Beitrag zur Lehre von der Lage correspondirender Netzhautpunkte.

Von
Dr. Leop. Mandelstamm.

Bei der noch schwebenden Frage über die Identität der beiden Netzhäute, ob sie nämlich auf einer anatomisch praeformirten Anlage beruhe oder durch Erfahrung und Zweckmässigkeit vermittelt des Gesichtssinnes erworben sei, scheint es mir nicht überflüssig einige Beobachtungen, welche ich auf diesem Gebiete im Laboratorium des Herrn Geheimrath Professor Helmholtz zu Berlin gewonnen habe, hier mitzutheilen. Die Versuche, welche ich über die Vergleichung der Länge correspondirender Netzhautstrecken, sowohl in horizontaler, als verticaler Richtung anstellte, sind nach dem Vorgange von Volkmann*) gemacht, unterscheiden sich jedoch sowohl durch ihre Anordnung, als durch die ungleich grösseren der Vergleichung unterzogenen Distanzen. Bekanntlich stellte Volkmann die Versuche für verticale Distanzen in der Weise an, dass eine horizontale Linie von 2 verticalen Linien in dem Abstände der

*) Physiolog. Unters. im Gebiete der Optik. Heft 2. Leipzig 1864. Helmholtz, Phys. Opt. pag. 706.

Augen des Beobachters rechtwinklig geschnitten wurde, so dass jedes Auge ein rechtwinkliges $+$ vor sich hatte. Unterhalb der Horizontalen nach aussen von den Verticalen befand sich eine zur ersteren parallele Linie, die eine feste Lage und beiläufig einen Abstand von 5,5 Mm hatte. Auf der anderen Seite war in eben der Weise eine andere, bewegliche Horizontallinie angebracht. Wurden nun bei parallelen Blicklinien beide Verticallinien zum Decken gebracht, so musste die bewegliche Horizontallinie so gestellt werden, dass sie mit der auf der anderen Seite befestigten eine continuirliche Gerade bildete. Darauf wurde die Lage der beiden Nadeln gewechselt und derselbe Versuch wiederholt. Das Mittel aus 30 Beobachtungen (einzelne Einstellungen wichen indessen bis 0,5 Mm. von der gegebenen Distanz ab) ergab eine derartig geringe Abweichung der zu vergleichenden verticalen Distanz mit der wirklichen, dass sie bei einer Entfernung (der Augen) des Beobachters von 30 Cm. kaum eine wahrnehmbare Grösse auf der Netzhaut bildete. Ebenso verglich Volkmann auch horizontale Distanzen, indem er auf je einer rechten oder linken Seite der verticalen Linien in einer Distanz von 6,24 Mm. eine feste Verticale oberhalb und eine bewegliche unterhalb, oder umgekehrt anbrachte und sodann beide bei parallelen Blicklinien in eine einzige Verticallinie zur Verschmelzung zu bringen suchte. Auch hier waren die Unterschiede der Mittelwerthe zu klein, um wahrgenommen werden zu können.

Ich stellte meine Versuche anfangs auch in ähnlicher Weise an, indem ich zwei Fäden im Abstände meiner Augen (62 Mm.) auf einer Wand mittelst zweier Gewichte herabhängen liess und nach links von dem rechten Faden eine Nadel in wechselnden Distanzen von 5—60 Mm. parallel zu jenem anklebte. Das Halbbild dieser Nadel suchte ich bei Festhaltung der mit parallelen Blicklinien

zum Decken gebrachten Fäden mit dem einer andern nach links vom linken Faden entgegengeführten Nadel zusammenzubringen. Diese Stelle wurde markirt und die Entfernung vom linken Faden mit einem genauen Maassstabe gemessen. Es stellte sich aber dabei heraus, dass Differenzen von 0,5—10 Mm. in Bezug auf die gegebene Distanz auftraten, d. h. wenn ich die Deckung der beiden Fäden festzuhalten glaubte, konnte ich das einfach gesehene Bild der Nadeln bei forcirter Fixation allmählig weiter bis zu einer ziemlichen, das ursprüngliche Maass überschreitenden Grenze vom linken Faden abrücken. Es konnte dies nur dadurch möglich geworden sein, dass die in horizontalen Distanzen zur Vereinigung gebrachten verticalen Fäden noch einfach gesehen wurden, während sie schon bereits in Doppelbildern erschienen waren, es also schwer war das Fusionsvermögen gänzlich zu eliminiren. *) Dagegen war es mir möglich genauere Resultate zu erhalten, wenn ich statt der beiden Fäden zwei Nadeln vertical in demselben Abstände so anbrachte, dass die eine oberhalb, die andere unterhalb einer gedachten Horizontallinie sich befand, die Spitzen also bei paralleler Richtung der Blicklinien sich berührten. Hier war es zwar, namentlich bei etwas grösseren Distanzen schwieriger die Fixation der Nadelspitzen festzuhalten, wegen der Schwankungen der beiden Sehfelder; aber die Einstellungen waren darum auch genauer. Die Distanzen, die ich so gemessen, betrugen 5—60 Mm. Grössere Distanzen konnte ich bei einer Entfernung von 30 Cm. von der Wand, der Vergleichung nicht unterziehen. Zur Messung grösserer bediente ich mich eines gleichschenkligen rechtwinkligen Prisma's. Dasselbe wurde in der Höhe meiner Augen auf einen Tisch gestellt. An der mir gegenüberstehenden Wand befand sich in derselben

*) Cf. Helmholtz, Phys. Opt. pag. 707.

Höhe und in verticaler Richtung eine ziemlich dicke Nadel. Seitlich vom Prisma, wie beifolgende Figur zeigt, stand ein Stativ mit einer solchen Nadel (a) und in einer gemessenen Distanz von dieser eine brennende Kerze (b). Wenn ich nun z. B. mit dem linken Auge die Nadel auf der Wand direct fixirte und mit dem rechten durch's Prisma blickte, so standen die beiden Nadelspitzen gerade übereinander, vorausgesetzt dass die Strecke $ao = a'o$, was auch der Fall ist, da die Kante oc des Prisma's als Spiegel wirkt, welcher den Punkt a nach a' reflektirt; ebenso ist die Strecke $ab = a'b$. Ausserdem sah ich

noch durch das Prisma das an der Wand in derselben horizontalen Linie projecirte Bild der Flamme b in b' . Meine Aufgabe war es nun, bei festgehaltener Fixation der beiden Nadelspitzen, mittelst des freien linken Auges einen dunkeln schmalen Streifen Papiers

mit der Flamme zum Decken zu bringen.

An der Wand war ein leinenes Millim.-Maass aufgeklebt, auf welchem sich die Entfernungen des Streifens von der Nadel an der Wand leicht ablesen liessen. Auf Minimaldifferenzen, wie in den Versuchen von Volkman, konnte es hier unmöglich ankommen, zumal die Prüfungsobjecte bei einer Distanz von 68 Cm. welche der Tisch hatte, eine erhebliche Ausdehnung erforderten. Es handelte sich vielmehr darum festzustellen: wie weit die Fähigkeit der beiden Netzhauthälften (der äussern und innern) zur Wahrnehmung von Doppelbildern nach den Grenzen des Gesichtsfeldes hin reiche, resp. welche Genauigkeit in der Unterscheidung einfacher von doppelten Bildern dort vorkomme.

In gleicher Weise habe ich auch verticale Distanzen gemessen. Zu dem Zwecke habe ich zwei Nadeln so an der Wand befestigt, dass ihre Spitzen bei horizontaler Lage der Nadeln in der Entfernung meiner Augenmitten lagen. Unterhalb der einen Nadel habe ich parallel zu dieser in wechselnden Distanzen einen schmalen Streifen schwarzen Papiers aufgeklebt; unterhalb der andern Nadel war ein leinenes Milimetermaass befestigt. Es handelte sich darum, bei binocularer Vereinigung der beiden Nadelspitzen einen in der Hand gehaltenen eben solchen Streifen Papiers mit jenem zum Decken zu bringen, so dass die oberen Ränder eine continuirliche Gerade bildeten. Die Lage der Streifen wurde alsdann vertauscht. Die Einstellungen geschahen hier sowohl für die oberhalb als unterhalb der fixirten Nadeln liegenden Partien. Der Abstand meiner Augen von der Wand betrug auch hier 30 Cm., wobei der Kopf, zur Vermeidung von Ungleichheiten der perspectivischen Projection, durch ein eben so langes Brettchen an die Wand gestützt war. Das jedesmalige Mittel ist aus 10 Einstellungen entnommen; die einzelnen Posten wurden addirt und die Durchschnittszahl mit + oder — bezeichnet, je nachdem ein Zuwachs oder eine Abnahme zur gegebenen Distanz stattfand. Aus den einzelnen Beobachtungs- und den Durchschnittszahlen sind nach der Methode von Volkmann die wahrscheinlichen Beobachtungsfehler berechnet worden. Die so gemessenen Distanzen erstreckten sich in horizontaler Bahn von 5—400 Mm. in verticaler, unterhalb der eingehaltenen Fixation, bei Vergleichung der Deckstellen auf den oberen Netzhautpartien bis 200 Mm., bei oberhalb der Fixation ausgeführten Einstellungen, resp. der Prüfung der untern Netzhautregionen, bis 100 Mm., wegen der ungleich grössern Schwierigkeit des Erkennens im indirecten Sehen.

Beifolgende Tabelle möge die Verhältnisse erläutern :

Mittel aus je 10 Einstellungen. Vergleichung der Lage
correspondirender Netzhautstrecken.

A. In horizontaler Bahn.		Einstellung un-
Beweglicher Streifen rechts.	Beweglicher Streifen links.	Beweglicher Streifen rechts.
Geg. l. 5 Mm. r. 0,07 Mm. wahrscheinl. Beob.-Fehler 0,114 "	r. 5 Mm. l. 0,02 Mm. w. Bf. 0,092 "	l. 5 Mm. r. 0,07 Mm. w. Bf. 0,032 "
links 10 Mm. r. -0,025 " w. Bf. 0,124 "	" 10 Mm. " 0,15 " w. Bf. 0,14 "	" 10 Mm. " -0,95 " w. Bf. 0,07 "
" 20 Mm. " 0,3 " w. Bf. 0,45 "	" 20 Mm. " 0,6 " w. Bf. 0,5 "	" 20 Mm. " 0,05 " w. Bf. 0,08 "
" 40 Mm. " 0,725 " w. Bf. 0,62 "	" 40 Mm. " 0,4 " w. Bf. 0,75 "	" 40 Mm. " 0,425 " w. Bf. 0,435 "
" 60 Mm. " 0,15 " w. Bf. 1,18 "	" 60 Mm. " 0,3 " w. Bf. 1,14 "	" 60 Mm. " -0,3 " w. Bf. 0,66 "
" 80 Mm. " 1,15 " w. Bf. 1,35 "	" 80 Mm. " -0,3 " w. Bf. 1,84 "	" 80 Mm. " -0,6 " w. Bf. 0,88 "
" 100 Mm. " 1,7 " w. Bf. 1,48 "	" 100 Mm. " 4,4 " w. Bf. 2,0 "	" 100 Mm. " 0,175 " w. Bf. 1,425 "
" 120 Mm. " 1,975 " w. Bf. 2,96 "	" 120 Mm. " 2,25 " w. Bf. 2,35 "	" 120 Mm. " 2,15 " w. Bf. 1,82 "
" 140 Mm. " 0,35 " w. Bf. 3,32 "	" 140 Mm. " 1,4 " w. Bf. 2,6 "	" 140 Mm. " 2,25 " w. Bf. 2,05 "
" 160 Mm. " -6,65 " w. Bf. 4,61 "	" 160 Mm. " 7,5 " w. Bf. 3,12 "	" 160 Mm. " 2,3 " w. Bf. 2,88 "
" 180 Mm. " -1,92 " w. Bf. 3,75 "	" 180 Mm. " 3,75 " w. Bf. 2,8 "	" 180 Mm. " 0,65 " w. Bf. 2,05 "
" 200 Mm. " -10,7 " w. Bf. 4,96 "	" 200 Mm. " -10,265 " w. Bf. 5,12 "	" 200 Mm. " 2,265 " w. Bf. 2,225 "
" 240 Mm. " -9,47 " w. Bf. 7,0 "		
" 300 Mm. " 10,45 " w. Bf. 15,7 "		
" 340 Mm. " -4,4 " w. Bf. 28,976 "		
" 400 Mm. " 6,083 " w. B. 31,25 "		

Mittel aus je 10 Einstellungen. Vergleichung der Lage
correspondirender Netzhautstrecken.

B. In verticaler Bahn.		
terhalb der fixirten Nadeln.	Einstellung oberhalb der fixirten Nadeln.	
Beweglicher Streifen. links.	Beweglicher Streifen rechts.	Beweglicher Streifen links.
r. 5 Mm. l. 0,15 Mm. w. Bf. 0,047 "	l. 5 Mm. r. - 0,03 Mm. w. Bf. 0,048 "	r. 5 Mm. l. 0,035 Mm. w. Bf. 0,036 "
" 10 Mm. " 0,1 " w. Bf. 0,027 "	" 10 Mm. " 0,1 " w. Bf. 0,17 "	" 10 Mm. " - 0 " w. Bf. 0,2 "
" 20 Mm. " - 0,025 " w. Bf. 0,095 "	" 20 Mm. " 0,4 " w. Bf. 0,42 "	" 20 Mm. " - 0,05 " w. Bf. 0,51 "
" 40 Mm. " 0,075 " w. Bf. " 0,56 "	" 40 Mm. " 1,05 " w. Bf. " 0,95 "	" 40 Mm. " 0,7 " w. Bf. 1,2 "
" 60 Mm. " - 0,05 " w. Bf. 0,66 "	" 60 Mm. " 1,4 " w. Bf. 1,6 "	" 60 Mm. " 0,875 " w. Bf. 1,485 "
" 80 Mm. " 0 " w. Bf. 0,8 "	" 80 Mm. " 3,0 " w. Bf. 2,6 "	" 80 Mm. " 1,55 " w. Bf. 2,85 "
" 100 Mm. " - 0,1 " w. Bf. 1,35 "	" 100 Mm. " 3,3 " w. Bf. 3,25 "	" 100 Mm. " 2,8 " w. Bf. 3,14 "
" 120 Mm. " 0,875 " w. Bf. 2,225 "	<p>Im monocularen Blickfelde zeigten bis zu Distanzen von etwa 40–60 Mm. die Ein- stellungen keine besondere Abweichung von der binocularen Vergleichung; dagegen wa- ren sie für grössere Distanzen bedeutend sicherer, so z. B. bei Gegebener Distanz</p>	
" 140 Mm. " 1,15 " w. Bf. 1,82 "		
" 160 Mm. " 1,05 " w. Bf. 2,82 "		
" 180 Mm. " 1,75 " w. Bf. " 2,425 "		
" 200 Mm. " 1,25 " w. Bf. 2,725 "		
	200 Mm. — 3 Mm. w. Bf. 2,0 "	
	300 Mm. 1,7 " w. Bf. 3,96 "	
	400 Mm. 2,8 " w. Bf. 4,5 "	

Aus der Tabelle ist zu ersehen, dass die Beobachtungsfehler (resp. die Abweichungen der einzelnen Einstellungen von der gegebenen Distanz) im indirecten Sehen zunehmen mit dem Wachsen der Entfernung des indirect gesehenen Gegenstandes vom Orte des fixirten Punktes (centralen Sehens). In verticaler Bahn sind für unterhalb der Fixation gelegene indirect gesehene Gegenstände die Einstellungen viel genauer, als caet. par. bei horizontaler. Denn dort haben wir erst bei 200 Mm. dieselbe Ungenauigkeit wie hier bei 100—120 Mm. Dagegen ist die Unsicherheit bei der Distanzvergleichung indirect gesehener Objecte in den untern Netzhauthälften, bei oberhalb der Fixation stattgefundenen Einstellungen, am grössten, wie aus der Tabelle zu ersehen ist; denn beispielsweise entspricht der Beobachtungsfehler von 100 Mm. hier kaum 200 Mm. in den oberen Netzhauthälften und etwa 140 Mm. in horizontaler Richtung. Im monocularen Blickfelde hingegen sind die Wahrnehmungen der trennbaren Objecte viel deutlicher als bei binocularer Vergleichung. Für kleinere Entfernungen ist kein besonderer Unterschied zwischen beiden, dagegen nimmt die Genauigkeit der ersteren bei immer wachsenden peripherischen Strecken im Vergleich zur letzteren bedeutend zu, so dass sie nur $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{8}$ der Ungenauigkeit dieser ausmacht.

Diese Versuche sind dazu angethan einen kleinen Beitrag für die Ansicht zu liefern, dass die Fähigkeit unserer Netzhäute gesonderte Eindrücke in einen zu verschmelzen, lediglich von dem zweckmässigen Gebrauch unserer Augen, resp. dem Urtheil und der Erfahrung abhängt. Die identischen Punkte als solche würden nur in diesem Sinne existiren und nicht als anatomisch präformirte Gebilde. So wie wir für gewöhnlich, namentlich mit etwas gesenkter Blickebene einherzugehen pflegen und meist auf die Gegenstände, die vor und unter uns

liegen mehr, als auf die in eben denselben Entfernungen seitlich liegenden unsere Aufmerksamkeit richten, dagegen höher gelegene Gegenstände relativ nur selten beobachten, so sehen wir auch die harmonische Zusammenwirkung in den oberen Partien der Netzhäute am stärksten ausgebildet, weniger in den horizontalen und am wenigsten in den unteren Regionen. Ferner sehen wir in den äussersten Zonen der Netzhäute die Identität bei weitem nicht so hergestellt, wie in dem gewöhnlichsten Orte des deutlichen Sehens, der Mac. lut. näher gelegenen, was eben darauf hindeutet, dass in diesen Partien, die beim gewöhnlichen Sehen so wenig in Anspruch genommen werden, noch kein einheitliches Verhältniss durch unsere Gewohnheit und Erfahrung sich herausgebildet hat. Das Gesetz des Einfachsehens ist übrigens an die Identität der Netzhäute nicht streng gebunden, ebenso wie nicht identische Netzhautstellen einen einfachen Eindruck bedingen können. Ich erinnere nur an die Fälle von concom.Schielen und rückgängigen Paralyse. Im Uebrigen verweise ich in Betreff gerade dieses Abschnittes auf die Arbeiten von Helmholtz, Nagel, Wundt etc.