

Zur Kritik tachistoskopischer Versuche¹⁾.

Von

W. Wundt.

Das »Tachistoskop«, eine Vorrichtung zu kurz dauernder Einwirkung von Sehobjecten auf das Auge, ist, seit es zuerst Volkmann²⁾ unter diesem Namen beschrieb und für momentane stereoskopische Beobachtungen vorschlug, noch mehrmals zu psychologischen Zwecken verwerthet worden. Doch hat es der Apparat bis jetzt kaum zu einer größeren Verbreitung gebracht. Die Versuche Volkmann's, einige Beobachtungen von Baxt mit einem von Helmholtz construirten Apparate und die Experimente Cattell's³⁾, der bei seinem Fall-Tachistoskop die horizontale Bewegung der Volkmann'schen Vorrichtung durch eine verticale ersetzte sowie zur Auslösung der Bewegung den Elektromagneten einführte, sind wohl das wesentlichste, was in dieser Richtung vorliegt. Das ist wenig, wenn man bedenkt, wie sehr namentlich die Probleme der Aufmerksamkeit zur Anwendung einer Methode herausfordern, die geeignet scheint, einen momentanen Bewusstseinszustand aus dem continuirlichen, für unsere gewöhnliche Wahrnehmung schwer zu sondernden Verlauf der psychischen Prozesse auszuschneiden und so viel als möglich in seiner momentanen Beschaffenheit festzuhalten. Mit Rücksicht hierauf ist es daher gewiss dankenswerth, dass Erdmann und Dodge in ihrem Buch »Ueber

1) Mit Rücksicht auf B. Erdmann und R. Dodge, »Psychologische Untersuchungen über das Lesen auf experimenteller Grundlage«. Halle a. S. 1898, 360 S.

2) Volkmann, »Das Tachistoskop, ein Instrument, welches bei Untersuchung des momentanen Sehens den Gebrauch des elektrischen Funkens ersetzt«. Sitzungsber. der kgl. sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig, math.-phys. Cl., 1859, S. 90 ff.

3) Cattell, »Ueber die Trägheit der Netzhaut und des Sehcentrums«. Philos. Studien III, 1886, S. 94 ff.

das Lesen« wieder auf die tachistoskopischen Versuche die Aufmerksamkeit gelenkt haben. Bei den Erörterungen dieser Autoren scheint mir jedoch ein Umstand, der wohl auch sonst manchmal in psychologischen Arbeiten eine gewisse Rolle spielt, das unbefangene Urtheil über Werth und Unwerth der Methoden zu trüben. Die Verfasser der »Untersuchungen über das Lesen« sind Philosophen und Psychologen. Sie haben ihre Arbeit im psychologischen Interesse unternommen. Dabei haben sie selbstverständlich auch die physikalische Seite der Apparatentechnik berücksichtigt. Aber was zwischen dem Physikalischen und dem Psychologischen in der Mitte liegt, das Physiologische, ist in ihrer Erörterung durchweg zu kurz gekommen. Das macht sich, wie ich glaube, sowohl in der Unterschätzung der Leistungen bisheriger Apparate, namentlich des Fall-Tachistoscops, wie in einer auffallenden Vernachlässigung gewisser Mängel, an denen der von ihnen selbst construirte Apparat leidet, geltend. Sicherlich würde es ja in vielen Fällen erwünscht sein, wenn wir von den nicht selten recht unbequemen Eigenschaften unserer Sehnervensubstanz abstrahiren könnten. Leider ist das aber nun einmal nicht möglich, und wir sind darum auch bei unseren für Sehversuche eingerichteten Instrumenten gezwungen, auf jene Eigenschaften Rücksicht zu nehmen. Es scheint mir deshalb nicht ganz unnütz, die Kritik, welche die Verff. den tachistoskopischen Methoden gewidmet haben, einer Revision zu unterziehen und sie, wo es von dem von ihnen vernachlässigten physiologischen Standpunkte aus nöthig erscheint, richtig zu stellen. Ich darf hierbei wohl versichern, dass ich von vornherein weder eine besondere Zuneigung zu den bisher angewandten noch eine besondere Abneigung gegen etwa neu vorzuschlagende Apparate und Methoden verspüre. Apparate sind ja nicht Personen, die man manchmal trotz ihrer Mängel liebt, sondern Hilfsmittel, die man, wenn sie nichts taugen, gern mit besseren vertauscht, wo diese zur Hand sind. Eine wirkliche Verbesserung der tachistoskopischen Methoden würde ich daher mit aufrichtiger Freude begrüßen.

Als unerlässliche Forderungen, die ein tachistoskopischer Apparat erfüllen muss, dürften im wesentlichen die folgenden anzusehen sein:

- 1) Die Einwirkungsdauer des Lichtreizes muss kurz genug sein, um

Augenbewegungen auszuschließen. 2) Sie muss räumlich so beschränkt und zugleich durch die Anbringung eines geeigneten Fixationspunktes schon vor der Exposition so bestimmt sein, dass alle Objecte annähernd gleich scharf gesehen werden können, dass also das Bild im wesentlichen in das Gebiet des directen Sehens fällt, eine Bedingung, zu der mit Rücksicht auf die psychologischen Zwecke dieser Versuche in der Regel noch die andere hinzutreten wird, dass die Zahl der dem directen Sehen darzubietenden Gesichtsobjecte größer sei als der Umfang derer, die simultan appercipirt werden können. 3) Die Einwirkungsdauer muss gleichzeitig sich auf alle Theile des Gesichtsobjectes erstrecken, oder es sollen wenigstens in der Erleuchtung der einzelnen Theile desselben keine irgend merklichen Unterschiede bestehen. 4) Der Zustand der Netzhautadaptation muss ein möglichst günstiger sein; namentlich plötzliche Uebergänge von dunkel zu hell dürfen nicht vorkommen. 5) Ein länger dauerndes Nachbild des gesehenen Objectes muss vermieden werden. 6) Die Zeit der Bildwirkung muss kurz genug sein, um ein Wandern der Aufmerksamkeit von einem Theil des Objectes zum andern unmöglich zu machen. Dem kann endlich als eine Forderung, die nicht sowohl den Apparat als die Ausführungsweise der Versuche angeht, beigefügt werden, dass die Beobachtungen selbst mit zureichend vorbereiteter Aufmerksamkeit ausgeführt werden. Es muss also z. B. in zweckmäßigem Zeitintervall der Einwirkung des Sehobjectes ein Signal vorausgehen.

Ich habe diese Forderungen nicht in streng logischer Ordnung, sondern in der Reihenfolge hier aufgezählt, in der sie sich demjenigen, der an die Versuche herantritt, ungefähr aufdrängen. Die Ausschließung der Augenbewegungen ist der ursprüngliche Zweck gewesen, den man bei der Construction des Tachistoscops im Auge hatte. Ihn hat schon Volkmann in den Vordergrund gestellt. Nebenbei hat er allerdings auch die Adaptation der Netzhaut beachtet, insofern er es als einen wesentlichen Vorzug seines Apparates ansah, dass die Versuche bei Tageslicht angestellt werden könnten. Doch hat er, nach dem Stand der damaligen Kenntnisse, die Störungen, die bei der Beobachtung im Finstern eintreten, mehr auf die unsichere Accommodation als auf die ungünstigen Bedingungen für die Netzhautadaptation bezogen. Von Erdmann und Dodge sind unter den oben aufgezählten sechs Erfordernissen beinahe ausschließlich die

drei ersten berücksichtigt worden, und dies hat sie mit einer gewissen Consequenz zur Construction ihres Apparates geführt. Freilich würde es dann einfacher gewesen sein, zur Beleuchtung mit dem elektrischen Funken zurückzukehren, wie sie zuerst Dove für stereoskopische Versuche benutzte. Wie es scheint, hat die kurze Dauer des elektrischen Funkens sie davon abgehalten. Ihr Plan war daher darauf gerichtet, eine den elektrischen Funken an Dauer übertreffende und zwischen weiten Grenzen in ihrer Dauer zu variirende künstliche Beleuchtung anzuwenden. Den drei übrigen oben angeführten Forderungen haben die Verff. nicht Rechnung getragen und nur beiläufig, aber ohne nähere Begründung bemerkt, dass sich bei ihren Versuchen die Adaptation nicht störend geltend gemacht habe. Den gleichen Maßstab der Beurtheilung haben sie dann auch an die andern tachistoskopischen Methoden, namentlich an das Fall-Tachistoskop, angelegt. Sie weisen darauf hin, dass namentlich in Bezug auf die Gleichzeitigkeit der Exposition das Fall-Tachistoskop theoretische Mängel habe, die bei den Apparaten mit künstlicher Beleuchtung nicht existiren. Sie machen ferner auf einige Mängel in Cattell's Ausführung der Versuche aufmerksam, wie das Fehlen eines constant bleibenden Fixationszeichens, unzureichende Angaben über Entfernung des Auges, über Vorausgehen eines Signals u. dergl., Mängel, die zum Theil als solche anzuerkennen sind, die aber mit der Frage der Brauchbarkeit oder Unbrauchbarkeit des Apparates nichts zu thun haben. Es wird daher im Interesse künftiger Versuche nützlich sein, die durch die verschiedenen Apparate gegebenen Bedingungen, abgesehen von solchen zufälligen Nebenumständen, die die Resultate mehr oder weniger beeinträchtigen mögen, einer kurzen Prüfung zu unterziehen.

Dass nun das Fall-Tachistoskop die erste der sechs obigen Forderungen erfüllt, wird wohl nicht bestritten. Um Augenbewegungen auszuschließen, bedarf man, wie schon Volkmann richtig erkannte, nicht des elektrischen Funkens. Wählt man, wie es Cattell that, eine Expositionsdauer von $0,01''$, so ist an eine Augenbewegung während dieser Zeit längst nicht mehr zu denken, und man kann sogar, wenn es sich bloß um diese Bedingung handelt, noch erheblich weiter gehen. Für Demonstrationsversuche bediene ich mich eines großen, 2 m hohen Tachistoscops mit 6 cm großen, auf weite Entfernungen sichtbaren Buchstaben als Gesichtsubjecten (der Apparat ist Bd. II,

S. 291 meiner *Physiol. Psychol.*⁴ abgebildet), bei welchem die mittlere Expositionsdauer einer Zeile 0,08" beträgt. Selbst bei dieser Zeitgröße kann man, wie ich glaube, in Anbetracht des Umstandes, dass dem Auge von vornherein willkürlich eine bestimmte Fixationsstellung gegeben wird, ziemlich sicher sein, dass Augenbewegungen ausgeschlossen sind. Für Demonstrationsversuche sind aber Apparate mit sehr kurzer Expositionsdauer nicht brauchbar, weil diese eine größere Uebung der Beobachter und mehrfache Wiederholung der Versuche erfordern. Um z. B. einem Auditorium zu zeigen, dass ein ganzes Wort simultan apperzipirt, und dass es rascher gelesen wird als einzelne Buchstaben, auch wenn deren Anzahl erheblich unter der im Wort enthaltenen bleibt, muss man sich größerer Apparate mit etwas längerer Expositionszeit bedienen. Der für exactere Versuche anzuwendende kleine Apparat, wie ihn Cattell beschrieben hat, verlangt eine ganz andere Methode der Beobachtung. Bei der Exposition einer Anzahl von Buchstaben oder Wörtern sieht man hier beim ersten Fallversuch, wenn der Eindruck ein nicht erwarteter ist, höchstens 2—3 Buchstaben, und erst wenn man öfter nach einander mit demselben Object den Versuch wiederholt, gewinnt man die für die Auffassung eines momentanen Eindrucks überhaupt erreichbare Grenze, die dann aber in weiteren Versuchen mit dem gleichen Object nicht mehr überschritten wird. Auf diese Weise hat Cattell bei Anwendung seiner Expositionszeit von 10σ ($1\sigma = 0,001$ Sec.) in der Regel fünfmal nach einander einen und denselben Versuch wiederholt, und seine Ergebnisse beziehen sich daher nur auf das so gewonnene Schlussergebniss. Diese Cumulation der Versuche, zu der man bei sehr kurzer Einwirkungszeit genöthigt ist, zeigt zugleich den auch sonst bei diesen Beobachtungen so augenfälligen Einfluss bereit liegender Vorstellungsresiduen. Denn es ist zu beachten, dass die bei dem letzten Versuch einer Beobachtungsgruppe hervortretende Vorstellung gerade so als durchaus simultan gegeben erscheint wie das beim ersten Versuch wahrgenommene Fragment derselben. Zugleich ersieht man aber hieraus, dass die Wiederholung der instantanen Eindrücke den gleichen Erfolg hat wie die Verlängerung ihrer einmaligen Einwirkungsdauer, vorausgesetzt, dass man mit dieser Dauer nicht über eine bestimmte Grenze hinausgeht, von der an eine successive Auffassung der Theile des Eindrucks durch Wanderung

der Aufmerksamkeit über das Object, sei es mit sei es ohne begleitende Augenbewegungen, möglich ist. Ich bemerke schon hier, dass dieser Umstand einerseits die Uebereinstimmung gewisser Resultate Cattell's mit denen von Erdmann und Dodge trotz der viel längeren Expositionszeit von 0,1", die diese angewandt haben, andererseits aber auch die wohl noch größeren Unterschiede in den Resultaten wenigstens zum Theil begreiflich macht.

Erfüllt in den angegebenen Beziehungen das Fall-Tachistoskop im allgemeinen die an ein Instrument dieser Art zu stellenden Anforderungen, so hat es aber daneben unleugbar einige Nachtheile, die man bei Anwendung des Apparates in irgend einer Weise, wenn nicht beseitigen, so doch jedenfalls unter die Grenze merklich werdender Fehler herabzumindern bemüht sein muss. Erdmann und Dodge verwerfen, wie es scheint, wegen dieser Nachtheile den Apparat ganz und gar. Ich glaube, dass sich dieses abfällige Urtheil bei unbefangener Abwägung der Bedingungen keineswegs aufrecht erhalten lässt, und dass es zu einem sehr wesentlichen Theile durch die oben bemerkte Nichtbeachtung der physiologischen Bedingungen der tachistoskopischen Versuche mitverschuldet ist. Jene Mängel bestehen 1) darin, dass man über die Berechnungsweise der absoluten Expositionsdauer der Sehobjecte im Zweifel sein kann, und dass sich 2) die Objecte in Wirklichkeit nicht vollkommen simultan, sondern in dem Sinne successiv dem Auge darbieten, dass die oberen Theile eines Objectes schon sichtbar werden, während die unteren noch verdeckt sind, und dass ebenso die oberen schon wieder verdeckt werden, während die unteren noch kurze Zeit sichtbar bleiben, so dass also nur die zwischen diesen beiden Stadien liegende Zeit diejenige ist, bei der wirklich eine simultane Einwirkung stattfindet. Das erste dieser Bedenken dürfte nun allerdings nicht allzu schwer wiegen. Da die obere Hälfte einer gedruckten Zeile die wesentlichsten Merkmale der Buchstaben enthält, und man also ein Wort meist schon zu erkennen vermag, wenn nur diese obere Hälfte sichtbar ist, so würde es vielleicht am rationellsten sein, als Zeit des Vorüberganges diejenige Zeit zu nehmen, die von der eben erreichten Sichtbarkeit der oberen Zeilenhälfte bis zu dem Moment ihres Verschwindens reicht. Natürlich wird man aber auch kein von diesem merklich verschiedenes Ergebniss gewinnen, wenn man etwa die Zeit von der eben erreichten

vollen Sichtbarkeit der Zeile bis zu ihrem totalen Verschwinden berechnet. Der Unterschied in beiden Fällen muss, da es sich dabei nicht um Größenwerthe des in Rechnung zu bringenden Fallraumes, sondern bei gewöhnlicher mittlerer Druckschrift nur um eine Verschiebung dieses Fallraumes nach oben oder unten um $\frac{1}{2}$ —1 mm handelt, sogar im Verhältniss zu der kleinen Expositionszeit von 0,01", von völlig verschwindender Größe sein. Etwas anders verhält es sich mit der verschiedenen Expositionszeit für die verschiedenen Theile des Sehobjectes. Auch ist die Dauer dieser Zeit für die oberen Theile einer Figur etwas größer als für die unteren. Je nach der Gestalt des Sehobjectes können natürlich diese Unterschiede mehr oder minder bedeutend sein. Am günstigsten sind auch hier wieder solche Objecte, die, wie eine gedruckte Zeile, eine relativ geringe Höhe und beträchtliche Breite haben. Bei diesen von Cattell sowie von Erdmann und Dodge zu ihren Versuchen angewandten Objecten sind selbst bei dem oben erwähnten Demonstrationstachistoskop mit verhältnissmäßig langer Expositionszeit die gedachten Unterschiede so klein, dass sie wenig ins Gewicht fallen. Noch mehr gilt das natürlich von der kleinen, von Cattell beschriebenen Form des Apparats, die für exacte Versuche allein in Betracht kommt. Hier ist bei der Versuchsanordnung Cattell's (bei 10 mm Spalt- und $1\frac{1}{2}$ —2 mm Buchstabenhöhe) der Unterschied auf 1—2 σ zu veranschlagen¹⁾. Sollen Objecte von größerer Ausdehnung in der Verticalrichtung verwendet werden, so ist es aber allerdings räthlich, diesem Umstande dadurch Rechnung zu tragen, dass man dem Tachistoskop eine größere Fallhöhe gibt, also durch größere Geschwindigkeit die erwähnten Zeitunterschiede verringert, wobei dann, um dennoch eine zureichend lange Expositionszeit zu gewinnen, der Ausschnitt des Fallschirms vergrößert werden kann. Dem entsprechend ist dem seit Jahren im hiesigen psychologischen Institut benützten Apparat eine Höhe von 50 cm gegeben werden, während die des Cattell-

1) Streng genommen ist übrigens hierbei nicht die ganze Höhe der Zeile in Rechnung zu ziehen, da die obersten Punkte eines Buchstabens noch keinen Erkennungswerth besitzen und die unteren für die Auffassung nicht mehr in Betracht kommen, weil diese schon vorher beendet ist. Da es sich aber hier, wie sich aus den unten folgenden Erörterungen ergeben wird, unter allen Umständen um verschwindende Unterschiede handelt, so kann dies außer Betracht bleiben.

schen Apparats nur 30 cm betrug, zugleich kann der zur Festhaltung des Fallschirms bestimmte Elektromagnet durch Schrauben an den Säulen des Gestells auf und ab bewegt werden, um eventuell bei geringerer Fallhöhe arbeiten zu können¹⁾.

Nun könnte man freilich immer noch sagen, ein Zeitunterschied von $1 - 2 \sigma$ sei zwar klein, aber gegenüber einer so kleinen Zeitgröße wie 10σ Expositionsdauer sei er nicht verschwindend klein; der Apparat sei also mit einem nicht eliminirbaren Fehler behaftet, der, weil er am sichersten bei der Anwendung künstlicher Lichtquellen zu vermeiden ist, entweder eine Rückkehr zur älteren Methode elektrischer Funkenerleuchtung oder irgend eine andere Anwendung künstlicher Beleuchtung rätlich mache. Diese Argumentation würde in der That vom rein physikalischen Standpunkte aus berechtigt sein, wenn nicht das Auge, abgesehen davon dass es ein optischer Apparat ist, noch die Eigenschaften eines nervösen Apparates besäße, die wir selbstverständlich niemals eliminiren können. Trotzdem gehen Erdmann und Dodge bei ihren Erörterungen über Expositionszeit und ähnliches fortwährend, wie es scheint, von der Voraussetzung aus, Reizdauer und Bildzeit im Auge (diese als Zeit des empfundenen Bildes verstanden) fielen zusammen, und beide gingen einander derart proportional, dass sich mit der Verlängerung der Expositionszeit immer auch die Bildzeit verlängern müsse und umgekehrt. Das ist aber so wenig der Fall, dass bei einer kurzen Expositionszeit die Bilddauer sehr viel länger sein kann als bei einer längeren Expositionszeit. Eine Reizdauer von ca. $0,00004''$, wie sie nach den Ermittlungen Feddersen's über die Zeit des elektrischen Funkens bei der Beobachtung der im Dunkeln bei Funkenentladung beobachteten Objecte vorhanden sein mag, würde, wenn die Bilddauer mit ihr identisch wäre, überhaupt nichts erkennen lassen. Objecte beim Licht eines einzelnen elektrischen Funkens

1) Vgl. die Abbildung und Beschreibung des Apparates bei Cattell, Phil. Stud. III, S. 97 f. Zweckmäßiger als das von Cattell benutzte Fixirzeichen (*F* der Fig.), welches sich mit dem fallenden Schirm entfernt, ist es überdies, ein fest bleibendes Fixirzeichen anzubringen, das klein genug sein muss, um keinen Theil des Sehobjectes merklich zu verdecken. Um den Apparat eventuell auch als Demonstrationsapparat mit etwas verminderter Geschwindigkeit verwendbar zu machen, ist ihm endlich eine Atwood'sche Vorrichtung beigegeben, mittelst deren die Fallgeschwindigkeit durch ein Gegengewicht ermäßigt werden kann.

können wir nur darum sehen, weil die Bilddauer in der Netzhaut wegen der enorm langen Nachdauer der Erregung so viel länger ist als die Dauer eines elektrischen Funkens, dass diese im Vergleich mit jener überhaupt verschwindend klein wird. Nicht von der Expositionszeit, sondern von der Bildzeit, das heißt von der Zeit, während deren die Erregung in nicht merklich verändertem Grade in der Netzhaut andauert, ist aber natürlich die Möglichkeit Objecte bei kurz dauernder Lichteinwirkung aufzufassen abhängig. Zugleich ist es eine bekannte Sache, dass diese Nachdauer nicht bloß je nach der Dauer der Lichtreizung, sondern wohl in viel höherem Grade je nach dem Adaptationszustande der Netzhaut variiert. Diese letztere Abhängigkeit bringt es z. B. mit sich, dass das im Dunkeln erzeugte Funkenbild sehr viel länger dauert als der bei Tageslicht erzeugte Eindruck eines Sehobjectes. Wenn man darum ein Object im Dunkeln durch den elektrischen Funken, also in einer Zeitdauer von ca. 0,00004" erleuchtet, und dann das gleiche Object im Tachistoskop bei Tageslicht während 0,01" sichtbar macht, so ist nicht das Tachistoskopbild, sondern das Funkenbild das länger dauernde. In beiden Fällen sind eben Expositionsdauer und Bilddauer ganz verschiedene Dinge, und unter allen Umständen beträgt bei solchen Versuchen mit kurz dauernder Reizung die Expositionsdauer immer nur einen verhältnissmäßig kleinen Bruchtheil der Bilddauer. Darum ist es auch nicht zu verwundern, dass Erdmann und Dodge bei ihrem im wesentlichen auf Dunkeladaptation eingerichteten Apparat bei sehr kurzen Expositionszeiten von 0,00025" niemals ein Bewusstsein davon constatiren konnten, dass die Dauer der Exposition eine sehr kurze sei. Eher ist es zu verwundern, dass sie diese Thatsache, wie es scheint, auf die Gewöhnung an kurze Expositionszeiten zurückführen (S. 136). Zwar ist die Macht der Gewohnheit groß, aber kurz dauernde Netzhautbilder in lang dauernde zu verwandeln, das vermag sie doch nicht.

Angesichts dieser bekannten physiologischen Verhältnisse hat es nun, wie man sieht, sehr wenig Zweck, sich in umsichtigen Erörterungen darüber zu ergehen, wie groß in Tausendtheilen einer Secunde ausgedrückt die Expositionszeit eines Eindrucks gewesen sei, oder die Hilfsmittel zu erörtern, die angewandt werden können, um ganz kleine Ungleichheiten dieser Zeit, die sich in der dritten oder vierten

Decimale der Secunde bewegen, zu vermeiden. Solche scharfsinnige Ueberlegungen erinnern an die Bemühungen eines Mannes, der die kleinen Risse eines leck gewordenen Fasses vorsichtig verkittet, dabei aber vergisst, dass das Spundloch offen geblieben ist. Ich möchte damit gewiss nicht einer Methode das Wort reden, welche die wünschenswerthe physikalische Genauigkeit außer Acht lässt; ich möchte nur auf die Unfruchtbarkeit aller physikalischen Vorsichtsmaßregeln auf diesem Gebiete hinweisen, bei denen man die physiologischen Eigenschaften des Sehorgans ignoriert.

Damit kommen wir auf diejenigen Eigenschaften des Fall-Tachistoscops, die den bisher besprochenen Nachtheilen gegenüber seine Vorzüge ausmachen, und die überdies zur Ausgleichung jener Nachtheile direct beitragen, indem sie die vermöge der physikalischen Bedingungen vorhandenen Fehler in ihrer relativen Größe beträchtlich vermindern. Diese Eigenschaften bestehen in der Erfüllung der oben an fünfter und sechster Stelle erhobenen Forderungen der möglichst vollkommenen Adaptation und der möglichst kurzen Nachdauer der Netzhauterregung. Die vollkommenste Adaptation ist unter allen Umständen die Tagesadaptation: wir können das Sehorgan in keine günstigere Lage bringen, auf äußere Reize prompt und sicher zu reagiren, als wenn wir diese Reize bei dauernder Tagesbeleuchtung einwirken lassen. Bei Versuchen im Dunkeln ist im Moment, wo der Lichtreiz eintritt, das Auge nicht auf ihn adaptirt. Der Adaptationsvorgang bewirkt aber eine Störung des Sehactes, die vor allem bei psychologischen Versuchen verhängnisvoll wirkt, weil sie eine sichere subjective Beobachtung unmöglich macht. Dieser Vortheil der vollkommensten Adaptation, der den Versuchen mit Tageslicht zukommt, verbindet sich aber zugleich mit dem weiteren der kürzesten Nachbildwirkung. Für die tachistoskopischen Versuche kommt natürlich nur jene Phase des positiven Nachbildes in Betracht, wo dieses in nicht merklich vermindertem Grade den objectiven Reiz überdauert. Wir besitzen über diesen Punkt numerische Daten, die den wesentlichen Unterschied der Hell- und Dunkeladaptation in dieser Beziehung ermessen lassen, und die auch ihren absoluten Werthen nach im allgemeinen auf die vorliegenden Versuche übertragbar sein dürften, in den Versuchen von E. M. Weyer »über die Zeitschwellen gleichartiger und disparater Sinneseindrücke«,

speciell in den von ihm über die Zeitschwellen des Gesichtssinnes gewonnenen Ergebnissen¹⁾. Hiernach werden zwei elektrische Funken bei Tagesadaptation noch als ein Funke wahrgenommen, wenn sie in einem Intervall von etwa 40σ auf einander folgen, über diese Grenze bis zu 50σ werden sie in der Mehrzahl der Fälle, und über 50σ werden sie so gut wie in allen Fällen als zeitlich getrennt unterschieden. Das verhält sich wesentlich anders bei Dunkeladaptation. Hier werden bis zu einem Intervall von etwa 80σ die auf einander folgenden Funken in einer größeren Anzahl von Beobachtungen beinahe ausnahmslos in einen verschmolzen, zwischen 80 und 100σ treten Schwankungen auf: die Funken werden bald verschmolzen bald getrennt gesehen, erst über 100σ wird die Unterscheidung eine ziemlich constante. Der ganze Verlauf zeigt zugleich bei der Tagesadaptation einen sehr viel rascheren Uebergang der Einheits- in die Zweihheitsurtheile, als bei der Dunkeladaptation, ein Umstand, der mit Sicherheit darauf hinweist, dass im letzteren Fall die Nachbilddauer nicht bloß länger, sondern dass sie auch viel schwankender ist, so dass bei objectiv gleich bleibender Reizdauer die Bilddauer in der Netzhaut erhebliche Unterschiede darbieten kann, offenbar theils wegen der viel größeren absoluten Zeitwerthe, theils auch wegen der Modificationen der Erregbarkeit, die durch vorangegangene Erregungen sowie durch sonstige Bedingungen herbeigeführt werden, und die bei der Dunkeladaptation bedeutend wechselnder sind als bei Tageslicht²⁾. Diese Umstände treten so entschieden für eine Versuchsordnung ein, bei der ausschließlich mit Tagesadaptation gearbeitet wird, dass es sich nicht lohnt, darüber noch ein Wort zu verlieren. Zugleich zeigen aber die Ergebnisse über die Nachwirkung der Netzhautreizung sehr deutlich, wie falsch es ist, wenn man aus der Expositionsdauer auf die Bilddauer, und wenn man aus der zeitlichen Constanz der Versuchsordnung auf die zeitliche Constanz der Bildwirkung schließen will. Wenn man beim Fall-Tachistoskop in Tagesbeleuchtung die Expositionsdauer zu $0,01''$ wählt, so kann man unter Anrechnung einer Nachwirkung von 40 — 50σ die wirkliche Dauer des empfundenen Bildes, die für die psychologische Seite der Frage

1) Philos. Studien, XV, S. 68 ff.

2) Man vergl. die diese Verhältnisse veranschaulichenden Curven in Weyer's Abhandlung Fig. 3 und 4, S. 84.

allein in Betracht kommt, zu 0,05—0,06" ansetzen, und man darf zugleich annehmen, dass diese Dauer in den einzelnen Versuchen in hohem Grade constant bleibt. Damit verbindet sich nun jene Unsicherheit in den objectiven Bedingungen wegen der ungleichen Expositionszeit der verschiedenen Theile des Objectes, die wir auf 1—2 σ veranschlagt haben. Dass diese Zeit im Verhältniss zur ganzen Bilddauer von 0,05—0,06" verschwindet, und dass sie innerhalb der Grenzen liegt, in denen sich selbst bei Tagesbeleuchtung die Schwankungen der Erregungsdauer bei gleicher Expositionszeit bewegen, ist einleuchtend. Dem entspricht nun auch ganz die subjective Wahrnehmung während der Versuche: die Bewegung des Fallschirms über das Sehobject bei 0,01" Expositionszeit nimmt man überhaupt gar nicht mehr als Bewegung wahr, sondern man hat den Eindruck, dass momentan und in allen seinen Theilen gleichzeitig das Object zuerst sichtbar gemacht werde und dann ebenso plötzlich wieder verschwinde. Dem gegenüber ist es auch bei den Beobachtungen im Dunkeln freilich unzweifelhaft, dass die Dauer eines elektrischen Funkens, auch wenn sie, wie aus den physikalischen Versuchen hervorgeht, etwas variabel sein sollte, doch bei diesen physiologischen Versuchen als absolut constant angesehen werden kann, weil sie unter allen Umständen eine gegen die psycho-physischen Zeiträume verschwindende GröÙe bleibt. Aber nicht diese physikalische GröÙe ist es ja, die bei unsern Versuchen in Betracht kommt, sondern die Reaction, die sie in der Netzhaut auslöst. Diese ist hier auf mindestens 90—100 σ zu veranschlagen: die Bilddauer ist also nicht kleiner, sondern nahezu doppelt so gross als bei den Tagesversuchen mit 0,01" Expositionszeit. Nebenbei ist sie aber auch noch sehr viel inconstanter, so dass die Schwankungen der Einwirkung des Bildes auf das Bewusstsein alle jene Unsicherheiten, die bei den Fallversuchen wegen der verschiedenen Dauer der Sichtbarkeit obwalten, um das vielfache übertreffen. Daneben muss man endlich, nicht als das geringste Uebel, die durch den raschen Adaptationswechsel von dunkel auf hell und wieder von hell auf dunkel bewirkten Störungen der Aufmerksamkeit mit in den Kauf nehmen.

Der Gedanke liegt nahe, dieser durch das Nachbild bewirkten Unsicherheit über die Zeit der Bildwirkung dadurch zu steuern, dass man unter allen Umständen, ob man nun bei Tagesbeleuchtung

oder im Dunkeln arbeiten mag, den Eindruck durch einen andern stärkeren Reiz nach einer bestimmten Zeit auslöscht. Dieser Versuch ist in der That von Baxt¹⁾ mittelst eines von Helmholtz angegebenen und zu Versuchen anderer Art auch von S. Exner angewandten Apparates gemacht worden²⁾. Dabei werden aber, auch wenn man annimmt, dass die Auslöschung des Nachbildes mit hinreichender Annäherung eine momentane sei, was immerhin zweifelhaft ist, zugleich psychologische Complicationen herbeigeführt, deren Wirkungen sich nicht übersehen lassen. Die Aufeinanderfolge zweier verschiedener Reize bedeutet nämlich für das Bewusstsein nicht dasselbe wie ein einziger Reiz von bestimmt abgegrenzter Dauer. Inwieweit bei diesen Versuchen der folgende Reiz eine Störung in der Auffassung des vorangegangenen bewirkt haben mag, lässt sich daher nicht ermessen. Eine solche gewaltsame Störung der Nachbildwirkungen ist aber unbedingt zu vermeiden. Bei dem Fall-Tachistoskop geschieht das dadurch, dass die Stelle des Eindrucks vor wie nach der Exposition als indifferenter dunkler Fleck erscheint, der wegen seiner Kleinheit die Tagesadaptation des Auges nicht stört und dagegen die Nachwirkung des Reizes, die für die Auffassung desselben nicht entbehrt werden kann, ungestört lässt.

Die Bilddauer in der Netzhaut selbst lässt sich demnach in Betracht der physiologischen Eigenschaften des Sehorgans bei allen zur Anwendung geeigneten Formen des Tachistoskops immer nur annäherungsweise bestimmen. Das ist ein Uebelstand, den man vielleicht bedauern mag, der aber doch nur dazu auffordern kann, die Methode so zu gestalten, dass die Nachwirkung des Eindrucks möglichst kurz und möglichst gleichmäßig sei, damit man wenigstens sicher ist, unter den für die psychologische Beobachtung günstigsten Verhältnissen zu arbeiten.

Diese Bedingung könnte nun natürlich auch bei dem von Baxt benützten Helmholtz'schen Apparate ohne Schwierigkeit erfüllt werden. Bei ihm kommt nämlich die Exposition dadurch zu Stande, dass in angemessener Entfernung von einander zwei Scheiben mit

1) Baxt, Pflüger's Archiv, IV, 1871, S. 325 ff.

2) Siehe dessen Beschreibung in Helmholtz' Phys. Optik², S. 514. Eine ausführlichere Beschreibung gibt Exner, Sitzungsberichte der Wiener Akademie, LVIII, 2, 1868, S. 601 ff.

verschiedener Geschwindigkeit rotiren. Zwischen ihnen ist ein »nicht vergrößerndes Fernrohr« (ein System zweier Convexlinsen von gleicher Brennweite, die um die Summe ihrer Brennweiten von einander entfernt sind) angebracht. Der Beobachter blickt durch einen vor der vorderen Scheibe befindlichen kleinen Spalt, und die vordere Scheibe selbst hat einen Ausschnitt, der einen bestimmten Bruchtheil ihres Umfangs ausmacht. An der hinteren Scheibe wird auf einem Sector das Sehobject befestigt, während die übrigen Sektoren je nach dem Plan des Versuchs weiß oder schwarz gewählt werden können. Dabei wird innerhalb einer längeren Reihe von Umdrehungen das Sehobject jedesmal während der Zeit sichtbar, während deren der betreffende Sector der hinteren Scheibe zugleich mit dem Ausschnitt der vorderen an dem Spalt vorübergeht. Der Apparat kann also auch ohne die von Baxt bewirkte Auslöschung des Bildes durch einen stärkeren Reiz angewandt werden, wenn man außer dem Sector mit dem Sehobject lauter schwarze oder graue Sektoren an der zweiten Scheibe anbringt. Dann entspricht er, bei Tageslicht verwendet, im wesentlichen dem Fall-Tachistoskop, abgesehen davon, dass die Bewegung des Schirms, der das Object enthüllt, nicht mit beschleunigter, sondern, da die Drehung durch einen mit Selbstregulierung versehenen elektromagnetischen Rotationsapparat bewirkt wird, mit gleichförmiger Geschwindigkeit geschieht. Dieser Unterschied ist natürlich gleichgültig. Dagegen hat der Helmholtz'sche Apparat neben der größeren Complication, die seine Anwendung erschwert, zwei Nachteile. Erstens kann die Exposition nicht in jedem Augenblick von dem Beobachter nach Willkür und nach einem vorangegangenen Aufmerksamkeitssignal vorgenommen werden, sondern sie tritt unvorhergesehen, also in einer die psychologische Beobachtung beträchtlich beeinträchtigenden Weise ein. Zweitens wiederholt sie sich ohne Zuthun des Beobachters in bestimmten von diesem abzuwartenden Pausen, die immer nur mittelst ziemlich umständlicher Aenderungen der Versuchsanordnung variirt werden können. So werthvoll daher der Apparat für andere Zwecke ist, z. B. für solche Versuche, wie sie Exner ausgeführt hat, als Tachistoskop für psychologische Zwecke ist er wegen der angedeuteten Uebelstände kaum verwendbar¹⁾.

1) Der Titel der Exner'schen Arbeit (»Ueber die zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit«) könnte leicht zu dem Irrthum verführen, als habe es sich

Sind die Tachistokope, die der Beobachtung bei Tageslicht dienen, im allgemeinen darauf angewiesen, eine Expositionsweise zu verwenden, die nicht für alle Theile des Objectes streng simultan ist, wenn auch leicht der hierdurch bedingte Fehler wegen der physiologischen Eigenschaften des Auges auf eine verschwindende Größe herabgedrückt werden kann, so lässt sich der Tachistoskopie mit künstlichem Licht von vornherein der Vortheil nicht absprechen, dass bei ihr dieser Fehler, so weit er die physikalische Seite der Einrichtung betrifft, ohne Schwierigkeit ganz zu vermeiden ist. Am vollkommensten geschieht das bei der Beleuchtung mit dem momentanen elektrischen Funken. Dennoch werden wir uns bei ihr nach dem oben Bemerkten nicht weiter aufzuhalten brauchen. Diese Methode, die nach Dove noch von Zoellner, Helmholtz u. A. zu ähnlichen Zwecken angewandt wurde, ist heute thatsächlich verlassen. Das hat natürlich, in Anbetracht ihrer sonstigen Einfachheit, seine guten Gründe: die Adaptationsstörungen, die in diesem Falle bei dem plötzlichen Uebergang von dunkel zu hell auftreten, sind allzu groß; und zwar wird durch sie nicht nur die objective Auffassung des Bildes beeinträchtigt, sondern es wird namentlich auch die subjective Beobachtung der Wahrnehmungsvorgänge sehr erschwert.

Zu den Tachistokopen mit künstlicher Beleuchtung gehört nun auch der von Erdmann und Dodge construirte Apparat. Man könnte sagen: er hat von der elektrischen Funkenbeleuchtung die künstliche Lichtquelle und den simultanen Eintritt der Exposition herübergenommen, während er die Möglichkeit einer längeren, beliebig abzustufenden Dauer der Exposition von den bisher angewandten Tages-Tachistokopen entlehnt. Er sucht also die Vortheile beider Methoden zu vereinigen und ihre Nachtheile zu vermeiden. Dies geschieht dadurch, dass durch den Projectionsapparat einer Camera obscura, ähnlich wie bei der Photographie, das objective Bild des zu exponierenden Schobjectes auf einer Mattglasplatte entworfen wird. Die Zeit der Entwerfung dieses Bildes kann aber genau auf eine ganz bestimmte Dauer eingeschränkt werden, indem das Licht eines

auch in ihr um psychologische Zeitbestimmungen gehandelt. Das ist aber nicht der Fall, sondern es wurde der zeitliche Verlauf einer durch constante Beleuchtung erzeugten Netzhauterregung, also ein rein physiologischer Vorgang, untersucht.

durch eine elektrische Lampe erhellten Reflectors zu dem Linsensystem der Camera durch einen Spalt gelangt, der während einer genau messbaren Zeit geöffnet und wieder verdeckt werden kann. Die Abgrenzung der Expositionszeit geschieht bei den kleinsten Zeiten von $0,01''$ — $0,00025''$ mittelst einer mit einem offenen Sector versehenen rasch rotirenden Umdrehungsscheibe, bei allen größeren Zeiten bloß durch einen Fallspalt. In Wirklichkeit wurde nur die letztere einfachere Vorrichtung angewandt, so dass hier die bei der ersteren erforderlichen Hilfsvorrichtungen, die eine Wiederholung der einmal eingetretenen Expositionen durch nochmaligen Vorbeigang des offenen Sectors zu verhüten bestimmt waren, außer Betracht bleiben können. Der Beobachter sah auf die in einer Dunkelkammer befindliche Expositionsfläche, während sein Kopf von einem schwarzen Tuch bedeckt war. Die Bedingungen der Dunkeladaptation waren also sorgfältig gewahrt. Nur die Expositionsfläche wurde in den Pausen zwischen den Expositionen durch das von einer besonderen Lampe ausgehende und von einer weißen Fläche gegen sie reflectirte Licht erleuchtet. Die Einrichtung war so getroffen, dass dieses Licht im selben Moment verschwand, wo die starke Beleuchtung des Gesichtsfeldes eintrat, und dass es im Moment wieder zugelassen wurde, wo die letztere aufhörte. Die Helligkeit, welche das Expositionslicht der $2,38$ qcm großen Fläche am Ort des Auges erzeugte, betrug nach einer von Dr. Dittenberger vorgenommenen photometrischen Bestimmung das $0,0325$ fache einer Hefner-Lampe in ein Meter Entfernung, und diese Helligkeit verhielt sich zu der des constanten Gesichtsfeldes während der Versuchspausen wie $12,38$ zu 1 . Die Verff. rühmen es als einen besonderen Vorzug ihres Apparates, dass er die binoculare Beobachtung gestatte, eine Eigenschaft, die ihm übrigens, wie kaum bemerkt zu werden braucht, nicht eigenthümlich ist, da bei dem Fall-Tachistoskop ebenfalls eine binoculare Beobachtung möglich ist (Volkman n hat es ursprünglich sogar ausdrücklich für diese construiert), während der Helmholtz'sche Apparat eine solche allerdings ausschließt. Die Verff. suchten endlich weiterhin durch Vorversuche mit Beobachtung von Ortsveränderungen der Bilder auf dem blinden Fleck die Dauer zu bestimmen, bis zu der eventuell die Exposition verlängert werden dürfe, ohne Augenbewegungen befürchten zu müssen. Sie fanden, dass eine solche Bewegung noch

bei 0,188" vollständig ausgeschlossen sei. Ich halte die Methode, mittelst deren sie diesen Werth gefunden haben, nicht für einwandfrei. Aber ich glaube aus andern Gründen, dass in der That bei derartigen auf absichtliche Fixation angelegten Versuchen (die Fixation war auch hier durch ein Gesichtszeichen gesichert) die Augenbewegung als beseitigt gelten darf. Um darin noch sicherer zu gehen, wählten die Verff. übrigens die etwas kürzere Zeit von 0,1".

Unleugbar bietet dieser Apparat vor den Tachistokopen bei Tagesbeleuchtung den Vorzug einer mit großer Annäherung herstellbaren Gleichzeitigkeit der Exposition. Diese ist freilich auch hier keine absolute: der Fallspalt braucht ja eine gewisse Zeit, um den Lichtkegel zu durchschneiden, und dies wird sich zwar nicht in einer ungleichzeitigen Exposition der verschiedenen Theile des Objectes, wohl aber in einem An- und Abschwellen der Lichtstärke zu erkennen geben. Die Verff. berichten jedoch, dass sie ein solches An- und Abschwellen nie bemerken konnten, und damit wird man sich in der That ebenso beruhigen können wie bei der Benutzung des Fall-Tachistokops mit der Beobachtung, dass das Gesichtsfeld für die Wahrnehmung simultan, nicht successiv erscheint und wieder verschwindet. Als ein zweiter Vorzug des neuen Apparates ließe sich vielleicht die principiell vorhandene Möglichkeit anführen, bei sehr verschiedener Expositionsdauer zu beobachten. Dazu kommt endlich als dritter gegenüber der Funkenbeleuchtung im völlig Finstern die zwar geringe, aber immerhin vorhandene Belichtung des Expositionsfeldes während der Versuchspausen. Es wird nützlich sein, zunächst den Werth dieser Vorzüge des Apparates etwas näher zu prüfen, ehe wir auf seine Nachteile eingehen.

Was nun den ersten Punkt, die simultane Erhellung und Wiederverdunkelung der Objecte betrifft, so werden wir nach dem oben hierüber Bemerkten diesem Umstand allerdings den eminenten Werth nicht beilegen können, den ihm augenscheinlich die Verff. zuerkennen. Die Ueberschätzung dieser Eigenschaft ihres Apparates, die wohl zugleich die wesentliche Ursache der Construction desselben gewesen ist, beruht auf der schon berührten auffallenden Thatsache, dass die Verff. von den Eigenschaften unserer Netzhaut, hier speciell von der enorm langen Nachdauer der Erregung gerade bei kurz dauernden Reizen, ganz abstrahiren. In Wahrheit ist es ja für die Netzhaut

gleichgültig, ob einzelne Theile ihres Gesichtsfeldes um $1-2\sigma$, oder ob sie bloß um $0,01\sigma$ oder um noch weniger früher oder später erleuchtet werden als andere. Der erste Werth kommt gegenüber der Nachdauer des Netzhautbildes und gegenüber den beträchtlichen Schwankungen, die diese Bilddauer namentlich bei Versuchen im Dunkeln hat, gar nicht in Betracht. Eben deshalb wird es aber auch bei der sehr viel größeren Dauer der physiologischen im Vergleich mit den physikalischen Zeiten unter allen Umständen räthlicher sein, wo es irgend geschehen kann, eine größere physiologische Constanz durch eine etwas kleinere physikalische zu erkaufen, als umgekehrt. Die Verff. haben nun gerade diesen umgekehrten Weg eingeschlagen. Sie haben vor allem gesucht, sich eine eventuell bis auf Zehntausendtheile einer Secunde genaue Gleichzeitigkeit der Erleuchtung ihres Gesichtsfeldes zu sichern: sie haben dafür, wie die Vergleichung der Schwankungen der Bilddauer bei Tagesadaptation und bei Dunkeladaptation lehrt, eine physiologische Unsicherheit eingetauscht, die innerhalb der Hunderttheile der Secunde ungefähr das Doppelte der bei der Tagesmethode vorhandenen erreicht.

Etwas anders steht es mit dem zweiten Vorzug, mit der beliebigen Variirung der Expositionsdauer. Hier muss wirklich anerkannt werden, dass die künstliche Beleuchtung eine etwas größere Variation der Zeiten zulässt. Nun ist es aber auffallend, dass die Verff. von diesem Vorzug ihres Apparates gar keinen Gebrauch gemacht, sondern dass sie immer mit derselben Dauer von $0,1''$ gearbeitet haben. Die Erklärung hierfür muss man wohl darin finden, dass das Gesichtsfeld, wie die Verff. selbst angeben, bei sehr kurzen Beleuchtungszeiten zu dunkel wurde, so dass das Lesen der Buchstaben und Wörter Schwierigkeiten bereitete. Aus dieser Thatsache muss man aber nicht nur schließen, dass der Apparat bei sehr kurzen Zeiten, bei denen man das Tages-Tachistoskop noch sehr gut verwenden kann, versagt, sondern dass bei ihm auch, was übrigens selbstverständlich ist, eine Variation der Expositionszeit unterhalb einer gewissen Grenze stets mit einer beträchtlichen Veränderung der Beleuchtungsstärke verbunden ist. Nach oben hin haben natürlich auch die Verff. gefunden, dass sich die Beobachtungen mit dem Tachistoskop, sobald man eine gewisse Grenze überschreitet, gar nicht mehr wesentlich von der gewöhnlichen, ohne alle Hilfsmittel ausge-

fürten Betrachtung der Sehobjecte unterscheidet. Damit stellt sich nun aber doch auch dieser zweite Vorzug als ein illusorischer, ja als ein solcher heraus, der sich wegen der Unverwendbarkeit sehr kleiner Zeiten in Wahrheit, ebenso wie der erste, in einen größeren Nachtheil verwandelt.

Den dritten Vorzug endlich, der allerdings nur gegenüber der Funkenbeleuchtung im Finstern in Frage kommt, wird man wirklich in diesem freilich sehr relativen Sinne als einen solchen anerkennen müssen: gewiss ist es vortheilhafter, dass sich der Beobachter in den Expositionspausen nicht ganz im Finstern befindet, sondern wenigstens das schwach beleuchtete Expositionsfeld wahrnimmt. Leider ist aber dieser Vorzug nur ein höchst beschränkter: ist das Gesichtsfeld des Beobachters bei der Versuchsanordnung der Verff. auch nicht absolut dunkel, so ist der Helligkeitsunterschied doch immer noch groß genug, um, namentlich auch in Anbetracht der Dunkelheit des ganzen übrigen Gesichtsfeldes, beträchtliche Adaptationsstörungen im Moment der Erleuchtung mit Sicherheit erwarten zu lassen. Dies führt uns zugleich zu der Erwägung der Nachtheile des Apparates, die neben seinen wirklichen oder vermeintlichen Vorzügen nicht übersehen werden dürfen.

Solcher Nachtheile bietet das Tachistoskop von Erdmann und Dodge namentlich zwei: der eine besteht in den nothwendig bei dem raschen Beleuchtungswechsel eintretenden Adaptationsstörungen, der zweite in der enorm langen Dauer des Netzhautbildes.

Die Verff. sind der Meinung, Adaptationsstörungen dadurch vermieden zu haben, dass sie auch in der Zwischenzeit zwischen zwei Expositionen eine schwache Erleuchtung des Gesichtsfeldes andauern ließen. Diese Meinung wird jeder, der mit den Erscheinungen der Adaptation aus eigener Erfahrung einigermaßen vertraut ist, als eine optimistische Illusion bezeichnen müssen. Wenn man eine sehr geringe Helligkeit, wie es bei diesen Versuchen geschah, plötzlich um das 12,38fache ihrer Größe steigert, so sind die so erzeugten Adaptationsstörungen zwar ohne Zweifel etwas geringer als bei plötzlicher Erleuchtung im absolut Finstern, aber sie sind jedenfalls noch groß genug. Bei rein physiologischen Versuchen würde das unter Umständen vielleicht nicht so viel auf sich haben. Geradezu verheerend wirken aber Adaptationsstörungen, wo es sich im Moment des

Sichtbarwerdens eines Objectes um psychologische Beobachtungen handelt. Natürlich kann man auch unter diesen Umständen noch ein Object erkennen, Buchstaben oder Worte lesen, aber von der Art und Weise, wie dies geschieht, weiß man in der Regel nichts.

Mit den Adaptationsstörungen ist nun weiterhin der zweite der oben erwähnten Nachtheile, die übermäßig lange Dauer des Bildes, auf das engste verbunden. Dunkeladaptation und lange Dauer des Nachbildes, Tagesadaptation und kurze Dauer desselben sind in der That zwei Zwillingsgeschwister, von denen man jedes Paar ganz in den Kauf nehmen muss. Hier liegt zugleich der schwächste Punkt der theoretischen Ueberlegungen, von denen sich die Verff. bei der Beurtheilung der tachistoskopischen Versuche leiten lassen. Ich habe schon oben genugsam erörtert, dass es natürlich falsch ist, wenn wir als diejenige Zeit, während deren ein Sehobject auf das Bewusstsein einwirken kann, seine »Expositionszeit« ansehen. Wir können zwar — bei der Kleinheit der betreffenden Zeit ist das erlaubt — in diesem Fall annehmen, in dem Moment, wo der Lichteindruck entsteht, beginne auch die Einwirkung auf das Bewusstsein. Streng genommen ist das allerdings nicht ganz richtig, aber im Verhältniss zu der sonstigen Genauigkeit dieser Versuche in Bezug auf Zeitbestimmungen mag man diesen Fehler außer Betracht lassen. Was man aber ganz gewiss nicht außer Betracht lassen darf, das ist die Nachdauer der Erregung in der Netzhaut, denn diese dauert bei solchen kurz dauernden Reizen im allgemeinen viel länger als die Expositionszeit selbst. So lange das positive Nachbild nicht merklich an Intensität abgenommen hat, und vielleicht noch etwas über diese Grenze hinaus, wird es unmittelbar als eine Fortexistenz des Sehobjectes selbst empfunden. Hierbei zeigt sich zugleich, dass, wenn in Bezug auf die Adaptationsstörungen der Apparat der Verff. vielleicht eine kleine Verbesserung gegenüber der elektrischen Funkenbeleuchtung ist, dies in Bezug auf die Dauer des Nachbildes durchaus nicht zutrifft. Denn erstens ist die Funkendauer verschwindend klein, während bei den Verff. die Reizdauer die beträchtliche Größe von 0,1" erreicht: länger dauernde Reizung bewirkt aber, besonders innerhalb solch kleiner Zeitgrenzen, immer auch ein länger dauerndes Nachbild. Sodann ist die sehr schwache Beleuchtung, die der Exposition folgt, keineswegs als günstig für das Verschwinden des Nachbildes aufzu-

fassen, sondern eher im Gegentheil als ein Hilfsmittel, die Dauer desselben zu verlängern. Das weiß jeder Physiologe, der möglichst dauernde Nachbilder demonstrieren will. Er wählt dazu am zweckmäßigsten keine absolute Verdunkelung des Raumes, sondern nur eine starke Herabsetzung der Helligkeit, bei der das schwache vorhandene Licht die Eigenschaft hat, die Entwicklung des Nachbildes zu begünstigen, während eine hellere Beleuchtung dasselbe auslöscht. Der Unstern hat es demnach gewollt, dass die Verff. bei ihrer Methode die Einrichtungen gerade so getroffen hatten, dass die durch das Nachbild bewirkte Verlängerung der Bildzeit so groß wie möglich wurde. Bedenkt man, dass, wie oben bemerkt, bei Dunkeladaptation die Nachwirkung eines elektrischen Funkens, während deren er mit einem ihm folgenden zeitlich untrennbar verschmilzt, durchschnittlich 0,1" beträgt, so wird man in Anbetracht der Reizdauer von 0,1" und der sonstigen für das Nachbild günstigeren Bedingungen die wirkliche Bildzeit, das heißt diejenige die Reizdauer und die unmittelbare Nachwirkung des Reizes umfassende Zeit, während deren das Object auf das Bewusstsein wirkte, in diesem Fall mäßig gerechnet zu 0,25" annehmen dürfen.

Nun bin ich geneigt zu glauben, dass, wenn es den Verff. bloß um Verhütung der Augenbewegungen zu thun war, sie selbst bei diesen enormen Zeiten ziemlich beruhigt sein konnten. Wenn man die Absicht hat zu fixiren, wie es doch bei diesen Versuchen der Fall ist, so dauert die Fixation, falls nicht zufällige Ablenkungen hinzukommen, auch wohl noch länger als $\frac{1}{4}$ Sec. Ueberdies würde man, da sich ja das Nachbild mit dem Auge bewegt, hier wirklich von den in die zweite Hälfte der Bildzeit fallenden Bewegungen abstrahiren können. Sie würden möglicher Weise die Beobachtung des Bildes stören und also den einzelnen Versuch unbrauchbar machen; eine weitere schädliche Wirkung würde man ihnen schwerlich zuschreiben können.

Anders verhält es sich dagegen mit einem andern mit dieser enormen Verlängerung der Bilddauer unvermeidlich vermachten Fehler: er besteht in den während einer so langen Zeit sehr wohl möglichen, ja bei irgend umfangreicheren Objecten zweifellos immer eintretenden Wanderungen der Aufmerksamkeit. Dass die Verff. diese übersahen, während sie sich über die nothwendige Vermeidung der

Augenbewegungen sehr ausführlich verbreitet haben, ist sehr auffallend, um so auffallender, da es sich doch hier um ein psychologisches Phänomen handelt, dessen Beachtung den Verff., wie man erwarten müsste, näher liegen sollte als die Nachbildwirkung, um ein Phänomen zugleich, das sogar den Physiologen längst bekannt ist, und auf das auch Cattell bei der Beschreibung seiner Versuche ausdrücklich hingewiesen hat. Nicht bloß um die Blickbewegungen zu eliminiren, die bei absichtlichen Fixationsversuchen wahrscheinlich schon bei mäßigerer Geschwindigkeit außer Betracht bleiben würden, sondern hauptsächlich um die Wanderungen der Aufmerksamkeit zu verhüten und die Apperception des Eindrucks mit Sicherheit auf einen einzigen Act zu beschränken, hat man bisher bei den tachistoskopischen Versuchen so kurze Zeiten wie 0,01" gewählt. Dass aber solche Wanderungen der Aufmerksamkeit nicht bloß bei Blickbewegungen, sondern auch bei fixirendem Blick stattfinden können, haben schon Männer wie Purkinje und Johannes Müller gewusst. Nachdem dieser auseinandergesetzt hat, dass wir bei der Betrachtung eines Bildes bald diesen bald jenen Theil lebhafter sehen, fügt er hinzu: »dies geschieht nicht bloß, indem wir durch Bewegungen der Augen mit den Sehachsen diese Figuren verfolgen und gleichsam beschreiben, sondern bei unverwandtem Blick prägt die Intention, die Aufmerksamkeit bald diesen, bald jenen Theil der Figur der Anschauung lebhafter ein, während die übrigen zwar empfunden werden, aber unbeachtet bleiben«¹⁾. Und ähnliche Bemerkungen findet man bis in die neueste Zeit bei den meisten Schriftstellern, die sich mit physiologischer Optik beschäftigt haben, abgesehen von der Rolle, die das Phänomen speciell bei den tachistoskopischen Versuchen und ihrer psychologischen Verwerthung gespielt hat. Es handelt sich also gar nicht um einen entlegenen, leicht zu übersehenden Gegenstand, sondern eigentlich um einen Punkt, auf den sich die Aufmerksamkeit des Psychologen, der sich mit solchen Versuchen abgibt, zu allererst richten muss. Auch war es ja von vorn herein nach den Angaben der früheren Beobachter wahrscheinlich, dass die Wanderungen der Aufmerksamkeit eventuell schneller vor sich gehen als diejenigen des Fixationspunktes.

1) Joh. Müller, Handbuch der Physiologie, II, 1840, S. 95.

Nun könnte man vielleicht noch denken, hier liege zwar ein gewisser Mangel in der Ausführung der Versuche hinsichtlich der Ausschließung möglicher Fehlerquellen vor, aber nicht jeder mögliche Fehler sei ja auch nothwendig ein wirklicher Fehler, und so werde vielleicht doch bei den zur Verhütung der Blickbewegungen geeigneten Expositionszeiten von 0,1" auch das Wandern der Aufmerksamkeit vermieden gewesen sein. Dass aber diese tröstliche Zuversicht durchaus ungerechtfertigt wäre, das lehren schlagend die Resultate der Verff. selbst, aus denen man mit dem bei solchen Dingen überhaupt nur erreichbaren Grad von Gewissheit schließen kann, dass bei ihnen die Wanderungen der Aufmerksamkeit eine sehr große Rolle gespielt haben. Ich verweise auf S. 139 Tabelle XI. Da finden sich Versuche an drei Beobachtern über das Lesen mehr oder minder einfacher oder zusammengesetzter Wörter, alle bei einer Expositionszeit von 0,1" ausgeführt. Die Zahl der das Wort zusammensetzenden Buchstaben (L) ist in der ersten, die Zahl der Wörter gleicher Länge (A) in der zweiten Columne aufgeführt, die Zahlen der Fälle richtigen und falschen Lesens sind dann in einer dritten und vierten Columne mit r und f bezeichnet. Wir greifen die längsten Wörter heraus, die natürlich für die vorliegende Frage allein ein entscheidendes Interesse haben. Da finden sich nun z. B. folgende Zahlen

$L=19, A=1, r=1, f=0;$	$L=19, A=2, r=2, f=0;$
für Di.: $L=20, A=2, r=1, f=1;$	für E.: $L=20, A=2, r=2, f=0;$
$L=21, A=1, r=0, f=1;$	$L=22, A=1, r=1, f=0.$

Das heißt, der eine der beiden Beobachter (Di.) der weniger im Lesen bei kurzer Beleuchtung geübt war, konnte Wörter mit 19 bis 21 Buchstaben ungefähr ebenso oft fehlerlos lesen, als er dazu nicht im Stande war; der andere, E., las Wörter von 19 bis 22 Buchstaben Länge ausnahmslos richtig. Dabei ist wohl zu beachten, dass jedes Wort nur einmal dargeboten wurde, dass also jede Vorbereitung durch vorangegangene Einwirkungen des gleichen Wortbildes ausgeschlossen war. Nun erkennt Jedermann, der in Versuchen dieser Art einige Erfahrung hat, ohne weiteres, dass eine derartige Leistung, das Lesen eines Wortungeheuers von 19 bis 22 Buchstaben, ohne Wanderungen der Aufmerksamkeit absolut ein Ding der Unmöglichkeit ist. Ja für ein Wort von solcher Länge genügt schwerlich eine einmalige

Wanderung, sondern es ist wahrscheinlich ein zweimaliger Wechsel der Aufmerksamkeit erforderlich gewesen. Ein solcher ist aber auch sehr wohl möglich; denn die wirkliche Bilddauer betrug ja nicht, wie die Verff. meinen, bloß 0,1", sondern wegen der enorm langen Dauer des Nachbildes bei ihrer Versuchsanordnung allermindestens 0,25". Eine sehr gute Illustration zu diesen Versuchen geben Reactionsversuche, die schon vor langer Zeit Dr. Max Friedrich in meinem Laboratorium über die Erkennung kürzerer oder längerer Zahlen ausgeführt hat. Die Einrichtung war so getroffen, dass im Moment, wo beim Sehen in einen dunkeln Kasten das Object erleuchtet wurde, auch der Zeiger des Chronoskops in Bewegung kam, und dass dieser in dem Augenblick stillstand und gleichzeitig die Beleuchtung sistirt wurde, wo der Beobachter durch eine Reactionsbewegung die Erkennung des Objects registrirte. Bei diesen Versuchen wurden 1-, 2-, 3- und in der Regel selbst 4-stellige Zahlen sofort mit größter Deutlichkeit aufgefasst, und die Reactionszeit war bei diesen kleineren Zahlen annähernd gleich lang, namentlich die 1- bis 3-stelligen unterschieden sich nicht. Sobald man dagegen zu 5- bis 6-stelligen Zahlen überging, so bemerkte man auf das deutlichste, dass diese nur durch Zerlegung in zwei Hälften gelesen werden konnten, d. h. die Aufmerksamkeit wanderte von der einen Zahlgruppe zur andern, und demgemäß wurde denn auch hier die Reactionszeit beträchtlich verlängert gefunden¹⁾. Vermuthlich kann man ein Wort aus 20 Buchstaben noch viel weniger in einem einzigen Acte der Aufmerksamkeit auffassen, als eine 5- oder 6-stellige Zahl. Dass den Verff. diese Wanderungen der Aufmerksamkeit entgangen sind, ist allerdings auffallend. Aber es erklärt sich doch wohl einerseits daraus, dass sie mit dem Fall-Tachistoskop, so eingehend sie sich mit den theoretischen Mängeln desselben beschäftigten, schwerlich Versuche gemacht haben. Hätten sie wirklich einmal sehr kurze, die Wanderungen der Aufmerksamkeit ausschließende Bildeinwirkungen vor Augen gehabt (bei ihrem Apparat waren ja solche wegen der langen Nachbilddauer unmöglich), so würden ihnen sicherlich die Wanderungen der Aufmerksamkeit bei ihren Versuchen nicht entgangen sein. Andererseits unterstützen in

1) Max Friedrich, »Ueber die Apperceptionsdauer bei einfachen und zusammengesetzten Vorstellungen«. Philos. Stud. I, 1883, S. 39 ff.

solchen Fällen verschiedene Fehler einander wechselseitig. Die Adaptationsstörung beim Eintritt der Erleuchtung ließ wohl die Beobachter Erscheinungen übersehen, die ihnen sonst vielleicht doch nicht entgangen wären.

Aus dem Umstand, dass die Auffassung der größeren Wortgebilde unter Vermittelung von Wanderungen der Aufmerksamkeit stattfand, erklären sich nun auch vollkommen befriedigend die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der früheren Versuche Cattell's und denen der Verff. Cattell fand, dass man von sinnlos verbundenen Buchstaben 4—5 in einem einmaligen Acte auffassen kann, dagegen, wenn sie Wörter bilden, das Dreifache dieser Zahl, so dass im Maximum 2—3 kurze einsilbige Wörter auf einmal gelesen werden können. Dabei ist aber zu beachten, dass Cattell's Ergebnisse Schlussergebnisse sind, die erst nach mehrmaliger Exposition der gleichen Buchstaben oder Wörter erreicht wurden, und dass die angegebenen Zahlen diejenige Grenze bezeichnen, die bei weiterer Wiederholung der Versuche nicht überschritten wurde, so dass diese Zahlen wohl wirklich einigermaßen den Maximalumfang der Aufmerksamkeit für einen gegebenen Moment messen, da bei der Kürze der Bildzeit Wanderungen der Aufmerksamkeit sicher ausgeschlossen waren. Erdmann und Dodge finden, dass fast ausnahmslos 4, in der Mehrzahl der Fälle aber 5 ohne Wortzusammenhang exponirte Buchstaben, im Wortzusammenhang aber vier- bis fünfmal so viel gelesen werden können. Die obere Grenze liegt also bei ihnen für einzelne Buchstaben kaum merklich, für Wörter aber erheblich höher. Dabei ist jedoch sehr zu beachten, dass sich dieses Resultat sofort bei der ersten Exposition der Buchstaben oder Wörter herausstellte, wodurch das Uebergewicht des Leseumfangs für sie ein ganz enormes wird. Unter den gleichen Bedingungen kann man mit dem Fall-Tachistoskop höchstens 2—3 Buchstaben und höchstens ein einzelnes ganz kurzes und wohlbekanntes Wort, ein größeres aber gar nicht auffassen. Dieser Unterschied erklärt sich hinlänglich, wenn man bedenkt, dass die Bilddauer bei den Verff., sobald man in beiden Fällen die wahrscheinlichen Nachbildwirkungen in Rechnung bringt, mindestens das vier- bis fünffache der in den Cattell'schen Versuchen angewandten Zeiten beträgt. Ebenso erklärt sich aus diesem Unterschied der Bedingungen die Ansicht, die sich die Verff. von der

Ursache der Erscheinung, dass isolirte Buchstaben in so viel kleinerer Zahl aufgefasst werden, gebildet haben. Sie führen dies nämlich darauf zurück, dass von den isolirten Buchstaben ein großer Theil rasch wieder vergessen werde. Ich glaube, dass das für ihre eigenen Versuche in der That zutrifft. Dass man eine beliebige Reihe successiv gelesener Buchstaben viel leichter wieder vergisst als eine Reihe von Wörtern, davon kann man sich auch ohne tachistoskopische Versuche überzeugen. Dies verhält sich aber wesentlich anders, wenn die Wanderungen der Aufmerksamkeit ausgeschlossen sind: hier hält man den in einem einzigen Act erfassten Buchstabencomplex für die ersten Momente ebenso gut fest wie das Wort, denn er bildet ebenso wie dieses ein einziges simultanes Bild. Man kann daher auch umgekehrt schon daraus, dass die Verff. diesen deutlichen Eindruck des Vergessens gehabt haben, mit Sicherheit schließen, dass bei ihnen das Bild kein simultanes, sondern ein successives gewesen ist. Als Resultat ergibt sich demnach, dass überall, wo Wanderungen der Aufmerksamkeit nicht in Betracht kommen — das ist natürlich bei kleinen Buchstabengruppen und kurzen Wörtern der Fall — ihre Versuche die Cattell'schen Ergebnisse bestätigen, dass aber da, wo sich ein Widerspruch herausstellt — bei den großen Buchstabengruppen und Wörtern — dies lediglich in der langen Dauer der Bildzeiten und den Wanderungen der Aufmerksamkeit seinen Grund hat¹⁾.

Aus allem dem ergibt sich, dass die Versuche der Verff. im eigentlichen Sinne »tachistoskopische« Versuche gar nicht gewesen sind, in dem Sinne nämlich, in dem man diese bisher immer verstanden hat, insofern dabei nicht nur Ausschließung der Augenbewegungen, sondern auch Ausschließung der Wanderungen der Aufmerksamkeit ausdrückliche Bedingungen waren. Die Versuche der

1) In einer Recension des Buches von Erdmann und Dodge wird die Thatsache, dass wir Wörter als Ganze lesen und daher zu Wörtern vereinigte Buchstaben in viel größerer Zahl auffassen als isolirte Wörter, als eine Entdeckung von Erdmann und Dodge behandelt. Eine andere Recension rühmt ihnen sogar das Verdienst nach, dass sie im Gegensatz zur Mehrzahl ihrer Vorgänger in tachistoskopischen Versuchen darauf bedacht gewesen seien, die Augenbewegungen auszuschließen. Direct fällt das den Verff. nicht zur Last. Aber diese Missverständnisse sind immerhin bezeichnend für die Art, wie sie in der Kritik ihrer eigenen und früherer Versuche verfahren, und wie sie diejenigen Resultate ihrer Vorgänger besprechen, die sie lediglich zu bestätigen vermocht haben.

Verff. sind einfach Leseversuche mit verhältnissmäßig kurzer Lesezeit gewesen, bei denen zwar die Fixation festgehalten wurde, aber dem Beobachter ein Wandern mit der Aufmerksamkeit bis zu einem gewissen Grade gestattet, und zwar, wie man aus den Leseergebnissen schließen darf, im Maximum wohl bis zu einem zweimaligen Wechsel derselben gestattet war. Um das zu erreichen, braucht man nun allerdings kein Tachistoskop, sondern die Verff. würden ungefähr das nämliche erzielt haben, wenn der Experimentator dem Beobachter, während dieser das Auge geschlossen hielt, das Object vorgehalten und dann ihn gebeten hätte, die Augen für einen ganz kurzen Augenblick aufzuschlagen und sofort wieder zu schließen. Ein solcher »Augenblick« dürfte ebenfalls ungefähr $\frac{1}{4}$ Sec. betragen. Es ist ja nicht das erste Mal, dass bei der Construction eines Apparates viel Erfindungskraft von Seiten dessen, der ihn erdacht, und des Mechanikers, der ihn ausgeführt hat, angewandt worden ist, und dass man schließlich doch denselben Zweck auf eine viel einfachere Weise oder ohne alle Apparate hätte erreichen können. Dennoch haben auch solche Missgriffe ihre guten Seiten, und es lässt sich ihnen ein gewisses negatives Verdienst nicht absprechen: sie weisen auf die Vorsichtsmaßregeln hin, die man bisher vielleicht doch nicht immer zureichend beachtet, und auf Fehler, die man in Zukunft zu vermeiden hat.

Ueber diejenigen Theile des Buches von Erdmann und Dodge, die außerhalb des Gebiets der tachistoskopischen Versuche liegen, möchte ich hier ohne weitere kritische Erörterungen hinweggehen, obgleich namentlich die Reactionsversuche von den Verff. selbst in eine nahe Beziehung zu jenen gebracht werden. Reactionsversuche gehören, wenn sie brauchbare Ergebnisse und nicht bloß nutzlose Zahlenanhäufungen liefern sollen, zu den schwierigsten Aufgaben der experimentellen Psychologie. Vor allem muss bei ihnen ganz genau darüber Rechenschaft abgelegt werden, unter welchen physiologischen und psycho-physischen Vorbedingungen reagirt worden ist, ob von Anfang an auf die auszuführende Bewegung oder auf den zu erfassenden Sinnesindruck die Aufmerksamkeit gerichtet war u. s. w. Versuche, bei denen auf diese wesentlichen Vorbedingungen gar keine Rücksicht genommen wird, haben ungefähr einen ähnlichen Werth, wie ihn die geographischen Entdeckungen eines Reisenden haben

würden, der nicht weiß, unter welchem Länge- und Breitengrad er sich befindet. Dem entsprechend haben denn auch die Schlüsse, die auf solche Versuche gegründet werden, im allgemeinen den Werth subjectiver Meinungen, die man sich ebenso gut vor wie nach der Anstellung der Versuche bilden könnte, wie denn in der That das letztere nicht ganz selten zu geschehen pflegt. Nicht minder unterlasse ich es, auf die von den Verff. entwickelten allgemeinen psychologischen Anschauungen einzugehen, die mir nicht hinreichend deutlich geworden sind, um sie beurtheilen zu können¹⁾.

Eine kleine Berichtigung möchte ich jedoch nicht unterdrücken, wenn sie auch nur indirect mit den tachistoskopischen Methoden zusammenhängt, um so mehr, als es sich dabei um eine Art Ehrenrettung der Physiologie handelt. Die Verff. bezeichnen es als eine »traditionelle Annahme« der Physiologen, dass wir nur einen einzigen Punkt, nämlich den fixirten, deutlich sehen, und dass sich unsere Augen bei der Wahrnehmung ausgedehnter Objecte unaufhörlich bewegen. Dass man aus verschiedenen physiologischen Autoren Stellen sammeln kann, aus denen sich allenfalls eine solche Annahme construiren ließe, will ich nicht leugnen. Aber dass man sich gleichwohl im Irrthum befindet, wenn man diese Annahme der Physiologie als solcher oder auch nur den einzelnen Forschern zutraut, die von dem »Punkt des deutlichsten Sehens« oder von den fortwährenden Augenbewegungen bei der Auffassung der Objecte reden, das scheint mir

1) Doch darf ich bei dieser Gelegenheit wohl darauf hinweisen, dass sich die Verff. ihrerseits im Irrthum befinden, wenn sie der Meinung sind, ich hielte Ausdrücke wie »Erkennung«, »Unterscheidung« u. dergl. für Erklärungen und nicht vielmehr bloß für kurze Bezeichnungen, die jedesmal eine sorgfältige Analyse der psychischen Vorgänge fordern, die wir unter ihnen zusammenfassen. Jeder in meinen psychologischen Arbeiten einigermaßen orientirte Leser weiß, dass ich, so weit ich es vermochte, eine solche Analyse der Vorgänge des »sinnlichen Erkennens und Wiedererkennens« auf Grund unserer experimentellen Erfahrungen über die simultanen und successiven Associationen an verschiedenen Stellen zu geben versucht habe. Ebenso halte ich es für überflüssig, auf die Aeüßerungen der Verff. über »Assimilation« oder über das, was ich nach ihrer Meinung darunter verstehen könnte, einzugehen. Ich nehme es ja den Verff. durchaus nicht übel, wenn sie es nicht für der Mühe werth gehalten haben, sich mit meinen psychologischen Arbeiten eingehender zu beschäftigen. Mir geht es mit manchen psychologischen und philosophischen Arbeiten nicht anders. Aber ich ziehe es vor, über das was ich nicht kenne zu schweigen.

so unbestreitbar, dass es kaum nöthig wäre sich dabei aufzuhalten, wenn das Buch nur Physiologen und nicht wohl hauptsächlich Psychologen, Pädagogen und anderen in die Hände käme, die von dem, was in der Physiologie als wahr oder falsch gilt, keine sehr deutliche Vorstellung haben. Vom »Punkt des deutlichsten Sehens« zu reden, ist üblich geworden, weil wir das Auge überall nach dem Fixirpunkt und der Gesichtslinie orientirt denken. Aber kein Physiologe hat dabei daran gedacht, dass unser deutliches Sehen überhaupt nur ein punktförmiges sei. Im Gegentheil, es existirt eine Menge von Versuchen, die z. B. über den Umfang Rechenschaft geben, in dem um den Fixirpunkt herum noch Buchstaben erkannt werden können. Zum Ueberfluss sind seit Dove und Volkmann die Tachistoskopversuche da, die jedem Physiologen bekannt sind. Nicht anders verhält es sich mit den immerwährenden Augenbewegungen. Brücke, der den Augenbewegungen einen größeren Einfluss auf die Raumwahrnehmung zuschrieb, als man es jetzt zu thun pflegt, indem er z. B. die stereoskopischen Erscheinungen aus fortwährenden sehr schnellen Augenbewegungen ableitete, erläutert dies ausdrücklich so, dass ein fortwährend Wechsel zwischen verschiedenen, jedesmal nur sehr kurze Zeit festgehaltenen Fixirstellungen stattfindet¹⁾. Sicherlich ist letzteres auch heute noch die Meinung aller Physiologen. Wenn Hering an einer von den Verff. angeführten Stelle davon spricht, dass unsere Fixationsversuche immer unnatürliche Bedingungen schaffen, weil sich unsere Augen beim natürlichen Sehen fortwährend bewegen, so will er damit schwerlich der extravaganten Vorstellung das Wort reden, unsere Augen seien in einem ununterbrochenen, keinen Augenblick stillstehenden Wirbeltanz begriffen, sondern er will nur die wohlbekannte Thatsache ausdrücken, dass die Ruhepausen zwischen den einzelnen Bewegungen meist äußerst kurz sind. Die sogenannte »traditionelle Annahme« der Physiologen ist also ein unzweifelhaftes Missverständniß, das aus der übertriebenen Deutung einzelner Aeußerungen und dem Uebersehen anderer entsprungen ist.

Ich möchte übrigens diese Besprechung nicht beenden, ohne schließlich auch noch den einzigen Punkt hervorzuheben, wo die

1) Brücke, Vorlesungen über Physiologie, II, S. 199.

Arbeit der Verff. wirklich eine in gewissem Sinne neue Thatsache enthält. Sie haben es unternommen, beim Lesen die kurzen Ruhepausen zu beobachten, die zwischen den Bewegungen stattfinden, indem sie die Augen des Lesenden im Spiegelbilde verfolgten. Es muss freilich hinzugefügt werden, dass die Versuche nicht geeignet waren, mehr als dieses qualitative Resultat festzustellen. Ihre Berechnungen über die Dauer der Ruhepausen, gegründet auf eine ungefähre Feststellung der Lesedauer für eine gedruckte Zeile und auf ältere Versuche über die Geschwindigkeit der Augenbewegungen, die unter wesentlich andern Bedingungen ausgeführt waren, können im günstigsten Falle nur sehr approximative Ergebnisse über jene natürlich an sich nach individuellen Bedingungen äußerst veränderlichen Werthe liefern. Die einzige Methode, die es gestattet, Bewegungen von der Geschwindigkeit der Augenbewegungen mit einiger Sicherheit in ihrem Verlauf zu verfolgen, ist die Methode der Selbstregistrirung, wie wir sie ja auch zur Untersuchung des Verlaufs einer Muskelzuckung verwenden. Für die Augenbewegungen ist diese Aufgabe noch nicht gelöst, dass sie nicht unlösbar ist, lässt sich aber aus den vorläufigen Versuchen von Huet¹⁾ und aus den in etwas vollkommenerer Weise ausgeführten von Orchansky²⁾ entnehmen. Einstweilen, solange objective ophthalmographische Versuche nicht existiren, können aber gerade beim Auge in gewissem Maße auch subjective Beobachtungen über die Bewegung der Nachbilder als Ersatz dienen. Die bloße Spiegelbeobachtung lässt höchstens den Wechsel von Bewegungen und Ruhepausen wahrnehmen. Die Beobachtung der Nachbilder dagegen, die von den während der kurzen Ruhepausen fixirten Theilen des Objectes entstehen, lässt die von der Gesichtslinie beim Lesen beschriebene Bahn sowie die Punkte der Zeile, die diese Bahn trifft, erkennen. In dieser Beziehung haben die den Verff. offenbar unbekannt gebliebenen Beobachtungen von Javal schon vor langer Zeit das Ergebniss geliefert, dass die Gesichtslinie die Zeile entlang einen vollkommen horizontalen Weg beschreibt, um dann am Ende der Zeile im Bogen zur nächsten überzugehen, und dass diese Bewegung regelmäßig im oberen Drittheil der Buchstaben verläuft. Die unteren Theile der Zeile

1) Huet, American Journal of Psychology, IX, p. 475.

2) Orchansky, Centralblatt für Physiologie, XII, Nr. 24, 1899.

werden daher niemals vom Blickpunkt berührt, und bei größeren Typen fallen sie fortwährend ganz in die Region des indirecten Sehens¹⁾. Dieses Resultat, das interessanteste, das wohl bis jetzt die »Physiologie des Lesens« zu Tage gefördert hat, illustriert deutlich die überaus vollkommene Anpassung der Bewegungen des Auges an die durch die Beschaffenheit der Sehdinge gestellten Bedingungen.

1) Javal, Revue scientifique, 3^{me} Sér., I, 1881, p. 803.