

(Aus dem physiologischen Institut der Wiener Universität.)

Die Präcision der Blickbewegung und der Localisation an der Netzhautperipherie.

Von

DR. CHAS. B. MORREY (Columbus O., U. S. A.).

Wenn irgend ein Object in den seitlichen Theilen des Gesichtsfeldes unsere Aufmerksamkeit erweckt, so richten wir, bekanntlich halb unbewusst, unseren Blick nach demselben. Diese Bewegung der Bulbi geschieht mit außerordentlicher Präcision, wie aus der Geschwindigkeit derselben und aus der, wie es scheint, in der Regel nahezu geradlinigen Verschiebung des Blickpunktes hervorgeht.¹

Die Art, in welcher sich diese Fertigkeit entwickelt hat, kann man sich nach den Ausführungen von S. EXNER² folgendermaassen vorstellen: „Die Gleichzeitigkeit der Erregung der betreffenden Opticusfaser und jener willkürlich in die Augenmuskeln gesandten Erregungen kann zwischen jenen Opticusfasern, beziehungsweise ihrem subcorticalen Centrum und dem Augenmuskelcentrum“ (nach den früher geschilderten Principien) „Verwandtschaften herstellen.“ Specieller ausgedrückt wird dies in unserem Falle heissen, dafs jede „Localfaser“ des Opticusapparates bei ihrer Erregung einen entsprechenden Impuls sämtlicher Augenmuskeln auszulösen vermag; „für jeden Augenmuskel fallen die Impulse, je nach der Localfaser, die gereizt wird, verschieden aus, wobei nun nicht mehr an Verschiedenheiten im Grade der Muskelreizung sondern an Verschiedenheiten des Verkürzungs-

¹ Vgl. LAMANSKY, PFLÜGER'S *Arch.* Bd. II und GULLERY, Ueber die Schnelligkeit der Augenbewegungen, PFLÜGER'S *Arch.* Bd. LXXIII, S. 87.

² S. EXNER, Entwurf zu einer physiologischen Erklärung der psychischen Erscheinungen. I. Theil. Wien 1894. S. 243 ff.

grades gedacht werden muß“. Diesen in den Kernen gesetzten Impulsen entsprechen daselbst auftretende Erregungen, die als Muskelgefühl zur Rinde geleitet und mit dem Charakter von Empfindungen ausgestattet, daselbst verarbeitet werden können. In diesen Muskelgefühlen sieht EXNER eines der wesentlichsten Momente, die zum Begriffe des Localzeichens geführt haben. „Sie sind einheitliche secundäre Empfindungen, variabel nach den Erregungsintensitäten der einzelnen Bahnen, die ihnen angehören.“ Aber, wie er weiter nachweist, unterrichten uns jene Verwandtschaften resp. die sich aus ihnen herleitenden Localzeichen nur über die gegenseitigen Beziehungen zweier Erregungen zu einander, geben uns aber keinen Aufschluss über die Lage eines gesehenen Objectes im Blickfelde. Hier muß noch ein zweites Moment ins Spiel kommen, nämlich die an den momentan obwaltenden Contractionszustand der einzelnen äußeren Augenmuskeln geknüpften Empfindungen. Die in einem gegebenen Falle thatsächlich ausgeführte Blickbewegung wird also zunächst durch jene das Localzeichen charakterisirenden Innervationsimpulse bestimmt sein. Bei Ausführung derselben wird ihre Präcision wohl noch dadurch erhöht werden, daß die Netzhaut sich an dem Netzhautbilde verschiebt, somit eine Succession von Localzeichen geliefert wird. Von diesem Gesichtspunkte aus habe ich es nun unternommen, die Präcision der Blickbewegung und der Localisation an der Netzhautperipherie einer Untersuchung zu unterziehen, deren Resultate im Folgenden mitgetheilt werden sollen.

Es war meine Absicht die Genauigkeit zu bestimmen, mit welcher die entsprechende Blickbewegung durch ein gegebenes Localzeichen, d. h. durch einen die Netzhaut treffenden Reiz ausgelöst wird. Damit wirklich nur ein Localzeichen wirke, habe ich im dunklen Gesichtsfelde Momentanreize verwendet, und die Correctheit der Blickbewegung gemessen durch die Größe des Fehlers, der bei dem Bestreben, den Punkt des Reizes im Gesichtsfelde zu fixiren, begangen wird.

Die Bezeichnung des nunmehr fixirten Punktes geschah mittels eines Stabes, nach mäßiger Erhellung des Gesichtsfeldes, sodas die Spitze desselben wahrgenommen werden konnte. Natürlich vergingen vom Momente des Reizes bis zur Bezeichnung des scheinbaren Reizortes einige Secunden. Da vorauszusehen war, daß die Lösung der Aufgabe, einen im Dunkeln

fixirten Punkt nach einigen Secunden mit der Spitze eines Stabes zu berühren, auch mit Fehlern behaftet sein werde, so war es nöthig eine zweite Versuchsreihe auszuführen, in welcher blos der letztere Fehler, nicht der uns zunächst interessirende Fixationsfehler, Gegenstand der Messung war. Um bei diesen Controlversuchen die Verhältnisse möglichst gleich zu gestalten jenen der Hauptversuche, stellte ich die beiden Versuchsreihen nur insofern verschiedenartig an, als bei den Hauptversuchen, wie gesagt, Momentanreize angewendet wurden, während bei den Controlversuchen eine Succession von elektrischen Funken noch während der Blickbewegung bis zum Momente der Fixation auf die Netzhaut wirkten.

Meine Versuche wurden in einem Zimmer ausgeführt, das während der Einzelexperimente, abgesehen von den weiter unten zu beschreibenden Ausnahmen, vollkommen verdunkelt war. Eine große Papiertafel, deren Oberfläche in Quadrate von 10 cm Seitenlänge getheilt ist, war senkrecht vor dem Experimentator aufgestellt. In einer Entfernung von 74 cm stand die Vorrichtung zur Fixation des Kopfes durch Einbeissen, welche v. HELMHOLTZ angegeben hat. Die Beobachtungen nahm ich als ständiger Experimentator sitzend und mit meinem linken Auge vor, das ein wenig myopisch ist. Als Ausgangsstellung wurde die Primärstellung des Auges gewählt und dieselbe mittels der Nachbildmethode von v. HELMHOLTZ bestimmt. Der Fixationspunkt für diese Primärstellung wurde auf der Papiertafel durch Leuchtfarbe sichtbar gemacht. Der Gang eines Versuches war nun der folgende. Nachdem ich die Augen geschlossen und überdies auch, um jede Kenntniß des zu localisirenden Punktes auszuschließen, die Ohren verstopft hatte, wurde vom Assistenten beim Schein einer in mattirter Birne angebrachten Glühlampe der später zu beschreibende Funkenapparat an einen bestimmten Punkt der Papiertafel gebracht. Nachdem das Zimmer wieder völlig verdunkelt worden war, öffnete ich das linke Auge und richtete es auf den Fixationspunkt in der Primärlage. Unmittelbar darauf ließ der Assistent einen kleinen elektrischen Funken überspringen und ich selbst versuchte sofort mittels des Stabes, den ich in der rechten Hand hielt, jenen Punkt der Papierfläche zu bezeichnen, an welchem mir der Funke erschienen war. Ermöglicht wurde dies, indem gleich nach Ueberspringen des Funkens die Tafel und der Stab durch das Aufleuchten einer

Glühlampe etwas erhellt wurden. Diese letztere befand sich hinter und über meinem Kopfe und beleuchtete durch einen transparenten Schirm hindurch die Papierfläche nur soweit, daß ich die Spitze des sich auf ihr bewegenden Stabes, nicht aber die quadratische Theilung sehen konnte. Der Assistent notirte sodann meine Angabe. Um zu erfahren, wie sich die Genauigkeit dieser Localisation zur Genauigkeit verhält, die bei controlirten Blickbewegungen möglich ist, wurde die zweite Versuchsreihe in der Weise ausgeführt, daß an jenem Contacte eine ganze Reihe von Funken übersprang, unter deren Leitung ich diesen Punkt fixirte und dann in derselben Weise wie früher mit dem Stabe bezeichnete.

Während ich die Hauptversuche für sehr viele Punkte des gesammten Sehfeldes ausführte, erstreckt sich die Reihe der Controlversuche nur auf den horizontalen und den verticalen Meridian. Die Funkenvorrichtung bestand aus einem kleinen Gestell, auf welchem einerseits ein Platindraht, andererseits eine mit Platin belegte Messingfeder zur Berührung eingestellt werden konnten. Ein Fingerdruck auf ein Hebelchen machte die Feder zurückschnellen; sie war so gebogen, daß der Funke, der nun übersprang, von dem Orte des Experimentators immer sichtbar war. Ein Paar Schnüre dienten als Stromleitung.

Sollte eine Reihe von Funken überspringen, so wurde durch wiederholten Fingerdruck der Contact unterbrochen.

I. Hauptversuche.

Die Papiertafel, an welcher ich experimentirte, war, wie schon bemerkt, in Quadrate getheilt, und zwar durch horizontale und verticale Linien. Ueber dem Fixationspunkt der Primärlage waren 18, unter demselben 13 horizontale Linien, rechts von demselben (Nasalseite des Sehfeldes) 9, links (Schläfenseite) 15 verticale Linien, eine horizontale und eine verticale kreuzten sich im Fixationspunkt. Es war somit die ganze Fläche in 744 Quadrate getheilt, die, abgesehen von einzelnen am Rande gelegenen und für eine Bestimmung nicht mehr geeigneten, in das Gesichtsfeld fielen. Für jeden Durchschnittspunkt der Theilung wurde ein Einzelexperiment ausgeführt. Das Resultat habe ich zunächst auf eine zehnfach verkleinerte Copie („Hauptversuchstafel“) dieser Tafel verzeichnet, indem ich den wahren und den von mir mit dem Stabe bezeichneten Punkt auftrug und durch eine Gerade

verband. Um dann ein Maass für die Genauigkeit der Angabe, in ihrer Abhängigkeit vom Netzhautcentrum zu gewinnen, habe ich weiter in dieser Copie Kreise eingetragen, die concentrisch um den Fixationspunkt angeordnet, Radien hatten, von denen der innerste die Länge einer Quadratseite (1 cm) hatte und jeder folgende um eine Quadratseite länger war. Es wurde nun für jeden so entstandenen Ring die Grösse der Fehler der sich auf seine Fläche erstreckenden Einzelversuche gemessen und davon das Mittel genommen. Die Resultate dieser Messungen und Berechnungen sind in Curve I (der Tafel auf S. 323) dargestellt¹, und zwar in der Art, dass die Grössen der Winkel, welche die Sehlinie des Funkens mit der in Primärlage befindlichen Gesichtslinie einschliessen, als Abscissen rechts und links vom Nullpunkt aufgetragen wurden (Zahlen 0—70 der Tafel), während die Fehlergrösse in den Ordinaten wiedergegeben ist.

Da die Curve symmetrisch rechts und links vom Nullpunkt aufgetragen worden ist, so bedeutet sie die Genauigkeit der Localisation an einem idealen Meridionalschnitt durch die Netzhaut; ideal in sofern als diese Genauigkeit als Durchschnittsgenauigkeit für einen gegebenen Gesichtswinkel aufzufassen ist, gleichgültig in welchem Meridian der Netzhaut sich das Gesichtobject befinde.

Obwohl die Curve, offenbar den unvermeidlichen Versuchsfehlern entsprechend, einen recht unregelmässigen Verlauf nimmt, kann doch wohl an ihr ersehen werden, dass die Fehlergrössen bei 50—60 Winkelgraden circa 2 bis 3 Mal jene bei 10—20 Winkelgraden übertreffen.

Die ausgezogene Curve II stellt dieselben Messungen dar, aber ausschliesslich, soweit sie den verticalen Meridian betreffen, und bezieht sich die linke Hälfte derselben auf den oberen, die rechte auf den unteren Theil dieses Meridians. Da hier für fast jeden Durchschnittspunkt meiner Hauptversuchstafel nur eine Messung vorhanden war, erklärt sich der viel unregelmässigere Verlauf der Curve. Im Wesentlichen aber zeigt sie dasselbe Verhalten wie Curve I.

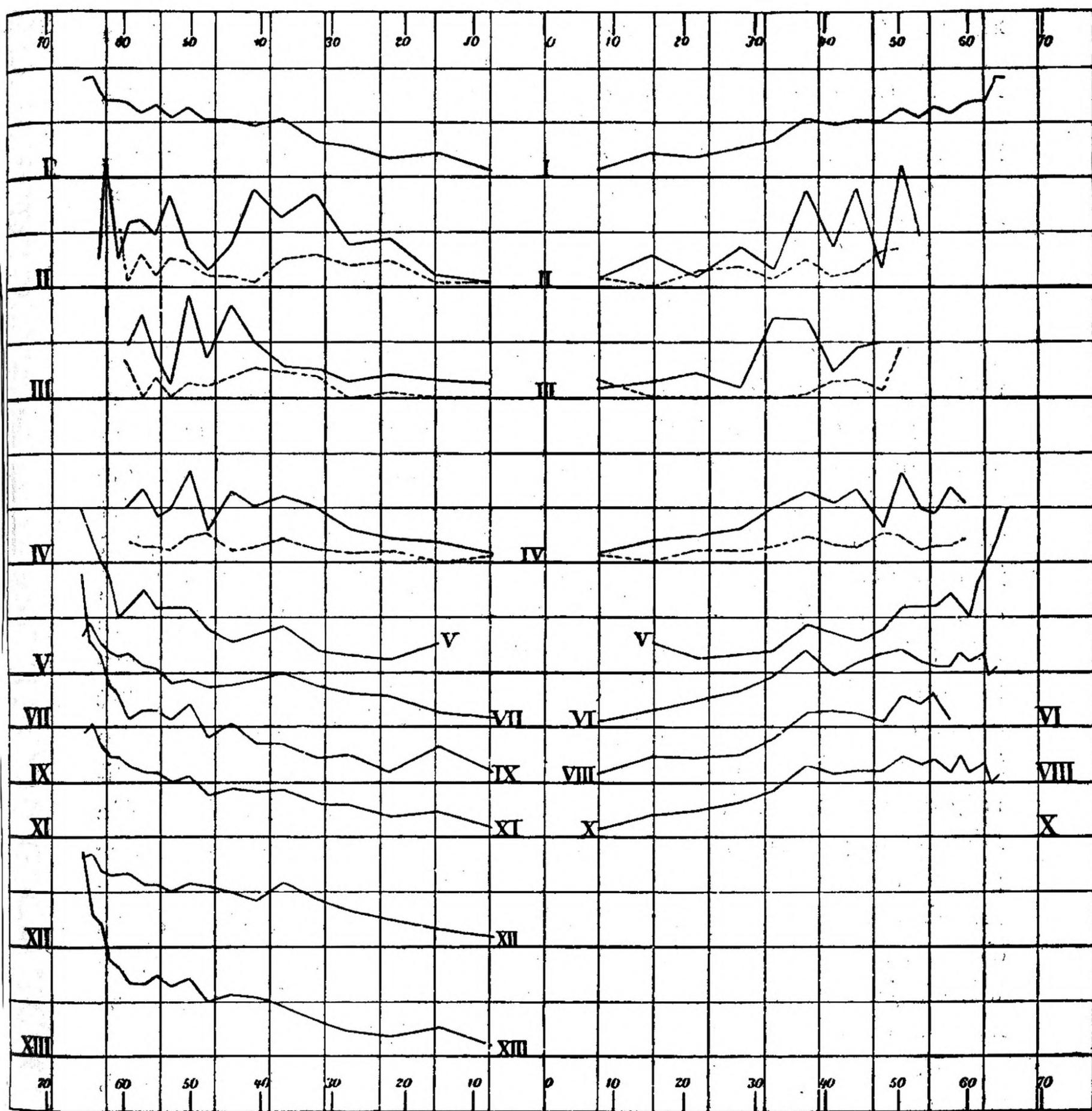
¹ Die Nummern der Curven sind in der genannten Tafel den Curven nächst der Nulllinie beige setzt, und die zu jeder Curve gehörige Abscisse ist mit derselben Nummer versehen. Der Nullpunkt bedeutet den Fixationspunkt in der Primärlage, die beiderseits aufgetragenen Zahlen die Winkelgrade im Sehfelde.

Curve III entspricht in ihrem ausgezogenem Antheile den gleichartigen Resultaten für den horizontalen Meridian, wobei der linke Antheil der linken, der rechte Antheil der rechten Hälfte des Meridians entspricht.

Da ich nach dem Gesamteindrucke der Hauptversuchstafel vermuthete, daß die Fehlerwerthe des horizontalen und des verticalen Meridianes kleiner sind als die übrigen, so habe ich Curve IV nach Art der Curve I construirt, indem hier aber ausschließlich die in den beiden senkrecht aufeinander stehenden Meridianen gelegenen Punkte zur Construction verwendet wurden. Es scheint in der That, als hätte Curve IV weniger die Tendenz peripher anzusteigen als Curve I, was bedeuten würde, daß die Localisation in diesen beiden Hauptmeridianen eine vollkommenerere sei. Um mich noch weiter hierüber zu orientiren, habe ich die Curve V nach denselben Regeln wie Curve IV gezeichnet, indem ich nur die Punkte in Rechnung zog, welche auf den beiden senkrecht aufeinander stehenden aber um 45° gegen den horizontalen verschobenen Meridianen liegen. Auch der Vergleich von Curve IV und V läßt das genannte Verhalten vermuthen, doch wage ich auf Grund dieser Messungen nicht mit mehr als geringer Wahrscheinlichkeit von dem erhöhten Localisationsvermögen in den beiden Hauptmeridianen zu sprechen.

Ferner habe ich die vier Quadranten des Sehfeldes mit einander verglichen, wobei die dem horizontalen Meridian angehörigen Punkte jedem der beiden ausstossenden Quadranten zugezählt wurden. Ebenso betreffs des verticalen Meridians. Die erhaltenen Resultate sind in den vier Curven VI, VII, VIII, IX wiedergegeben und beziehen sich auf den Quadranten rechts-oben, links-oben, rechts-unten, links-unten. Man gewinnt beim Anblick dieser Curven den Eindruck, als würde die Genauigkeit der Localisation an den Seitentheilen des Sehfeldes (zwischen 40 und 65°) an der rechten Seite eine grössere sein als links. Da ich mit dem linken Auge beobachtete, so bezieht sich dies auf die Schläfenseite der Netzhaut. Um hierin klarer zu sehen, führte ich weiterhin die Berechnung für die rechte und die linke Sehfeldhälfte getrennt durch und erhielt dadurch die Curven X und XI. Sie lassen einen Unterschied der genannten Art nicht mit Sicherheit erkennen. Dasselbe gilt für die Curven XII und XIII, welche der oberen und der unteren Gesichtsfeldhälfte angehören.

Hauptversuchs-Tafel.



Tafelerklärung.

Curven, welche die Gröfse der Localisationsfehler in Ordinaten angeben.
 Die auf den Abscissen aufgetragenen Zahlen bedeuten
 die Winkelgrade im Sehfeld.

Fig. I. Curve der Fehler für das gesammte Gesichtsfeld.

Fig. II und III. Curven der Fehler für den verticalen resp. horizontalen
 Meridian (ausgezogen) und die entsprechenden Controlcurven
 (punktirt). In den Curven II entspricht der rechte Antheil der
 21*

unteren, der linke der oberen Hälfte des verticalen Meridians, in den Curven III der rechte der rechten, der linke der linken Hälfte des horizontalen Meridians.

Fig. IV. Curve der Fehler für den verticalen und horizontalen Meridian (ausgezogen) und die entsprechende Controlcurve (punktirt).

Fig. V. Curven der Fehler für die beiden um 45° gegen den horizontalen Meridian verschobenen, zu einander senkrechten Meridiane.

Fig. VI, VII, VIII, IX. Curven der Fehler für den rechten oberen, linken oberen, rechten unteren und linken unteren Quadranten des Sehfeldes.

Fig. X, XI, XII, XIII. Curven der Fehler für die rechte, linke, obere, untere Gesichtsfeldhälfte.

II. Controlversuche.

Wie gesagt, habe ich, um zu erfahren was von den Fehlern meiner Localisationen dem Gesichtorgan und was den Bewegungen der den Stab führenden Hand angehört, Controlversuche gemacht, bei welchen die Funken an dem Beobachtungspunkte wiederholt und so lange übersprangen, bis derselbe fixirt war. Die unter diesen Umständen sich ergebenden Fehler sind in den Curven II, III und IV punktirt verzeichnet. Sie zeigen, daß die Unsicherheit der Bezeichnung eines fixirten Punktes mit seiner Entfernung vom Fixationspunkt der Primärlage zunimmt. Diese Zunahme ist aber eine recht geringe und erklärt nicht den Verlauf der ausgezogenen Curve. Als Maafs für die in den Functionen des Sehorganes begründeten Fehler der Localisation können somit für verschiedene Antheile der Netzhaut die Distanzen gelten, welche zwischen der ausgezogenen und der punktirtten Curve, entsprechend den betreffenden Punkten der Abscissenaxe, liegen. Aus diesen Distanzen ergiebt sich, daß der Fehler der optischen Localisation umso gröfser wird, je gröfser die Entfernung der gereizten Netzhautstelle vom Netzhautcentrum ist.

Es wird Gegenstand weiterer Untersuchungen sein müssen, festzustellen ob die gefundene Zunahme des Fehlers gebunden ist an die Entfernung des Blickpunktes von der Primärstellung, oder an die Gröfse der Blickbewegung selbst; d. h. es werden neuerliche Versuchsreihen auszuführen sein, bei welchen die Blickbewegung nicht von der Primärlage ausgeht.

III. Richtung der Fehler.

Ueberblickt man die Hauptversuchstafel, in welcher jeder Fehler der Hauptversuchsreihe seiner Richtung und Gröfse nach

verzeichnet ist, so fallen zwei Eigenthümlichkeiten in die Augen. Erstens, daß die Zahl der Urtheile, durch welche der localisirte Punkt peripheriewärts von dem Beobachtungspunkte verlegt wurde, um ein Vielfaches geringer ist, als die Zahl der entgegengesetzten Urtheile; zweitens daß die Striche überwiegend radiäre Richtung haben.

Es geht daraus hervor, daß wir geneigt sind, das Gesichtsobject so zu localisiren, als wäre es dem Fixationspunkt der Primärlage genähert.

Die Durchführung dieser Versuche ist natürlich nur unter Beihülfe eines Assistenten möglich gewesen. Herr Dr. PAUL CLAIRMONT hatte die grosse Liebenswürdigkeit, diese Hülfeleistungen zu übernehmen. Ich spreche ihm dafür auch an dieser Stelle den wärmsten Dank aus.

(Eingegangen am 7. März 1899.)
