuchsgruppen das Intervall  $2\frac{1}{2}$  einen grösseren Procentsatz richtiger Fälle aufwies, als  $1\frac{1}{2}$ ; liess sich nun wirklich

nachweisen, dass der eine Gipfel zwischen 2 und  $2\frac{1}{2}$  Sec., der andere zwischen 4 und 5 Sec. lag, so war das insofern interessant, als dann der 2. Gipfel einem doppelt so grossen Intervall entsprach, wie der erste; ich machte mich daher an die Untersuchung der Intervalle  $4\frac{1}{4}$ ,  $4\frac{1}{2}$  und  $4\frac{3}{4}$  Sec.; da ich aber diese Versuche mit einer viel grösseren Uebung anstellte, konnte ich sie nicht ohne Weiteres mit den früheren vergleichen, sondern zum Vergleich untersuchte ich das Intervall 5 mit; auch hier gebrauchte ich die schon früher erwähnten Vorsichtsmassregeln in der Vertheilung der Intervalle, nur brauchte ich keine schädliche Beeinflussung der Versuche durch die fortschreitende Uebung zu befürchten, da immer dieselben Intervalle untersucht wurden; es konnte daher an jedem Abend eine beliebige der 4 möglichen Reihenfolgen gewählt werden, nur dass es an jedem Abend eine andere sein musste; ich liess die Auswahl der Reihenfolgen durch den Hilfsbeobachter treffen, ohne dass ich selbst wusste, welche er nahm, denn da ich bei diesen Versuchen ein ganz bestimmtes Resultat erwartete, wäre eine Beeinflussung der Versuchsergebnisse durch meine Wünsche leicht möglich gewesen.

In den Tabellen IV und V gebe ich die Resultate für die Intervalle  $4\frac{1}{4}$ —5 bei zwei verschiedenen Intensitäten:

Tabelle IV.

Nicolstellung:		22°			
Lichtintensität:		0,14033			
Grösse des Intervalles:		5.	$4\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{4}$
Anzahl der r	20./III.	77	85	78	66
in 100	24./III.	51	60	66	47
Versuchen	25./III.	59	52	40	64
am:	26./III.	16	35	28	17
r % in 400 Versuchen:		$50\frac{3}{4}$	58	53	$48\frac{1}{2}$

Tabelle V.

Nicolstellung:		21°			
Lichtintensität:		0,12843			
Grösse des Intervalles:		5	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>
Anzahl der r in 100	27./III.	24	25	22	11
	28./III.	51	48	47	57
Versuchen am:	30./III.	17	18	40	23
	31./III.	29	20	16	16
r % in 400 Versuchen:		30 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	27 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	31 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	26 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>

Aus vorstehenden Tabellen sieht man, dass in der That der Gipfel zwischen 4 und 5 Sec. liegt, indem ein Mal 4<sup>3</sup>/<sub>4</sub> das andere Mal 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Sec. das Maximum an richtigen Fällen aufweisen; dass bei 4 Secunden nicht etwa noch mehr richtige Fälle vorhanden sein würden, kann man mit einiger Wahrscheinlichkeit schon daraus schliessen, dass schon bei 4<sup>1</sup>/<sub>4</sub> Sec. in beiden Gruppen ein Sinken stattfindet, und bei der später mitzutheilenden genaueren Berechnung wird sich diese Vermuthung bestätigt finden.

Aus den Tabellen ist auch ersichtlich, dass die Uebung wirklich noch Fortschritte machte: die Versuche der Tabelle IV sind mit derselben Intensität angestellt, wie die der Tabelle III, trotzdem ist die Zahl der richtigen Fälle für das Intervall 5 in der Tabelle IV beträchtlich grösser, als in Tabelle III.

Ich unterwarf jetzt die Intervalle 2<sup>1</sup>/<sub>8</sub>, 2<sup>1</sup>/<sub>4</sub> und 2<sup>3</sup>/<sub>8</sub> einer Prüfung und zwar zusammen mit dem Intervall 2, unter Beobachtung derselben Cautelen, wie bei den Intervallen 4<sup>1</sup>/<sub>4</sub>—5 erwähnt; ich erhielt hierbei folgende Zahlen:

Tabelle VI.

Nicolstellung:		22°			
Lichtintensität:		0,14033			
Grösse des Intervalles:		2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2
Anzahl der r in 100	3./IV.	32	56	43	32
	4./IV.	10	51	50	28
Versuchen am:	5./IV.	38	41	38	48
	6./IV.	69	58	50	63
r % in 400 Versuchen:		52 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	51 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	45 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	42 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>

Tabelle VII.

Nicolstellung:		22,5°			
Lichtintensität:		0,14645			
Grösse des Intervalles:		2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2
Anzahl der r in 100	7./IV.	90	84	79	87
	10./IV.	34	48	15	33
Versuchen am:	12./IV.	24	32	33	26
	13./IV.	41	37	33	32
r % in 400 Versuchen:		47 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	50 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	40	44 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>

Auch hier finden wir unsere Voraussetzung bestätigt, dass der Gipfel zwischen 2 und 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Sec. liegen werde, und zwar liegt er auch hier wieder das eine Mal bei 2<sup>3</sup>/<sub>8</sub>, das andere Mal bei 2<sup>1</sup>/<sub>4</sub>, also genau entsprechend der Lage des Gipfels bei 4<sup>3</sup>/<sub>4</sub> und 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Secunden.

Ferner fällt uns auf, dass die Procentsätze richtiger Fälle in der Tabelle VII fast durchweg kleiner sind, als die den gleichen Intervallen entsprechenden der Tabelle VI, obwohl die Intensität das zweite Mal grösser ist, als das erste; ich bin geneigt mir dieses dadurch zu erklären, dass die Tage in dieser Zeit (3.—13. April) schnell länger werden, so dass die helle Tageszeit immer mehr an die Stunde heranrückte, in der ich meine Versuche ausführte.

Es erübrigt mir nun noch aus den bei den verschiedenen Intensitäten erhaltenen  $r\%$  diejenigen Intensitäten durch Rechnung zu finden, welche  $50\%$   $r$  ergeben müssen; ich habe dieses nach der auf S. 30 angeführten Formel gethan, und zwar zuerst nach Tabelle II. und III. für die in denselben angeführten Intervalle; nachdem ich hierauf mit den Intervallen  $4^{1/4} - 5$  nach Tabelle IV. und V. in derselben Weise verfahren war, wobei sich, wie erwartet, herausstellte, dass der Schwellenwerth für das Intervall 5 in Folge der Uebung gesunken war, berechnete ich die Werthe, die den Intervallen  $4^{1/4} - 4^{3/4}$  hätten entsprechen müssen, wenn sie mit derselben Uebung untersucht worden wären, wie die Intervalle der Tabelle II. und III, indem ich annahm, dass dieselben sich zu den nach Tabelle IV. und V. gefundenen ebenso verhalten müssten, wie der aus Tabelle II. und III. zu dem aus Tabelle IV. und V. berechneten für das Intervall 5.

Für die Intervalle  $2 - 2^{3/8}$  konnte ich den Schwellenwerth nicht nach der Fechner'schen Formel berechnen, weil die in Tabelle VII mitgetheilten Versuche, obgleich mit einer grösseren Lichtintensität angestellt, wie die der Tabelle VI, doch meist eine kleinere Anzahl richtiger Fälle ergaben, so dass die Rechnungsergebnisse absurd sein müssen; einen Nothbehelf fand ich darin, dass ich für jedes der 4 Intervalle das arithmetische Mittel aus den bei den beiden Intensitäten erhaltenen  $r\%$  berechnete; ich erhielt so die  $r\%$ , die sich für irgend eine zwischen den beiden untersuchten Intensitäten liegende Intensität und bei einem mittleren Zustande der Netzhautempfindlichkeit hätten herausstellen müssen; ich nahm nun weiter an, dass die den Schwellenwerthen entsprechenden Intensitäten sich umgekehrt proportional den bei einer und derselben Intensität gefundenen

$r\%$  verhalten würden, was ja eigentlich nicht richtig ist, aber wenigstens der Thatsache entspricht, dass mit einem Steigen von  $r\%$  jedes Mal ein Sinken des Schwellenwerthes Hand in Hand gehen muss; ich erhalte auf diese Weise wenigstens den allgemeinen Gang des Schwellenwerthes bei den einzelnen Intervallen, ohne dass die Unterschiede zwischen den erhaltenen Intensitäten quantitativ richtig sind.

Schliesslich habe ich auch aus den in Tab. I für die Intervalle 7—9 mitgetheilten Zahlen den Gang des Schwellenwerthes berechnet, indem ich ihn ebenfalls umgekehrt proportional setzte den bei einer und derselben Intensität gefundenen  $r\%$ .

Ich habe dieses gethan, obwohl die Anzahl der Versuche für jedes dieser Intervalle nur eine verhältnissmässig geringe, nämlich 100 ist (während für jedes der übrigen Intervalle je 800 Versuche gemacht worden sind), weil sich ungefähr bei 7 Secunden wieder ein Gipfel der Aufmerksamkeit finden muss, wenn die oben gefundene Periodicität wirklich vorhanden ist, und sich auch in der That findet, wobei ich es jedem überlasse, zu entscheiden wieviel Beweiskraft er dem aus 100 Versuchen gewonnenen Resultate beimessen will.

Meine Rechnungen ergaben folgende Zahlen für die Intensität des Schwellenwerthes ohne Ablenkung ( $S$ ) und mit Ablenkung in den beistehenden Intervallen:

$S$	—	0,15164	5	—	0,16043
9	—	(0,14667)	$4\frac{3}{4}$	—	0,15685
8	—	(0,14901)	$4\frac{1}{2}$	—	0,15888
7	—	(9,14431)	$4\frac{1}{4}$	—	0,16205
6	—	0,16340	4	—	0,16543

3	—	0,17	$1\frac{1}{2}$	—	0,16450
$2\frac{1}{2}$	—	0,16172	1	—	0,16686
$2\frac{3}{8}$	—	(0,13346)	$\frac{1}{2}$	—	0,17333
$2\frac{1}{4}$	—	(0,13051)	$\frac{1}{4}$	—	0,12636
$2\frac{1}{8}$	—	(0,15576)	$\frac{1}{10}$	—	0,17862
2	—	0,15219			

Aus diesen Zahlen habe ich eine Curve construirt (s. Curventafel), in welcher die Ordinaten die Grösse des Schwellenwerthes, die Abscissen die Grösse des Intervalles angeben; die Curve ist so gezeichnet, dass die Abscissenaxe über der ganzen Curve zu suchen ist, so dass ein Ansteigen der Curve einem Sinken des Schwellenwerthes oder Steigen der Aufmerksamkeit entspricht. Die horizontale Linie giebt die Aufmerksamkeitsspannung an, wenn kein ablenkender Reiz dem Prüfungsreiz vorausgeht.

Den Gang der Curve bei den Intervallen  $2\frac{1}{8}$ — $2\frac{3}{8}$  und 7—9 habe ich mit einer unterbrochenen Linie gezeichnet, um die Unsicherheit ihres Verlaufes an jenen Stellen anzudeuten; aus demselben Grunde habe ich die Zahlen, nach denen dieser Theil der Curve gezeichnet ist, eingeklammert.

Die Zahlen und die Curve zeigen die uns schon bekannten 2 (resp. 3) Gipfel der Aufmerksamkeit, von denen sich der eine bei  $4\frac{3}{4}$  Sec., der andere nicht genau bei der Hälfte von  $4\frac{3}{4}$  sondern bei  $2\frac{1}{4}$  Sec. befindet; wie wir früher gesehen haben, lag er in den Versuchen der Tabelle IV bei  $4\frac{3}{4}$ , in denen der Tabelle V bei  $4\frac{1}{2}$  Sec.; dem entsprechend in den Tabellen VI und VII bei  $2\frac{3}{8}$  und  $2\frac{1}{4}$  Sec., es lässt sich also vermuthen, dass er in Wirklichkeit jedesmal zwischen beiden Intervallen liegen wird, und dass somit der 2. Gipfel in der That bei einem Vielfachen des

ersten liegt; dass dieses sich in der Schlussberechnung nicht auch zeigt, mag entweder von noch nicht völlig ausgeglichenen Zufälligkeiten herrühren, oder mit der Ungenauigkeit der Zeitbestimmung zusammenhängen, ja wenn man bedenkt, wie gross die Ungenauigkeit in der Bestimmung der Gleichzeitigkeit war, so kann man von Glück sagen, dass die Resultate noch eine so grosse Gesetzmässigkeit zeigen.

Was uns aber an den Zahlen noch besonders auffällt, ist ein vierter Gipfel bei  $\frac{1}{4}$  Sec. dieser konnte in der Tabelle II nicht hervortreten, weil das Intervall  $\frac{1}{4}$  hier mit einer anderen Intensität untersucht wurde, als alle grösseren Intervalle; in der Tabelle III ist die Intensität für die Intervalle  $1 - \frac{1}{10}$  die gleiche, hier aber findet sich nur eine ganz geringe Andeutung eines Gipfels beim Intervall  $\frac{1}{4}$ , indem dasselbe 1 %  $r$  mehr aufweist, als das Intervall  $\frac{1}{2}$ , dagegen schon wieder 5 % weniger, als das Intervall 1; ich möchte daher kein Gewicht auf diesen durch die Rechnung gefundenen vierten Gipfel legen, namentlich auch, weil die beiden  $r^0/0$ , aus denen er berechnet ist, (68 und  $63\frac{3}{4}\%$ ) beide grösser als 50 sind, und zwar beträchtlich grösser und nahe aneinanderliegen; während meine Berechnungen der 50 %  $r$  ergebenden Intensitäten sonst meist Interpolationen waren, indem die beiden  $r^0/0$ , aus denen die Berechnung geschah, zu beiden Seiten von 50 % lagen, haben wir es hier mit einer Extrapolation zu thun, und zwar aus zwei nahe aneinanderliegenden Punkten, die von dem gesuchten Punkt weit entfernt sind, was natürlich nur ein höchst ungenaues Resultat geben kann.

Da ferner für die Existenz der beiden (resp. 3) anderen Gipfelunkte, wie im folgenden Abschnitte gezeigt werden wird,

Manches spricht, was auch andere Autoren gefunden haben, während sich ähnliche Stützen für den Gipfel bei  $\frac{1}{4}$  Sec. nicht finden, so bin ich einstweilen geneigt, sein wirkliches Dasein zu bezweifeln; ich habe daher das Intervall  $\frac{1}{4}$  bei der Zeichnung der Curve nicht berücksichtigt.

Da eine regelmässige Wiederkehr der Gipfelpunkte mir festzustehen scheint und die Berechnung der zwischen den Gipfeln liegenden Zeit nach dem Gipfel bei  $4\frac{3}{4}$  Sec. offenbar genauer ist, als nach dem bei  $2\frac{1}{4}$  Sec., weil ein Fehler der Bestimmung der zwischen Ablenkungs- und Prüfungsreiz liegenden Zeit bei  $4\frac{3}{4}$  Sec. relativ weniger in's Gewicht fällt, so betrachte ich in den folgenden Abschnitten  $4\frac{3}{4}$  und die Hälfte davon,  $2\frac{3}{8}$  Sec., als die für die Auffassung des Prüfungsreizes günstigsten Intervalle.

## Discussion der bisher erhaltenen Resultate.

Die bei meinen Versuchen sich offenbarende Periodicität erinnert an eine ganz ähnliche Erscheinung bei Zeitschätzungsversuchen. Estel<sup>1)</sup>, Mehner<sup>2)</sup> und Glass<sup>3)</sup> haben übereinstimmend gefunden, dass gewisse Zeiten im Mittel überschätzt, andere unterschätzt, noch andere durchschnittlich richtig geschätzt werden, und dass die Punkte, an denen die Richtigschätzung eintritt, oder an denen das geschätzte Intervall sich dem zu schätzenden wenigstens nähert, meist Multipla eines und desselben Intervalles sind. Die Wellenlänge — um mich eines bildlichen Ausdruckes zu bedienen — ist zwar bei den genannten 3 Autoren eine verschiedene, doch scheint mir dieses im Allgemeinen nicht gegen die Vertrauenswürdigkeit ihrer Versuche zu sprechen, sondern ich glaube, dass die Abweichungen eine Folge der Verschiedenheit in den Versuchsbedingungen sind, unter denen die Versuche angestellt wurden. Ich halte es daher auch für möglich, dass die von mir gefundene

---

1) Neue Versuche über den Zeitsinn. St. Bd. II. 1885. S. 37. Ueber die Frage des Weber'schen Gesetzes und Periodicitätsgesetzes im Gebiete des Zeitsinnes. Ebenda S. 475.

2) Zur Lehre vom Zeitsinn. Ebenda S. 546.

3) Kritisches und Experimentelles über den Zeitsinn. St. Bd. IV, 1888. S. 423.

Periodicität in engem causalen Zusammenhang mit der bei Zeitschätzungen entdeckten steht, obwohl die Wellenlänge bei mir  $2\frac{3}{8}$  Secunden beträgt, bei Estel dagegen 0,75, bei Mehner 1,4, bei Glass 1,25 Sec. Diesen Zusammenhang kann man sich in folgender Weise denken.

Je genauer man den Zeitpunkt kennt, in welchem man einen schwachen Reiz zu erwarten hat, desto mehr kann man seine Aufmerksamkeit auf den betreffenden Punkt concentriren, desto leichter wird man also den Reiz wahrnehmen; geht demselben ein Signal voraus und bleibt die Zwischenzeit zwischen diesem und dem Reiz in einer längeren Versuchsreihe dieselbe, so wird offenbar die Aufmerksamkeitsspannung auf denselben um so grösser sein, je genauer man die einmal angegebene Zeit zu reproduciren vermag; nun ist in meinen Versuchen die Bedingung eines immer um ein bestimmtes Intervall dem Prüfungsreiz vorausgehenden Signales verwirklicht, denn dass der Ablenkungsreiz gleichzeitig als Signal wirken musste, darauf habe ich schon oben hingewiesen, und wenn man die Annahme macht, dass unter meinen Versuchsbedingungen die Zeitschätzung bei  $2\frac{3}{8}$  und  $4\frac{3}{4}$  Secunden relative Maxima der Genauigkeit, d. h. Maxima der Genauigkeit im Vergleich zu den Nachbarzeiten, erreicht, so ist damit der hohe Grad der Aufmerksamkeit an jenen Punkten erklärt.

Nach dem eben auseinandergesetzten Zusammenhang der Dinge wäre also die periodische Schwankung der Aufmerksamkeit eine Folge der periodischen Schwankung in der Genauigkeit der Zeitschätzung; es ist aber auch denkbar, dass eine regelmässige Ab- und Zunahme der Aufmerksamkeit unabhängig von irgend welcher Zeitschätzung besteht, möglicherweise sogar als die Ursache für die Periodicität

in derselben aufzufassen ist und in der That sind von Nicolai Lange <sup>1)</sup>) Beobachtungen über Wellenbewegungen in der Aufmerksamkeitsspannung gemacht worden, unter Umständen, wo von einer Zeitschätzung überhaupt nicht die Rede sein konnte. Lange richtete seine Aufmerksamkeit auf einen, seinem Schwellenwerthe nahen Reiz, wobei er fand, dass derselbe in regelmässigem Rhythmus aus dem Bewusstsein schwand und wieder in demselben auftauchte, dass also nach regelmässigen Zwischenpausen Wellenberge der Aufmerksamkeit vorhanden waren, zwischen denen die entsprechenden Thäler lagen, es wäre nun denkbar, dass auch in meinen Versuchen der Ablenkungsreiz stark die Aufmerksamkeit auf sich zieht und dadurch einen Wellenberg derselben bezüglich optischer Reize künstlich herstellt, ohne Rücksicht auf die Phase der Aufmerksamkeitsschwankung, die sonst vorhanden gewesen wäre; der auf diese Weise erzeugte Wellenberg aber bestimmt dann natürlich die Lage aller folgenden Wellenberge, welche von ihm um die einfache, doppelte etc. Wellenlänge entfernt sind; bei meinen Versuchen würde die Wellenlänge dann  $2\frac{3}{8}$  Sec. betragen, während Lange dieselbe für optische Reize bei einer Versuchsperson gleich 3,0, bei der anderen gleich 3,4 Sec. fand; dieser Unterschied würde aber nicht hindern, auch meine Resultate auf die von Lange gefundene Periodicität zurückzuführen, wegen der Möglichkeit individueller sowie durch die abgeänderten Versuchsbedingungen begründeter Verschiedenheit.

Eine Entscheidung zwischen den beiden eben als möglich hingestellten Annahmen liess sich dann treffen, wenn

1) Beiträge zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit und der activen Apperception, St. IV, 1888, S. 404.

man Versuche anstellte, in denen die Grösse der Intervalle beständig wechselt; stellte sich dann auch noch derselbe Gang der Curve heraus, so war es klar, dass die begünstigte Stellung der Intervalle  $2\frac{3}{8}$  und  $4\frac{3}{4}$  Sec. nicht von der Genauigkeit der Zeitschätzung an diesen Punkten abhängen konnte, dass also dann nur noch die zweite Annahme zur Erklärung der Erscheinungen übrig blieb.

Solche Versuche habe ich angestellt und beschreibe sie im nächsten Abschnitte, vorher will ich noch auf die besondere Rolle hinweisen, die das Intervall von etwas über 2 Secunden sowohl bei der Zeitschätzung, als auch bei der Anspannung der Aufmerksamkeit spielt.

In meinen Versuchen ist die Aufmerksamkeitsspannung bei  $2\frac{3}{8} = \text{ca. } 2,4$  Sec. am grössten; ebenso erzielt Ludwig Lange <sup>1)</sup> bei seinen Versuchen über Reactionszeiten grössere Wirkung eines Signals, wenn er dasselbe 2 Sec. dem zu registrirenden Haupteindrucke vorausgehen liess, als wenn er statt dessen 1 oder 3 Secunden wählte, was sich darin zeigt, dass die Reactionszeiten bei 2 Sec. fast durchgängig niedriger sind, als die unter sonst gleichen Umständen mit 1 und 3 Sec. erhaltenen. Ferner giebt Ewald <sup>2)</sup> an, die constantesten Reactionszeiten zu erhalten, wenn er ca. 2 Sec. vorher ein Signal giebt. Bei Wundt <sup>3)</sup> sind Versuche über die Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen gemacht worden und man hat gefunden, dass dieselbe am grössten ist, wenn die zwischen den beiden zu vergleichenden Tönen liegende

1) Neue Experimente über den Vorgang der einfachen Reaction auf Sinneseindrücke. St., IV, 1888. S. 492.

2) Bericht aus den Sectionen der 61. Naturforscher-Versammlung. Berl. klin. Wochenschr. 1888, Nr. 44.

3) Ps. II. S. 261.

Zeit „etwa 2 Sec.“ beträgt, wozu ich noch bemerke, dass die beigegebene graphische Darstellung der Abhängigkeit der Schätzungssicherheit von der Intervallgrösse darauf hindeuten scheint, dass die Zeit genauer nahezu  $2\frac{1}{2}$  Sec. beträgt, was besser mit meinem Intervall  $2\frac{3}{8}$  stimmt; auch insofern zeigt die Wundt'sche Curve Aehnlichkeit mit der meinigen, als auch bei ihr zwischen 4 und 5 Sec. sich ein zweiter etwas niedrigerer Gipfelpunkt findet.

Auch bei den Zeitschätzungsversuchen der Eingangs dieses Abschnittes erwähnten 3 Autoren ist die Zeit von 2 bis  $2\frac{1}{2}$  Sec. begünstigt, wie verschieden auch sonst die von ihnen gefundenen Perioden der Wiederkehr bevorzugter Zeitpunkte sein mögen: bei Estel<sup>1)</sup> erreicht der constante Fehler in allen seinen verschiedenen angestellten Versuchsreihen sogenannte relative Minima bei Zeiten zwischen 2 und 2,5 Sec., bei Mehner<sup>2)</sup> ist der constante Fehler in der Gegend von  $2,15 = 0$  und daselbst erreicht auch die relative Unterschiedsempfindlichkeit ihr absolutes Maximum; Glass endlich findet die Zeit, bei welcher der constante Fehler gleich Null ist, bei etwa 2,5 Sec.<sup>3)</sup> und auch bei ihm ist die relative Unterschiedsempfindlichkeit in der Nähe dieses Werthes, nämlich bei 2,25 und 2,5 am grössten<sup>4)</sup>.

1) Siehe die Curven auf S. 45, 47, 56 der Estel'schen Arbeit.

2) Siehe Tafel VI des II. Bd. der St. Fig. 1 und 2.

3) Siehe die Curve auf S. 454 der erwähnten Arbeit.

4) Siehe in Tab. III. S. 453, die Werthe für  $\frac{t}{\Delta m}$ .

## Versuche mit beständigem Wechsel der Intervalle.

Um für jeden Versuch das Intervall zu ändern, konnte ich den Rhythmographen in der Weise benutzen, dass ein zweiter Hilfsbeobachter nach jedem Versuch die Zeigerstellung veränderte; dies hätte aber sehr viel Zeit in Anspruch genommen, ich begnügte mich daher mit einer zwar weniger genauen aber auch nicht so zeitraubenden Methode, die einfach darin bestand, dass ein Hilfsbeobachter nach den Schlägen eines Maëlzel'schen Metronoms die beiden Nebenschliessungen durch Drücken auf den Knopf je eines Telegraphenschlüssels schloss; je nach der Länge des Intervalles liess er eine verschiedene Anzahl von Metronomschlägen vorübergehen. Um mich davon zu überzeugen, wie gross die gemachten Fehler seien, stellte ich darüber Messungen mit dem Hipp'schen Chronoskop an, indem ich beide Schlüssel in den Strom einschaltete, der auch durch das Chronoskop ging und durch Niederdrücken des einen Schlüssels den Strom schliessen, durch Niederdrücken des zweiten denselben unterbrechen liess; ich fand, dass bei Herr stud. med. Falk, der die Herstellung der Intervalle übernahm, nach einiger Uebung Fehler von mehr als 0,1 Sec. nur ausnahmsweise vorkamen; ich konnte mich damit um so mehr zufrieden geben, als ich nur grössere Intervalle und zwar

solche, deren Unterschied von einander mehr als eine Secunde betrug, mit einander vergleichen wollte, nämlich die Intervalle von 2,375 ( $= 2\frac{3}{8}$ ), 3,5625, 4,75 ( $= 4\frac{3}{4}$ ) und 5,9375 Secunden, die ich in Folgendem kurz der Reihe nach mit den Buchstaben *a*, *b*, *c*, *d* bezeichnen werde.

Wie man sieht, befinden sich unter ihnen die beiden Intervalle, auf denen die Signalwirkung ihren Höhepunkt erreicht (*a* u. *c*), ferner das in der Mitte zwischen beiden liegende (*b*) und endlich eines (*d*), das um denselben Betrag grösser als *c* ist, um welchen *b* grösser als *a* ist; um zwischen den beiden im vorigen Abschnitte besprochenen Annahmen zu entscheiden, schienen mir dies die geeignetesten Intervalle zu sein, wenn ich mich mit wenigen begnügen wollte; denn falls die beiden Gipfelpunkte bei  $2\frac{3}{8}$  und  $4\frac{3}{4}$  Secunden von primären Schwankungen der Aufmerksamkeit herrührten, so mussten sie auch hier an denselben Stellen auftreten und somit bei gleicher Intensität sich bei *b* weniger richtige Fälle ergeben, als bei *a* und ebenso bei *d* weniger als bei *c*; war dagegen die starke Aufmerksamkeitsspannung abhängig von der Zeitschätzung, so erwartete ich bei meinen neuen Versuchen völliges Fortfallen der Signalwirkung und ein reines Hervortreten der ablenkenden Wirkung, die ich mir nicht anders denken konnte als stetig abnehmend mit der Vergrösserung des Intervalles; die Zahl der richtigen Fälle hätte dann beim Intervall *b* grösser als bei *a* und bei *d* grösser als bei *c* sein müssen, also gerade umgekehrt, wie nach der ersten Hypothese.

Sämmtliche Intervalle sind Multipla der Zeit 1,1875; stellte ich diese im Metronom ein, so gab mir dasselbe die Intervalle *a*—*d* an, je nachdem wie viel Metronomschläge ich abzählte; wie man sich aber erinnern wird, entsprach



tervall ist darin 18 Mal enthalten, mit Ausnahme von  $a$ , mit welchem die Reihe beginnt und schliesst und welches 19 Mal vorkommt; bei der Berechnung der Versuche zählte dasjenige  $a$ , mit welchem die Reihe beginnt, nicht mit; es diente nur dazu, sämtliche Aufeinanderfolgen in richtiger Anzahl herzustellen.

Nachdem ich eine Reihe von 73 Versuchen gemacht hatte, pausirte ich jedesmal 5 Minuten lang, während welcher Zeit ich die Dunkelkammer nicht verliess: an einem Abend vollendete ich 6 solcher Reihen, was 432 verwerthbare Versuche gab; auf Ermüdungseinflüsse brauchte ich hier nicht so sorgfältig Rücksicht zu nehmen, weil dieselben alle Intervalle gleichmässig treffen mussten. Auf die angegebene Weise experimentirte ich 4 Abende immer mit derselben Lichtintensität und erhielt dabei folgende Resultate.

Tabelle VIII.

Nicolstellung:		24°			
Lichtintensität:		0,16543			
Grösse der Intervalle:		2,3	3,525	4,75	5,975
Anzahl der $r$ in je 108 Versuchen am:	11./IV.	62	76	69	59
	14./IV.	69	70	74	66
	15./IV.	59	72	68	57
	16./IV.	34	44	40	46
r % in 432 Versuchen:		51,8	60,6	58,1	52,8

Ein solches Ergebniss überraschte mich ungemein; wie schon erwähnt, hatte ich erwartet, dass sich entweder derselbe Gang der Curve herausstellen werde, wie bei den früheren Versuchen, oder dass die Zahl der  $r$  von den kleineren zu den grösseren Intervallen hin beständig zunehmen würde; statt dessen ist  $r$  % am grössten bei den

beiden mittleren Intervallen und nimmt nach dem grössten und kleinsten Intervall hin ab, eine Erscheinung, welche auch an den einzelnen Abenden sich wiederfindet, mit nur einer einzigen Ausnahme am letzten Abend beim grössten Intervall.

Eines wird durch diese Ergebnisse mindestens recht wahrscheinlich, dass nämlich in meinen ersten Versuchen nicht primäre Schwankungen der Aufmerksamkeit, sondern die Zeitschätzung eine wesentliche Rolle spielte, da jetzt, wo die Zeitschätzung unmöglich gemacht ist, sich die Ergebnisse so anders gestalten; oder soll man annehmen, dass doch in beiden Gruppen von Versuchen der Ausfall derselben durch eine ursprüngliche Wellenbewegung in der Aufmerksamkeitsspannung bedingt ist, nur dass die Wellenlänge sich unter den etwas veränderten Versuchsbedingungen abermals geändert hat, dass sie statt des früheren Werthes von 2,375 einen zwischen 3,525 und 4,75 Sec. liegenden angenommen hat?

Jedenfalls deuten die gefundenen Zahlen darauf hin, dass auch bei beständigem Wechsel der Intervalle die Signalwirkung des Ablenkungsreizes noch eine sehr wesentliche Rolle spielt; zwar wusste ich nicht genau, wie lange Zeit nach dem Ablenkungsreiz ich den Prüfungsreiz zu erwarten hatte, ich wusste aber, dass das Intervall zwischen den beiden Reizen nicht kleiner als 2,375 und nicht grösser als 5,975 Sec. sein konnte, es lag daher offenbar für mich am nächsten, meine Aufmerksamkeit unwillkürlich auf ein gewisses mittleres Intervall ungefähr einzustellen, da ja die beiden einander relativ naheliegenden mittleren Intervalle zusammen häufiger vorkamen, als jedes der beiden Extreme; auf diese Weise wurde es mir annähernd gleich

leicht, mich im einzelnen Versuche an jedes der beiden mittleren Intervalle zu accommodiren, während ich durch die Extreme in der Regel mehr oder weniger überrascht wurde.

Die Versuchsergebnisse wesentlich aus der ablenkenden Wirkung zu erklären, scheint mir deshalb nicht thunlich, weil ich mir nicht vorstellen kann, dass die ablenkende Wirkung mit der Grösse des zwischen Ablenkungs- und Prüfungsreiz liegenden Intervalles zunimmt, wie es bei der berührten Erklärungsweise beim Fortschreiten vom Intervall b bis zu d sein müsste.

Da ich sämtliche Intervalle mit der gleichen Intensität des Prüfungsreizes untersuchen konnte, und mir somit die Anzahl der  $r$  für die einzelnen Intervalle ein Mass für die Aufmerksamkeitsspannung bei denselben abgibt, so brauche ich hier nicht diejenigen Intensitäten zu berechnen, die bei den einzelnen Intervallen 50 %  $r$  geben, ich brauche also meine Versuche auch nicht mit einer zweiten Intensität zu wiederholen.

## Photometrische Bestimmung des Prüfungs- und Ablenkungsreizes, und Bestimmung der Dauer ihrer Einwirkung.

Eine Bestimmung der Reizschwelle für den Lichtsinn des Auges ist von Aubert<sup>1)</sup> gemacht worden, derselbe giebt als einen nach halbstündiger Adaptationszeit eben noch wahrnehmbaren Gegenstand (Aubert bestimmt also eigentlich nicht den Schwellenwerth des Reizes, sondern den eben merklichen Reiz, welcher natürlich unbedeutend grösser ist, als jener) „einen kleinen Streifen gewöhnlichen weissen Papiers von  $\frac{1}{2}$  mm. Breite“ an, wenn er aus einer Entfernung von 5,5 m. durch eine mattgeschliffene Glasplatte von 6,25 mm. Durchmesser, auf welche von aussen das Tageslicht fällt, beleuchtet wird. Aubert setzt die Helligkeit der Glasplatte gleich der des Mondes und ihre scheinbare Grösse vom beleuchteten Objekt aus gleich  $\frac{1}{300}$  der Mondscheibe.

Auberts Bestimmungen erheben keinen Anspruch darauf, sehr genau zu sein, so dass eingehendere Untersuchungen dieses Gegenstandes wünschenswerth waren; nach Aubert

1) Physiologische Optik, S. 486 in Gräfe und Sämisch, Handbuch der gesammten Augenheilkunde II. Bd. 2. Theil, Leipzig 1876

haben Schadow<sup>1)</sup> und später Butz<sup>2)</sup> gelegentlich ihrer Untersuchungen über das Verhältniss der Lichtempfindlichkeit in der Peripherie der Netzhaut zu der des Centrums vergleichende Schwellenbestimmungen für die verschiedenen Netzhauttheile gemacht und zwar nach einer viel genaueren Methode, als Aubert, indem sie zur messbaren Veränderung der Lichtintensität Nicols benutzten; doch haben sie keine Reduction der gefundenen Intensitäten auf bekannte oder leicht zu reproducirende Helligkeiten vorgenommen. Da es von Interesse sein kann, die von verschiedenen Autoren gefundenen Schwellenwerthe mit einander zu vergleichen, so habe ich für die meinigen eine solche Reduction ausgeführt.

Da ferner die Möglichkeit, einen Lichtreiz wahrzunehmen, nicht blos von seiner Helligkeit abhängt, sondern auch von der Länge seiner Einwirkung auf das Auge, und da ich mich bei meinen Versuchen davon überzeugt hatte, dass die Schwelle bei Lichtreizen von weniger als Sekundendlänge, wie ich sie anwandte, sogar erheblich stieg, wenn man die Dauer des Lichtreizes verkürzte, so musste ich auch eine Messung der Zeit vornehmen, während welcher die Abblendungsvorrichtung dem Lichte den Durchtritt gestattete.

Die beiden erwähnten Bestimmungen — die photometrische und die Zeitbestimmung -- habe ich dann auch für den Ablenkungsreiz ausgeführt, um dessen Stärke und Dauer mit der des Prüfungsreizes zu vergleichen; ich theile

1) Die Lichtempfindlichkeit der peripheren Netzhauttheile im Verhältniss zu deren Raum- und Farbensinn. Pflüger's Archiv. Bd. XIX, 1879.

2) Untersuchungen über die physiologischen Functionen der Peripherie der Netzhaut. Inaug.-Dissertation. Dorpat, 1883.

die dabei erhaltenen Resultate im Anschluss an die entsprechenden für den Prüfungsreiz mit.

Auch wenn man dem Prüfungsreiz die grösstmögliche Helligkeit gab, war er doch noch zu schwach, um auf ein weisses Blatt Papier bei  $L$  (Fig. 1) einen sichtbaren Schein zu werfen und das Gleiche gilt von der ein für alle Mal feststehenden Helligkeit des Ablenkungsreizes; die gebräuchlichen photometrischen Methoden, wie etwa die *Bunsen'sche*, waren daher hier nicht anwendbar, sondern es musste direkt die Helligkeit des Milchglases  $M_1$  resp.  $M_2$  mit irgend einer anderen leicht zu reproducirenden Helligkeit verglichen werden; als solche sollte mir dienen die Helligkeit, die weisses Papier hat, wenn es von einer Kerze in einer bestimmten Entfernung beschienen wird; selbstverständlich wäre es höchst wünschenswerth gewesen, die beiden erleuchteten Flächen direkt aneinander grenzen zu lassen und durch eine Art der Prismencombination, wie sie dem von *Lummer* und *Brodhun*<sup>1)</sup> construirten Photometer zu Grunde liegt, wäre dies in der That möglich gewesen; da mir aber die dazu nöthigen Prismen nicht zu Gebote standen, musste ich mich damit begnügen, das erleuchtete Milchglas mit einem beleuchteten Stück Papier von derselben Form und scheinbaren Grösse und in einer ebenso dunklen Umgebung zu vergleichen.

Zu diesem Zwecke hatte ich das eine Ende ( $q$ ) einer schwarzen Pappröhre von der in Figur IV abgebildeten Form mit einem Stücke schwarzen Cartonpapieres verklebt, in dessen Mitte eine kreisrunde Oeffnung ausgeschnitten war. Diese war von aussen verdeckt durch weissen Carton, der,

1) Zeitschr. für Instrumentenkunde IX, 2. 1889.

von der Oeffnung  $o$  aus beleuchtet werden konnte; diese ganze Röhre lag horizontal in meiner Dunkelkammer, so dass die Oeffnung  $p$  sich links neben dem Punkte  $L$  meiner Dunkelkammer befand, während die Enden  $o$  und  $q$  aus den Seitenwänden derselben durch zu diesem Zwecke gemachte Ausschnitte hervorragten; zwischen  $p$  und  $L$  war noch ein als Spiegel benutztes total reflectirendes Crown-Prisma aufgestellt, das die von dem weissen Carton ausgehenden Strahlen so reflectirte, dass sie aus derselben Richtung zu kommen schienen, wie die vom Milchglase ausgehenden. Nun stellte sich aber heraus, dass der schwarze Carton bei allen versuchten Beleuchtungsintensitäten durchaus nicht schwarz erschien, wie die Umgebung des Milchglases, sondern als ein recht helles Grau; mehrfaches Auftragen von Tusche half nichts; ich musste also zwischen meinem Auge und dem Carton ein Diaphragma einschalten, das mir nur den Ausblick auf den vom schwarzen Carton unbedeckt gebliebenen Theil des weissen gestattete und zwar brachte ich dies Diaphragma, welches ich mir in der empirisch festgestellten richtigen Grösse aus schwarzem Carton angefertigt, an der Oeffnung  $p$  an; selbstverständlich kann dieses Diaphragma bei Accommodation auf  $q$  keine scharfen Ränder haben und ich sah daher mein Beobachtungsobject zunächst von einem grauen Ringe umgeben, der nach der Peripherie zu dunkler wurde und schliesslich in tiefes Schwarz überging.

Bei der Messung des Prüfungsreizes hatte der Ausschnitt im schwarzen Carton einen Durchmesser von 12 mm.; da nämlich das das Milchglas verdeckende Diaphragma einen Durchmesser von 8 mm. hatte und sich in einer Entfernung von 14 cm. von der Convexlinse befand (welches, wie erwähnt, deren Brennweite war), das Licht aber, das

vom weissen Carton aus durch das Prisma hindurch in's Auge gelangte, einen Weg von 21 cm. zurücklegen musste, so musste ein Object von derselben scheinbaren Grösse, wie das Milchglas einen Durchmesser von  $\frac{8 \cdot 21}{14} = 12$  mm. haben.

Eine Normalkerze war leider im Augenblick nicht zu beschaffen; ich machte die Bestimmung mit Hilfe eines Stearinlichtes von 2 cm. Dicke (5 auf 1 *ll.*); dasselbe stand in einer solchen Entfernung von dem beleuchteten Cartonpapier, dass dasselbe deutlich dunkler war als das Milchglas, wenn es durch dieselbe Oeffnung in der Drehscheibe Licht erhielt, die ich auch bei allen Schwellenbestimmungen anwandte, und wenn alle 3 Nicols einander parallel standen. Die Entfernung betrug 672 cm. Jetzt drehte ich den einen der Nicols so lange, bis mir die beiden verglichenen Helligkeiten gleich zu sein schienen; dann notirte ich die Winkelstellung des Nicols und wiederholte den Versuch, jedoch in der Weise, dass ich jetzt von dem Punkte grösserer Dunkelheit des Milchglases ausging; so stellte ich 4 Paar Versuche an und indem ich aus den Winkelstellungen der Nicols die durchgelassenen Lichtintensitäten berechnete, erhielt ich folgende Zahlen: 0,311; 0,368; 0,357; 0,535; 0,324; 0,458; 0,282; 0,261, deren arithmetisches Mittel 0,362 beträgt; wie man sieht, sind die Schwankungen recht bedeutend: die grösste erhaltene Zahl 0,535, ist ungefähr doppelt so gross, wie die kleinste 0,261. Als Einheit der Helligkeit nehme ich hier, wie aus Vorstehendem ersichtlich, diejenige an, welche bei Parallelstellung aller 3 Nicols vorhanden ist, während ich früher bei Angabe der Schwellenwerthe diejenige Lichtmenge gleich 1 setzte, die von den Prismen durchgelassen wurde, wenn Nicol 2 und 3 mit

einander parallel waren, Nicol 1 aber auf  $20^\circ$  eingestellt war; in der früher angewandten Masseinheit ausgedrückt, ist also die Helligkeit, die ein Papier hat, das aus 672 cm. Entfernung von meiner Kerzenflamme beleuchtet wird,  $= \frac{0,362}{\sin^2 20^\circ}$ ; die Intensität des Schwellenwerthes für mein Auge war aber (S. 48)  $= 0,15164$  gefunden worden, das beleuchtete Papier hatte folglich eine  $\frac{0,362}{\sin^2 20^\circ \times 0,15164}$  Mal so grosse Helligkeit, als der Schwellenwerth, es hätte also dieselbe Helligkeit gehabt, wie dieser, wenn die Lichtquelle aus einer Entfernung von  $672 \sqrt{\frac{0,362}{\sin^2 20^\circ \times 0,15164}}$   $= 3036$  cm. das Papier beleuchtet hätte, oder wenn eine Kerze mit dem 921-sten Theil der Leuchtkraft der meinigen das Papier aus 1 m. Entfernung beschienen hätte.

Die Bestimmung der Helligkeit des Ablenkungsreizes nahm ich wesentlich in derselben Weise vor, nur dass ich hier das Licht hin und her schieben musste, bis die beiden verglichenen Helligkeiten einander gleich waren, weil ich die Helligkeit des Ablenkungsreizes selbst nicht verändern konnte. Da das als Ablenkungsreiz dienende erleuchtete Milchglas von einem Diaphragma von 10 mm. Durchmesser verdeckt war und die von ihm ausgehenden Strahlen einen Weg von 35 cm. zurücklegen mussten, so musste das von dem Auge 21 cm. entfernte beleuchtete Papier dieses Mal einen Durchmesser von  $\frac{21 \cdot 10}{35} = 6$  mm. haben.

Die beiden in Frage kommenden Helligkeiten schienen mir gleich zu sein, wenn das Licht in 8 Versuchen folgende in cm. angegebenen Entfernungen hatte: 71, 73, 78, 72, 88,  $80\frac{1}{2}$ ,  $80\frac{1}{2}$ , 82; da die Zahlen nicht sehr stark von

einander differiren, kann ich aus ihnen das arithmetische Mittel ziehen, statt, wie es streng genommen sein müsste, das Mittel der reciproken Werthe ihrer Quadrate zu berechnen und somit sagen, der Ablenkungsreiz ist eben so hell wie weisses Papier, wenn es aus einer Entfernung von 78 cm. von einer Stearinkerze beschienen wird oder aus einer Entfernung von 1 M. von einer Kerze mit der 1,6-fachen Leuchtkraft. Der Ablenkungsreiz ist somit  $921 \times 1,6 = 1515$  Mal so hell wie der Prüfungsreiz; leider hatte ich die scheinbare Grösse bei beiden nicht gleich gross genommen, sondern dieselbe war beim Prüfungsreiz doppelt so gross (lineare Ausdehnung) wie beim Ablenkungsreiz.

Die Bestimmung der Zeit, während welcher der Prüfungsreiz auf das Auge wirkte, führte ich in der Weise aus, dass ich am Anfangs- und Endpuncte des zur Verwendung gelangten Theiles der Oeffnung *abcd*, senkrecht zur Scheibe Stifte anbrachte, die dazu bestimmt waren, während der Drehung der Scheibe an dem zum Rhythmographen gehörigen Stromschliesser zuerst einen Strom zu schliessen und dann denselben wieder zu öffnen; derselbe Strom ging weiter durch ein Hipp'sches Chronoscop, an welchem ich die Zeit, die der Strom geschlossen gewesen war, ablas; liess ich nun die Abblendungsscheibe ihre Drehbewegung auf dieselbe Weise ausführen, wie sie es während der Versuche gethan, so konnte ich die Zeit der Einwirkung des Lichtreizes am Chronoscop direct ablesen.

Ich führte auf die angegebene Weise 5 Bestimmungen aus, die im Mittel 0,448 Secunden ergaben (Minimum 0,441, Maximum 0,460 Secunden).

Auf dieselbe Weise bestimmte ich auch die Dauer der Einwirkung des Ablenkungsreizes und fand hier, ebenfalls

als Mittel aus 5 Bestimmungen, 0,171 Secunden (Minimum 0,162, Maximum 0,181 Secunden).

Die Mängel, die meiner Bestimmung des Schwellenwerthes für den Lichtsinn anhaften, sind folgende:

1. Die Dunkelheit, in der ich mich befand, war keine genügend grosse.

2. Die photometrische Bestimmung des Schwellenwerthes ist ungenau; dieselbe zeigt in ihren Einzelbestimmungen nicht nur die obenerwähnten erheblichen Schwankungen, sondern ist überdies noch möglicherweise mit einem constanten Fehler behaftet, indem nämlich das beleuchtete Milchglas gegenüber dem ziemlich reinen Weiss des beleuchteten Papieres einen Stich in's Gelbliche zeigte, wodurch die Vergleichung erschwert wird.

3. Wenn man es sich nicht zur speciellen Aufgabe macht, die Abhängigkeit der Grösse der Reizschwelle von der Wirkungszeit des Reizes zu untersuchen, scheint es mir am geeignetesten, diese Zeit so gross zu wählen, dass eine weitere Vergrösserung der Zeit kein merkliches Sinken der Schwelle mehr zur Folge hat; diese Bedingung war, davon habe ich mich überzeugt, bei mir nicht erfüllt; im Interesse aber meiner Ablenkungsversuche konnte ich die Zeit nicht grösser nehmen.

## Resumé.

1. Der Spannungsgrad der Aufmerksamkeit lässt sich unter geeigneten Versuchsbedingungen als umgekehrt proportional dem jedes Mal gefundenen Schwellenwerthe betrachten.
2. Durch Einwirkung eines Reizes lässt sich die auf andere Reize gerichtete Aufmerksamkeit auf einige Zeit ablenken.
3. Ausserdem aber hat der ablenkende Reiz auch eine Signalwirkung, wenn die Versuchsperson genau oder auch annähernd die Grösse des Intervalles zwischen Ablenkungs- und Prüfungsreiz kennt.
4. Der Grad der Aufmerksamkeitsspannung wird durch die ablenkende und die Signalwirkung des Ablenkungsreizes bestimmt; weiss die Versuchsperson immer genau, wie lange Zeit nach dem Ablenkungsreiz sie den Prüfungsreiz zu erwarten hat, so erreicht die resultirende Aufmerksamkeitsspannung Maximalwerthe bei gewissen Intervallen, welche Multipla eines und desselben Intervalles sind, während sie bei den zwischenliegenden Intervallen geringere Werthe annimmt.
5. Da sich annehmen lässt, dass die ablenkende Kraft eines Reizes mit der Vergrösserung seines zeitlichen Abstandes vom Prüfungsreiz stetig abnehmen wird, so lässt

sich die eben erwähnte Periodicität der Aufmerksamkeitsspannung nur auf eine periodische Zu- und Abnahme der Signalwirkung beziehen; vermuthlich ist diese wieder eine Folge der Periodicität in der Zeitschätzung.

6. Weiss die Versuchsperson nicht genau, ein wie grosses Intervall zwischen Ablenkungs- und Prüfungsreiz sie jedes Mal zu erwarten hat, sondern nur, dass dasselbe zwischen zwei Grenzwerten liegen muss, so ist die Aufmerksamkeitsspannung am grössten bei den zwischen den Grenzwerten liegenden mittleren Intervallen.

7. Als Schwellenwerth für den Lichtsinn habe ich diejenige Helligkeit erhalten, die ein kreisrundes Stück weissen Papieres von 12 mm. Durchmesser und in 21 cm. Entfernung vom Auge hat, wenn es aus einer Entfernung von 1 m. von  $\frac{1}{921}$  Stearinkerzenflamme beschienen wird, und etwa  $\frac{1}{2}$  Secunde dem Auge sichtbar gemacht wird.



# Thesen.

---

1. Die Erkältung als Aetiologie von Magendarmcatarrhen findet zu wenig Berücksichtigung.
  2. Phosphaturie braucht nicht auf schwerere Organerkrankungen hinzuweisen.
  3. Die Dicrotie des Pulses hat keinen diagnostischen Werth.
  4. Das Weber'sche Gesetz hat für den Zeitsinn Giltigkeit.
  5. Die schlechte Uebereinstimmung der Resultate, welche verschiedene Autoren bei Zeitschätzungsversuchen erhalten haben, sind nicht durch individuelle Eigenthümlichkeiten der Versuchspersonen, sondern durch die Verschiedenheit der Versuchsbedingungen zu erklären.
  6. Die Lichtempfindlichkeit ist auch bei gut adaptirtem Auge in den peripheren Netzhautpartieen grösser, als im maculären Theil.
-

Fig. I.

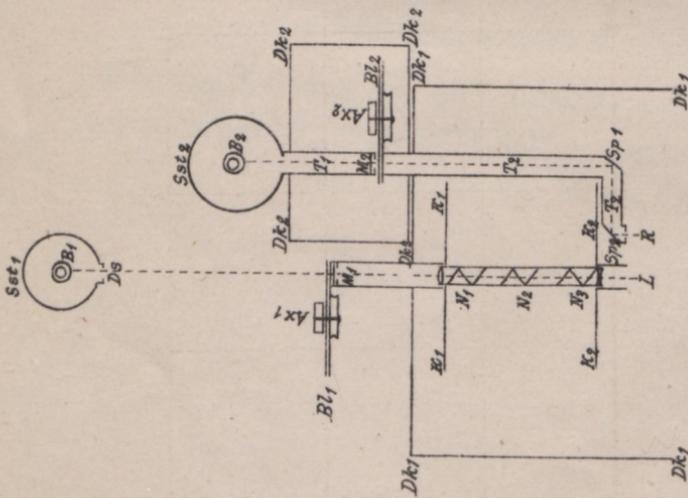


Fig. II.

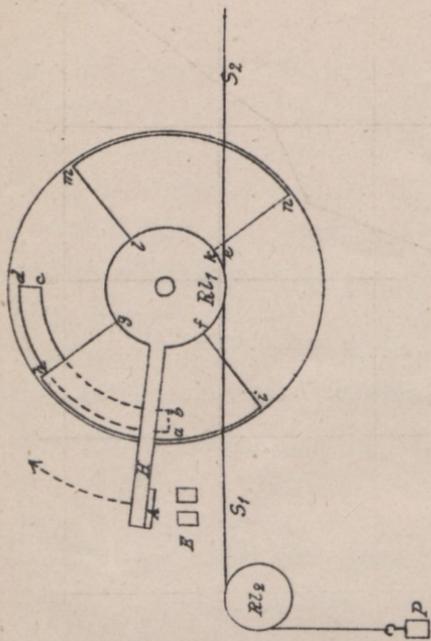


Fig. IV.

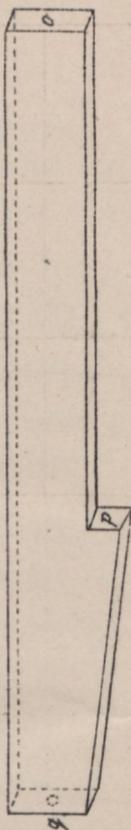
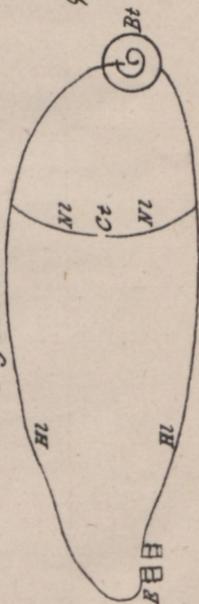
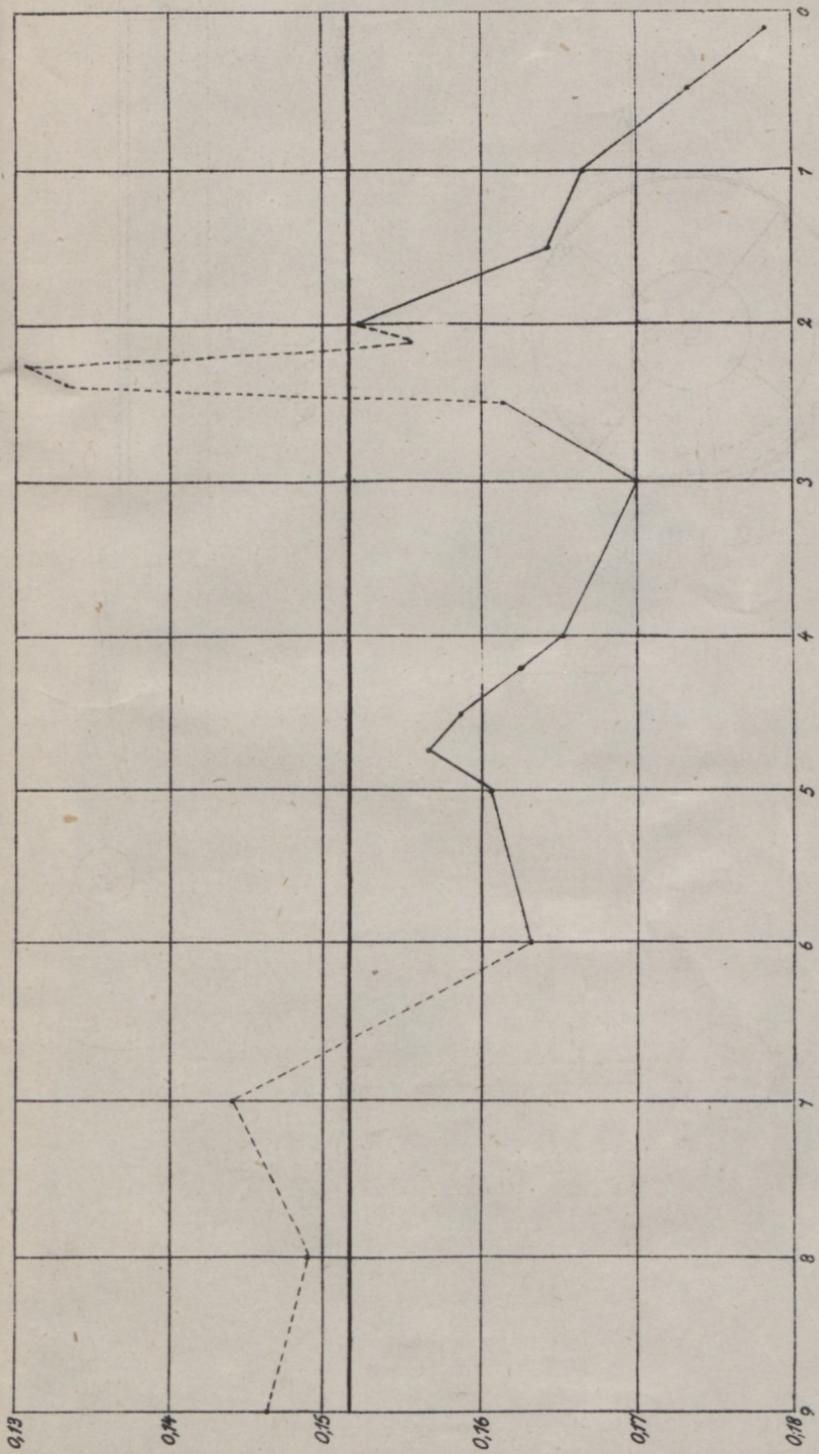


Fig. III.





Lith. v. H. Laakmann, Dorpat.



