

Zur Lehre vom binocularen Sehen.

II. Aufsatz.

Von

Dr. S c h o e n.

In meinem ersten Aufsatze war es mir gelungen, eine Verschiedenheit zwischen den Eindrücken correspondirender Stellen nachzuweisen. Auf etwas anderem Wege habe ich Bestätigung der dort festgestellten Resultate erhalten, und beabsichtige ich, die betreffenden Versuche zunächst mitzutheilen. Ausserdem hatte sich dort schon ergeben, dass diese Verschiedenheiten für das binoculare Sehen nicht bedeutungslos sind, sondern als Orientirungsmerkmale benutzt werden. Im nachfolgenden Theil dieser Arbeit habe ich nun versucht, festzustellen, wie weit sich die Bedeutung dieser Punkte erstreckt und wie gross der Einfluss ist, welchen sie auf den binocularen Sehakt ausüben.

1. Die Verschiedenheit der Eindrücke correspondirender Stellen.

Bisher hatte ich die Erregbarkeit gleich weit von der Macula temporalwärts und nasalwärts im einzelnen Auge gelegener Punkte mit einander verglichen, und dann die hierbei gefundene Verschiedenheit auf die correspondirenden Stellen beider Augen übertragen.

Oeffnungen sind so angebracht, dass, bei Fixation von F die mit einem Kreuz bezeichneten Punkte auf identische Stellen fallen, beide Rechtecke sich also zu der im Horopterkreise angedeuteten Figur combiniren, deren obere Hälfte dem Rechtecke N, deren untere dem mit T bezeichneten entspricht.

Die Oeffnungen T und N wurden von der Rückseite beleuchtet, durch eine ähnliche Vorrichtung, wie ich sie schon früher anwandte. W W_1 sind mit mattweissem Papier bekleidete drehbare Schirme. Die Axen fallen jedes Mal mit der einen schmalen Seite der Rechtecke zusammen. Die Drehung lässt sich auf Quadranten Q Q_1 ablesen. Der Quadrant Q_1 befindet sich in der Ebene des Papiers, Q in einer Parallel-Ebene, die um die Schmalseite des Rechtecks T tiefer liegt. Der dünne Contour des Schirmes W verläuft in derselben Ebene. Die dicken Contouren der beiden Schirme liegen in der horizontalen Visir-Ebene, in der Ebene des Papiers, der dünne von W_1 in einer Parallel-Ebene, welche um eine Schmalseite von N höher liegt. Das Licht kam von einem in 10 Meter Entfernung gelegenen Fenster. Durch Drehung der Schirme W und W_1 konnte die Helligkeit der Oeffnungen verändert werden. Sie wurde berechnet aus den Cosinus der Incidenzwinkel. Der Versuch ist auch im Uebrigen ähnlich dem früher beschriebenen.

Die beiden seitlichen Bilder von N und T sind durch Schirme $\Sigma \Sigma$ abzublenden. Die drehbaren Schirme W und W_1 wurden so lange verschoben, bis das von der temporalen Netzhaut des rechten Auges gesehene Rechteck T gleich hell erschien dem von der nasalen Netzhaut des linken Auges gesehenen Rechteck N.

Die objective Helligkeit des auf der nasalen Netzhaut gelegenen Rechtecks $N = 1$ gesetzt, wurde das Rechteck T um so viel heller gemacht, als die Zahlen unter Mittel angeben.

Grade	Mittel	Anzahl
10°	1,406	12
20°	1,75	17
25°	1,6	6
30°	2,05	14
35°	2,7	12
40°	2,65	10
45°	3,114	1
		72

Nach den anderen Methoden (aus 253 Einzelbeobachtungen) hatten wir folgende Zahlen erhalten:

A. f. O., XXII, 4. A. 49:

5°	1,15
10°	1,3
20°	1,5
30°	2,1
40°	3,1

Weil die Resultate dieser Methode diejenigen der früheren in auffallender Weise bestätigten, so glaubte ich davon Abstand nehmen zu können, auch mit dieser Methode noch ausgedehntere Versuchsreihen, anzustellen denn wenn die Unterschiede zwischen den Eindrücken identischer Punkte auch bei derselben sehr deutlich und unmittelbar hervortreten, so ist die Methode selbst mühsam, und namentlich der anhaltenden Convergenz wegen recht anstrengend. Ich habe mich daher darauf beschränkt, ausser vorstehenden Reihen einzelne Controlversuche auszuführen, namentlich aber die Verschiedenheit der Farben-Eindrücke auf den identischen Stellen studirt, wozu sich die Methode ganz besonders eignet, indem die Unterschiede in ungemein deutlicher Weise zum Ausdruck gelangen.

Zu diesem Behufe wurden statt der mattweissen Schirme, solche von grüner, rother und blauer Farbe eingefügt. Es erschien dann das obere Rechteck N noch deutlich unverändert in der betreffenden Farbe, während

die untere Hälfte, namentlich wenn Roth oder Grün zu dem Versuche gewählt wurde, vollständig farblos aussah. Die mir zur Verfügung stehenden Pigmente reflectirten sämmtlich zu viel Weiss, so dass mit Helligkeits-Aenderungen der einzelnen Farbenflächen keine Intensitätsveränderungen einer homogenen Farbe zu erlangen waren, wie ich Anfangs hoffte, und auf solche Versuche verzichtet werden musste. Dieselben sind nur mit Spectralfarben möglich.

Die Verschiedenheit in dem Farben-Empfindungsvermögen, welches je zwei correspondirenden Punkten zukommt, gelangt auch zum Ausdruck, wenn man die weissen Schirme benutzt und mit denselben die Oeffnungen N und T objectiv gleich hell beleuchtet. Die vom entgegengesetzten Auge gesehene Oeffnung T erscheint nicht nur dunkler, sondern auch ganz deutlich bläulich, während die Oeffnung N einen gelblichen Farbenton besitzt.

Da ich der subjectiv verschiedenen Farbennuance, welche den Eindrücken zweier correspondirender Stellen anhaftet, einen grossen Werth beimessen bezüglich der Unterscheidung, ob ein bestimmter Eindruck von der temporalen Netzhaut des einen Auges, oder der correspondirenden nasalen Stelle des anderen herrührt, so ist es zweckmässig, das Verhältniss des Gesichtsfeldes zu den Farbenfeldern der einzelnen Augen festzustellen. Bei mittlerem Tageslicht gemessen, hat das Gesichtsfeld des einzelnen Auges folgende Grenzen*):

	Oben.	Aussen.	Unten.	Innen.
Aussengrenze	60	100	65	60
Blau	50	95	60	55
Roth	45	80	50	40
Grün	35	65	35	25

*) Vergl. Schoen, Lehre vom Gesichtsfelde, S. 8 ff. Es sind hier die grössten Zahlen gewählt worden.

Tragen wir nun die Gesichtsfelder des rechten und linken Auges so ineinander, dass die Foveen und die identischen Theile sich decken, so dehnt sich das gemeinschaftliche Gesichtsfeld überhaupt vom binocularen Fixationspunkt ziemlich gleichmässig nach allen Seiten um 60 Grade aus, das gemeinschaftliche blaue bis 55, rothe 40—50, grüne 25—35.

Es sind mithin noch ganz bedeutende Abschnitte sowohl des Gesamtgesichtsfeldes, als der Farbenfelder, welche nicht gemeinsam sind, und nur dem Auge der betreffenden Seite angehören.

Die Folgen dieser Einrichtung sind leicht ersichtlich. Ein 30° nach rechts vom Fixationspunkt im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde gelegenes grünes Object wird von dem rechten Auge noch deutlich als solches erkannt werden, die Grüngrenze dieses Auges liegt ja noch 35° weiter nach rechts, dagegen befindet sich dasselbe schon ausserhalb der nur bis 25° nach rechts gehenden Grüngrenze des linken Auges, kann mithin von diesem nicht mehr in seiner eigenthümlichen Farbe gesehen werden. Dasselbe gilt für rothe Gegenstände jenseits 40°, für blaue jenseits 55°. Endlich über 60° hinaus hört das binoculare Sehen auf und die Eindrücke des gleichseitigen Auges behalten das Feld für sich allein.

Die Eindrücke des entgegengesetzten Auges von Objecten, welche über 25° vom Fixirpunkt entfernt liegen, müssen also in ihrer Färbung vom Original ganz verschieden erscheinen. Auch innerhalb dieser Grenze wird die Farbennuance schon verändert sein; doch nicht in so auffallendem Grade. Dagegen bemerken wir, wie die Grüngrenze des gleichseitigen Auges noch bis 65° geht, also 5° Grad über die Aussengrenze des entgegengesetzten Auges hinaus. Die Farben-Empfindung im gemeinsamen Gesichtsfelde ist, wie sich hieraus ergibt, für das gleichseitige Auge überall annähernd noch die-

selbe wie im Centrum, während für das entgegengesetzte Auge längst die Grünnuance, dann die Roth- und endlich selbst die Blaunnuance ausgefallen ist.

Wie in meiner ersten Abhandlung und in Vorstehendem gezeigt ist, ergibt sich auch in Bezug auf die Verschiedenheiten der nasalen und temporalen Netzhauthälften wieder ein vollständiger Einklang zwischen den Erregbarkeitshöhen und den verschiedenen Stufen der Empfindlichkeit für Farben. In derselben Weise, wie die Grade der nasalen Hälfte an Erregbarkeit überhaupt die der temporalen übertreffen, ebenso steht auch die Farben-Empfindung derselben auf einer entsprechend höheren Stufe.

Ich darf darin wohl eine weitere gelungene Probe für die von mir verteidigte Annahme erblicken, dass die Vertheilung der Farben-Empfindung überhaupt von der Höhe der Erregbarkeit abhängt. In meiner Monographie über die Gesichtsfeldmessung betrachte ich noch die Messung der Farbengrenzen bei pathologischen Fällen nur als eine Aushülfe für die schwer ausführbare Messung der excentrischen räumlichen Sehschärfe, ich glaube, jetzt wird eine kurze Betrachtung lehren, dass im Gegentheil die erste werthvoller ist und wichtigere Daten ergibt, und dass die Messung der räumlichen excentrischen Sehschärfe nicht die der Farbengrenzen ersetzen kann. Die räumliche Sehschärfe hängt von der Feinheit des Netzhautmosaiks ab. Nun kann in jedem einzelnen Stäbchen unzweifelhaft die Erregbarkeit schon gesunken sein, ohne dass es bei genügender Beleuchtung den Dienst vollständig versagen müsste. Eine Lücke in dem Mosaik wird somit noch nicht eintreten und die räumliche Sehschärfe noch nicht beeinträchtigt sein. Durch die Messung der Farbengrenzen bestimmen wir aber gerade die Höhe der Erregbarkeit in dem einzelnen Stäbchen in einem bestimmten Bereich der Netzhaut.

Mit derselben werden wir also im Stande sein, beginnende Krankheitszustände weit eher nachzuweisen, als durch Feststellung der räumlichen Sehschärfe.

Die Merkzeichen der Netzhaut.

Das Erregbarkeitsmerkmal.

Unser bisheriges Resultat ist in folgenden Sätzen enthalten:

1) In jedem einzelnen Auge ist die Erregbarkeit eines auf der nasalen Retina gelegenen Punktes höher, als die eines gleich weit von der Macula auf der temporalen Retinahälfte gelegenen.

Was von der Erregbarkeit gesagt ist, gilt in gleicher Weise von der Farben-Empfindung.

2) Auch die von correspondirenden Punkten beider Augen bei objectiv gleichen Reizen gelieferten Eindrücke sind nicht gleichwerthig. Derjenige, welcher auf der inneren Retina des gleichseitigen Auges liegt, wird intensiver empfunden.

Zu gleichen Entfernungen nasalwärts oder temporalwärts von der Fovea gehören ungleiche Intensitäts-Unterschiede in den Empfindungen, bei objectiv gleichen Reizen.

3) Der dem Bilde des gleichseitigen Auges entsprechende, vom anderen Auge gesehene Gesichtsfeldgrund unterliegt leicht im Wettstreit, weil die identische Stelle der äusseren Netzhaut dieses anderen Auges viel schwächer empfindet.

4) Von nicht im Horopter zu vereinigenden Doppelbildern wird in der Regel nur das intensivere des gleichseitigen Auges beachtet und zur Orientirung benutzt. Das intensivere Bild wird immer auf das gleichseitige Auge bezogen.

(Die Sätze 3 und 4 werden unten noch nähere Erläuterung finden.)

In dieser Arbeit werde ich nun zunächst folgenden Satz zu beweisen suchen.

5) Die oben in 1 und 2 aufgeführten Verschiedenheiten der von correspondirenden Stellen gelieferten Eindrücke bieten einen Theil (und zwar den hauptsächlichsten) derjenigen Momente, Merk- oder Lokalzeichen, auf Grund deren wir im Stande sind, bei ruhendem Blick und momentaner Beleuchtung zu entscheiden, ob die Doppelbilder eines Funkens u. s. w. gekreuzte oder gleichnamige sind, d. h. ob der Funke oder sonstige Gegenstand näher oder ferner liegt, als ein anderer fixirter Punkt.

Wir wollen diese unter 1 und 2 aufgeführten Verschiedenheiten unter dem Namen Erregbarkeitsmerkmal zusammenfassen.

Ehe ich den Beweis hierfür antrete, will ich die Bedeutung der Frage darlegen, indem ich mich in Bezug auf die Fragestellung an die ausgezeichnete Entwicklung derselben durch Donders anschliesse.*)

Auch beim Sehen mit einem Auge urtheilen wir ziemlich genau nicht allein über Höhe und Breite, sondern auch über Tiefe und Entfernung. Es geschieht dies unter Benutzung der Anhaltspunkte, welche Accommodation, Perspective, Luftfärbung, Licht und Schatten gewähren. Völlig irren können wir nur, wenn uns absichtlich statt des Körpers eine richtige Flächenprojection vorgelegt wird.

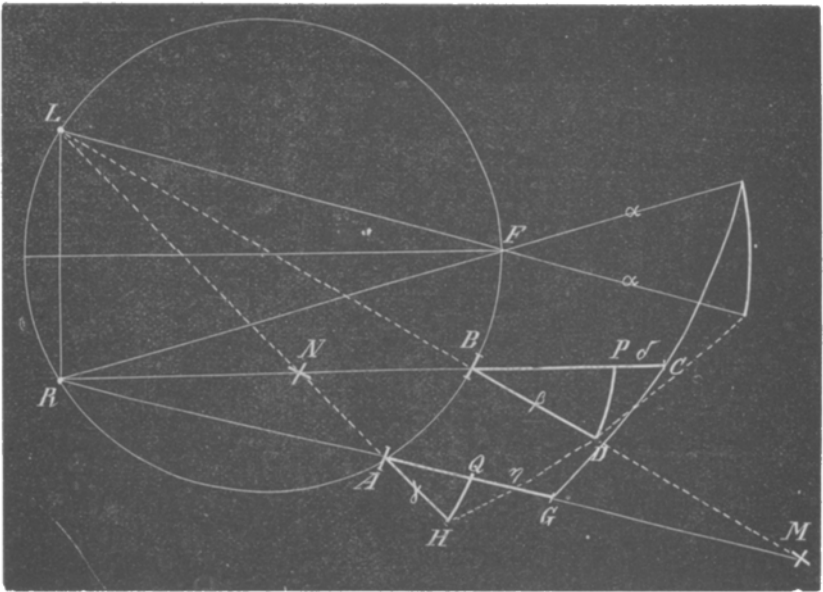
Werden aber die erwähnten Anhaltspunkte beseitigt, bieten sich z. B. zwei feine Fäden, deren Befestigungspunkte verdeckt sind vor einem gleichmässigen Hintergrunde, dem einzelnen Auge dar, und ist die Entfernung derselben zu klein, als dass die Accommodation Aufschluss geben könnte, so sind wir nicht im Stande, zu entscheiden, welcher Faden der nähere, welcher der

*) A. f. O., XVI, 1.

fernere ist. Sehen wir dagegen mit zwei Augen, so wird der Abstands-Unterschied sofort klar.

Wheatstone's Entdeckung des Stereoskops bewies, dass wir mit disparaten Stellen einfach sehen können, und dass auf der Verschmelzung der beiden verschiedenen perspectivischen Projectionen das körperliche Sehen, die Wahrnehmung der Tiefe beruht.

Fig. 2.



Jetzt drängte sich folgerichtig zunächst die Frage auf: Sind wir bei stetem Fixiren eines Punktes im Stande, allein aus den perspectivischen Projectionen die körperliche Form zu erkennen, oder ist dazu noch Bewegung nothwendig. Machen wir Bewegungen mit den Augen, indem wir sie von einem Punkte des Körpers zum anderen laufen lassen, so erhalten dieselben nach

einander verschiedene Projectionen. Es ist sehr leicht begreiflich, dass daraus eine Vorstellung von der körperlichen Form hervorgeht.

Dagegen ist schwer verständlich, wie wir bei fester Fixation zu einer solchen Vorstellung gelangen sollen.

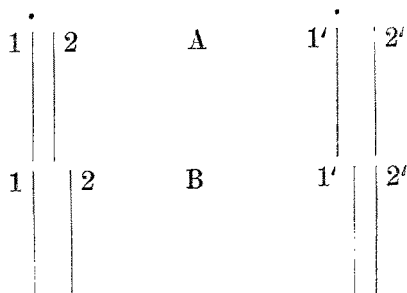
Nehmen wir folgendes Beispiel. Die beiden Augen L und R (Fig. 2) fixiren einen Punkt F eines senkrecht aufgespannten Fadens. Ein durch N gehender senkrechter Faden würde in Doppelbildern bei A und B erscheinen, ebenso ein bei M befindlicher. Wie ist nun eine Entscheidung möglich, ob die beiden Doppelbilder A und B in einem gegebenen Falle von einem Faden bei N oder bei M herrühren?

Eine Verschiedenheit besteht allerdings. Im einen Falle gehört das rechte Doppelbild dem rechten, das linke dem linken Auge an, im anderen Falle umgekehrt, im einen Falle haben wir gleichnamige, im anderen gekreuzte Doppelbilder.

Soll aber diese Verschiedenheit zur Erkenntniss führen, so muss auch der Gesichts-Eindruck von einem gleichen und gleichgeformten Netzhautbilde verschieden sein, je nachdem es auf der einen oder auf correspondirenden Punkten der anderen Netzhaut entworfen wird.

Dasselbe kann man aus der Betrachtung einer stereoskopischen Zeichnung entnehmen.

Fig. 3.



Betrachtet man nach einander den Theil A und B der vorstehenden Figur, und fixirt man jedes Mal die mit 1 bezeichneten Striche mit parallelen Blicklinien, so erscheint 2 2' bei A rechts und hinten, bei B dagegen rechts und vorn.

Die Vorstellung ist also eine ganz verschiedene; die Verschiedenheit der Eindrücke besteht aber nur darin, dass das Bild des linken Auges dem des rechten Platz gemacht hat, und umgekehrt. Die Bilder sind also dieselben, sie haben nur den Platz gewechselt. Wenn man bei A mit der Fixation von 1 1' auf 2 2' übergeht, so vermindert sich die Convergence, thut man dasselbe bei B, so vermehrt sie sich. Mit Veränderung der Convergence wäre also die Verschiedenheit der resultirenden Vorstellung zu verstehen. Ohne Veränderung der Convergence scheint aber jede Unterscheidung ausgeschlossen.

Aus diesen Gründen sah Donders anfänglich die Aenderung in der Convergence als eine *conditio sine qua non* an für jede Beurtheilung der Lage eines nicht fixirten Punktes in Beziehung auf den fixirten.

Später wurden durch die Beobachtungen einer Reihe von Forschern, namentlich durch die zuerst von Dove ausgeführten Versuche mit electrischen Funken, nachgewiesen, dass eine Augenbewegung nicht nothwendig ist, dass sich auch bei der momentanen Beleuchtung des electrischen Funkens in der That eine richtige Vorstellung von der Entfernung und vom Relief entwickeln kann, ohne irgend welche Belehrung ausserhalb der beiden perspectivischen Projectionen.

Als Donders sich von der Richtigkeit überzeugt hatte, war er der erste, welcher die Schwierigkeit, welche dieses Resultat mit sich führt, ins volle Licht stellte, und versuchte, dieselbe aus dem Wege zu räumen.

Es war davon Rechenschaft zu geben, wie es möglich ist, dass aus den zwei Projectionen, ohne Weiteres, die richtige Vorstellung von der Entfernung entsteht.

Zweierlei war hier denkbar. Entweder es bestehen Unterschiede in den directen Gesichts-Eindrücken, die bis jetzt der Beachtung entgangen sind, oder bei gleichen directen Gesichts-Eindrücken ist die resultirende Vorstellung eine andere, sobald die Eindrücke der beiden Augen mit einander gewechselt haben, d. h.: Verschiedenheit der Vorstellung bei Gleichheit der directen Eindrücke.

Donders fügt noch hinzu:

Aus diesem Dilemma geht hervor, dass die betreffende Frage für die Physiologie des Gehirns eigentlich wichtiger ist, als für die des Auges. Sollte nicht der wichtige Streit über die empirische oder nichtempirische Entwicklung unserer Vorstellungen hier geschlichtet werden können?

Wir sind nun, wie es scheint, nicht im Stande, die Eindrücke eines Auges als sinnliche Empfindungen zu unterscheiden von denen des anderen Auges, so weit sie nämlich durch gleiche dioptrische Bilder an correspondirenden Punkten hervorgerufen werden. Wie lässt sich hiermit vereinigen, dass eine Verschiedenheit in den Vorstellungen entstehen soll durch nichts Anderes, als dadurch, dass die Eindrücke zwischen beiden Augen wechseln?

Donders hatte alle Punkte in Erwägung gezogen, wo vielleicht ein Unterschied in den Empfindungen entdeckt werden könnte. Es sind dies folgende:

1) Die Zerstreuungskreise eines Punktes sind nicht gleich vor und hinter der Kreuzung. Doch ist hierin nicht der Unterschied zu suchen, weil dann schon die Wahrnehmung mit einem Auge bestimmend sein müsste, was der Erfahrung widerspricht, weil ferner beim Sehen mit dem Stereoskop die Bilder in einer Ebene liegen,

die Zerstreuungskreise also nicht vorhanden oder jedenfalls gleich sind, und drittens, weil das Vorhalten von Concav- und Convexgläsern das richtige Urtheil über den Ort des electrischen Funkens in Bezug auf den Fixirpunkt nicht aufhebt.

2) Fehlen des Parallelismus der Meridiane. Dieser Umstand kann bei der Beurtheilung der Lage von Punkten gar keine Belehrung liefern.

3) Die Doppelbilder können von ungleicher Grösse sein. Liegt ein Gegenstand rechts vom Fixirpunkte, so ist sein rechtes Doppelbild grösser, als das linke, im Falle der Gegenstand weiter abliegt, kleiner aber, im Falle der Gegenstand näher gelegen ist. Die Belehrung fällt aber fort bei symmetrischer Lage der Gegenstände, gerade vor oder gerade hinter dem Fixirpunkte, und es zeigt sich erfahrungsgemäss, dass die Vorstellung auch hier ebenso richtig sein kann. Auch können die Gegenstände sich dem Gesichte geradegegenüber gleich weit entfernt von beiden Augen befinden, und nun diese seitwärts nach einem im Horopterkreise liegenden Fixations-Objecte gewandt werden; das Resultat bleibt dasselbe. Hier sind also die Bilder in jedem Auge von derselben Grösse. (Vergl. auch das A. f. O., XXII, 4, S.58, Gesagte.)

Da somit Donders sich auf keinerlei Weise von irgend welcher Verschiedenheit in den Empfindungen Rechenschaft geben konnte, wo doch unverkennbar die Eindrücke zu einer anderen Vorstellung führen, je nach ihrer Vertheilung auf die beiden Augen, so schritt er dazu, die Frage zu erwägen, ob nicht vielleicht eine Verschiedenheit der Vorstellung möglich sei bei Gleichheit der directen Empfindung.

Hering constatirte ebenfalls, dass das stereoskopische Sehen nicht von Augenbewegungen abhängig gemacht werden darf. Er konnte daher auch die Identitätslehre nicht in dem Sinne annehmen, dass die Ein-

drücke correspondirender Punkte vollständig gleich sind, weil es sonst gleichgiltig sein müsste, ob ein Netzhautbild im rechten oder linken Auge liegt. Da dies nun nicht gleichgiltig ist, denn der stereoskopische Eindruck verkehrt sich in den pseudoskopischen, wenn man die beiden Hälften einer stereoskopischen Linearzeichnung mit einander vertauscht, — so musste eine Verschiedenheit der Eindrücke identischer Stellen vorhanden sein.

Während nun Donders diese objectiv erfassbar nachzuweisen suchte, umging Hering die Schwierigkeit, indem er die objectiv nicht demonstrirbare Verschiedenheit, als auf einem subjectiven differenten „Tiefengefühl“ jedes Netzhautpunktes beruhend, hinstellte. Jeder einzelnen Netzhautstelle kommt nicht nur ein von ihr auslösbares Richtungsgefühl, sondern auch ein Tiefengefühl zu. Die Tiefenwerthe sind symmetrisch über die Netzhäute vertheilt, nicht wie die Breiten- und Höhenwerthe gleichsinnig.

Donders sagt: „Wenn Hering den correspondirenden Stellen beider Netzhäute eine Verschiedenheit in dem Abstandsgeföhle zuschreibt, so schiebt er nur die Schwierigkeit bei Seite. In so weit die Theorie richtig ist, ist sie nur eine Umschreibung der Thatsachen, keine Erklärung.“

Vorläufig ist in der That der „Tiefenwerth“ nichts weiter, als ein Wort, welches die von Donders dargelegte Lücke verdeckt, unser Wissen aber nicht bereichert.

Lotze sucht gleichfalls die nothwendigen Unterscheidungsmerkmale der Eindrücke, Localzeichen, festzustellen. Er entscheidet sich dabei nicht zu Gunsten der von mir in Satz 5 ausgesprochenen Ansicht, sondern meint, dass mit der Erregung einer Netzhautstelle immer eine bestimmte unbewusste Reflex-Bewegungs-Intention verknüpft sei. (Es tritt also die Intention an die Stelle

der durch die Versuche mit dem electrischen Funken ausgeschlossenen wirklichen Bewegung.)

Dagegen kann man zunächst die Frage einwerfen, wie es möglich sein soll, die Menge von Bewegungs-Intentionen, die von allen Netzhautstellen gleichzeitig ausgelöst werden, aus einander zu halten.

Da weiter die Bewegungs-Intentionen unbewusst erfolgen, wir also trotz des Vorhandenseins derselben vorläufig noch Nichts über die Lage der gereizten Netzhautstelle erfahren, so besteht die Schwierigkeit, das Bewusstwerden der Bewegungs-Intention zu erklären. Hierzu bedürfen wir wieder einer Reihe von Annahmen, und erscheint mir diese Schwierigkeit ebenso bedeutend, wie die erste ursprüngliche, zu deren Beseitigung die Hypothese aufgestellt wurde.

Ich komme jetzt wieder zu meiner Untersuchung zurück, die ins Auge fassen soll, in wie weit die von mir nachgewiesene Verschiedenheit der Eindrücke correspondirender Stellen, das Erregbarkeitsmerkmal, genügt, um die Untersuchung zwischen stereoskopischer und pseudoskopischer Vorstellung zu erklären, und ob wir uns damit der Donders'schen Consequenz entziehen können: Verschiedenheit der Vorstellung bei Gleichheit der directen Empfindungen.

Zunächst müssen alle Momente, welche auch bei monocularem Sehen einen Schluss auf die Entfernung gestatten, eliminirt werden.

Dann war naturgemäss der geforderte Beweis so zu führen, dass man die nachgewiesenen Verschiedenheiten correspondirender Eindrücke durch Veränderung der objectiven Reize in die umgekehrten verwandelte.

War unsere Annahme begründet und die nachgewiesene Verschiedenheit die gesuchte, so musste nun auch das Resultat der Eindrücke das umgekehrte sein, es musste die pseudoskopische Vorstellung statt der der

Vertheilung der Halbbilder auf die beiden Augen entsprechenden stereoskopischen eintreten.

Es handelte sich also darum, das Bild des gleichseitigen Auges objectiv so viel dunkler zu machen, dass dadurch der Helligkeits-Ueberschuss des subjectiven Eindrucks dieses Auges nicht allein aufgehoben, sondern der subjective Eindruck im gleichseitigen Auge sogar erheblich schwächer wurde, als der des entgegengesetzten.

Zuerst versuchte ich dies zu erreichen (analog der zweiten Reihe von Donders, S. 33, A. f. O., XIII, 1), indem ich einen electrischen Funken fixirte und einen zweiten so überschlagen liess, dass er von dem gleichseitigen Auge durch ein dunkles Glas gesehen wurde. Der Versuch scheiterte daran, dass bei jedem Funken dieses Glas gesehen und dadurch die Täuschung vereitelt wurde.

Darauf schnitt ich die Figur 3 transparent aus schwarzem Carton. Oberhalb von 1 und 1' befand sich ein feines Loch. Zwei gleiche Löcher wurden in die Vorderwand eines Kastens gebohrt, dicht am Boden desselben. In dem Kasten brannte eine kleingedrehte Gasflamme. Er war oben mit einem hohen Schornstein versehen, so dass nicht der geringste Lichtschimmer nach aussen gelangte. Der mit der Figur versehene Carton überragte den Kasten nach unten, nur die beiden Löcher über 1 und 1' befanden sich vor dem Kasten, und zwar vor den Löchern desselben, und erschienen erleuchtet. Dieselben dienten als Fixationspunkte und wurden bald mit gekreuzten, bald mit parallelen Gesichtslinien vereinigt.

Das Gemach wurde völlig verdunkelt. Nachdem die beiden Löcher verschmolzen waren, liess ich hinter dem Carton electrische Funken überschlagen. Waren die transparenten Linien gleich hell, so zeigte sich schon nach wenigen Funken das richtige stereoskopische Bild,

wie dies schon Donders, a. a. O., S. 36, ausführt. Jetzt wurden die Striche ungleich hell gemacht durch dahintergeklebte Papierlagen; im Wesentlichen kommt es darauf an, dass der auf der nasalen Netzhaut sich abbildende Strich erheblich dunkler als die übrigen wird. Nehmen wir z. B. Figur 3, A. Die Vereinigung finde statt bei parallelen Gesichtslinien. Hinter 2, welches auf die temporale Seite des linken Auges fällt, befindet sich eine einfache Lage dünnen weissen Papiers, ebenso hinter den beiden auf den Foveen liegenden 1 und 1', hinter 2', welche auf die nasale Seite des rechten Auges fällt, dagegen eine vierfache und ausserdem eine Lage blauen Papiers, so dass diese Linie bedeutend dunkler erscheint, als die übrigen.

Obleich das Resultat dieser Versuche ebenfalls kein entscheidendes war, verdient es dennoch Beachtung. Ich brauchte nämlich abweichend gegen früher eine grosse Anzahl Funken, ehe sich mir überhaupt eine stereoskopische Vorstellung bildete. Sobald eine solche auftrat, war es aber die richtige. Ich glaube, dass dies den leichten Stellungsveränderungen der Augen, die zwischen den einzelnen Versuchen nicht zu vermeiden, zuzuschreiben ist.

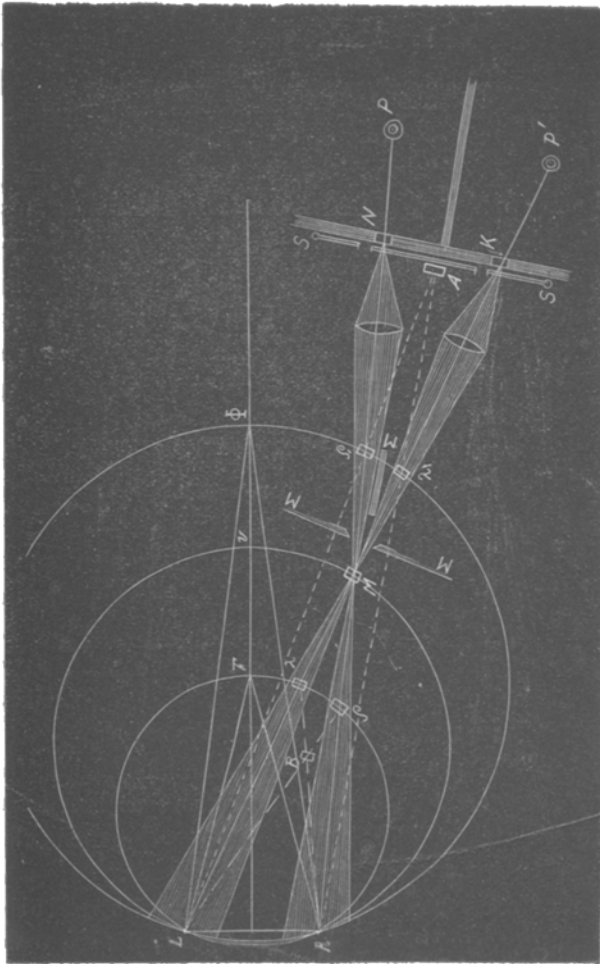
Durch dieselben kann unter Benutzung der eine Weile überdauernden Nachbilder wohl ein hinreichender Aufschluss darüber erlangt werden, welchem Auge das eine, welchem das andere Bild, resp. Nachbild angehörte.

Diese kleinen Ortsveränderungen wirkten der durch die künstliche Umkehrung des Intensitätsverhältnisses der Eindrücke beabsichtigten Täuschung erfolgreich entgegen, so dass, wenn auch erst nach einer grösseren Funkenzahl, schliesslich doch die richtige stereoskopische Vorstellung hervortrat.

Folgende Methode ergab endlich ein beweiskräftiges Resultat. Nachfolgende Fig. 4 stellt die Anordnung des

Versuchs dar. Ein schwarz ausgekleideter Kasten ist vorn offen. Hier wird der Kopf hineingesteckt. Eine

Fig. 4.



dichte über denselben gehängte Decke verhütet das Eindringen von Licht. Der Ort der Augen L und R wird

durch Kinn- und Stirnstützen gesichert. In der gegenüberliegenden Wand befinden sich bei N und K zwei mit weissem Papier verklebte ovale Oeffnungen von etwa 10 Mm. Durchmesser. Diese werden von aussen durch zwei Lampen erleuchtet, die durch einen Schirm getrennt sind. Zwei Linsen entwerfen bei M zwei reelle Luftbilder von N und K, die sich völlig decken. Durch passende Schirme $\Sigma\Sigma$ wird alles nicht durch M gehende Licht von den Augen abgehalten. Ein vor der Hinterwand, schnell verschiebbarer, mit zwei Oeffnungen versehener Schirm SS ermöglicht, momentan und gleichzeitig die Oeffnungen N und K freizugeben und wieder zu verdecken. Sowie Ersteres geschieht, werden beide Augen eine leuchtende Fläche in M sehen. Φ und F sind die Punkte, welche nach einander fixirt werden. *) Wird Φ fixirt, so erscheinen von M gekreuzte Doppelbilder bei q_1 und λ_1 ; bei Fixation von F sieht man gleichnamige bei q und λ . In Folge dieser Anordnung sind die Verhältnisse ganz dieselben, als wenn sich bei M ein wirklicher Gegenstand befände.

Also es steht fest, und man kann sich an dem eben beschriebenen Apparat wieder davon überzeugen, dass bei Fixation eines Punktes Φ (oder F) die Lage eines momentan auftauchenden Leuchtpunktes M, ob vorn oder hinten, richtig beurtheilt wird, — auf Grund welcher Merkmale, war bisher nicht bekannt.

Ich behaupte nun: die Halbbilder des gleichseitigen Auges, des rechten, q und q_1 , werden bedeutend intensiver empfunden, und als die intensiveren auf das gleichseitige Auge bezogen.

Auf dieser Kenntniss, ob die Doppelbilder gleichnamige oder gekreuzte sind, und welchem Auge das einzelne Doppelbild angehört, be-

*) Als Fixations-Object diene ein Stückchen Phosphor.

ruht die Beurtheilung der Lage des Leuchtpunktes M.

Um den Nachweis hierfür zu liefern, musste das objective Helligkeitsverhältniss der Doppelbilder so verändert werden, dass das subjective Intensitätsverhältniss ihrer Eindrücke das umgekehrte wurde, d. h. es musste das von N durch M in das rechte Auge gelangende Licht so vermindert werden, dass die subjectiven Eindrücke, d. h. die Halbbilder ϱ und ϱ_1 viel schwächer wurden, als die entsprechenden λ und λ_1 . Als Resultat war dann eine falsche Beurtheilung der Lage von M zu erwarten. Bei Fixation von Φ musste M in grössere Ferne, bei Fixation von F in grössere Nähe verlegt werden.

War die Voraussetzung richtig, so sollten nämlich in diesem Falle die nun helleren Halbbilder λ und λ_1 auf das rechte Auge bezogen, und der Leuchtpunkt bei Fixation von Φ nach A, bei Fixation von F nach B versetzt werden.

Nachdem ich mich zunächst davon überzeugt hatte, dass bei gleich hellen Lampen die Lage von M von Allen, welche binocularen Seh-Act besaßen, stets richtig beurtheilt wurde, machte ich N etwa vier- bis fünfmal dunkler als K, fixirte Φ und zog nun schnell den Schirm SS vor NK vorbei, wodurch für einen Augenblick die Oeffnungen N und K gleichzeitig aufgedeckt wurden. Von beiden entstand ein thatsächlich in M befindliches reelles Luftbild.

Der Erfolg des Versuchs war ein deutlicher: denn in der Regel erschien der Leuchtpunkt ferner als Φ gelegen, auch solchen Personen, die vollständig unbefangen an den Versuch herantraten.

Ich habe bisher Versuche ausser mir bei 9 Personen angestellt. Es wurde stets der Punkt Φ fixirt. Bei 5 Personen ergab sich Folgendes:

War die Helligkeit von N = der von K, so wurde

M regelmässig vor, war N dagegen dunkler, so wurde M regelmässig hinter dem Fixationspunkt Φ gesehen.

Zwei weitere Personen machten folgende Angaben:

War die Helligkeit von N = der von K, so erschien M regelmässig vorn. War N dunkler, so erschien M in der Regel hinten; einige Male kamen jedoch Irrthümer vor.

Zwei andere Personen sahen dagegen, mochte N gleich hell oder dunkler sein, M stets vor dem Fixationspunkte Φ . Bei ihnen verfiel also die beabsichtigte Täuschung nicht.

Berücksichtigt man, dass bei gleich hellen Bildern N und K niemals von Jemandem, der binocular sieht, eine irrthümliche Angabe über die Lage von M gemacht wird, der letztere Punkt vielmehr immer vor dem Fixpunkt Φ erscheint, so muss man den positiven Resultaten weit mehr Gewicht beilegen, als den negativen, da ja der Versuch ein sehr complicirter ist, und von einer Reihe zum Theil unmöglich zu berücksichtigenden Nebenumständen abhängt. Die zur exacten Umkehrung des Intensitätsverhältnisses der Eindrücke nothwendige Abstufung der Helligkeit und Farbennuance ganz genau zu treffen, dürfte unerreichbar sein.

Es wurde also wirklich das hellere λ_1 auf das rechte Auge, das dunklere ρ_1 auf das linke Auge bezogen, die Projection erfolgte nach den Linien $R\lambda_1$ und $L\rho_1$ und der Leuchtpunkt erschien an der Kreuzungsstelle derselben.

Die beiden Halbbilder werden als von einem Objecte herrührend betrachtet, weil sie gleich sind, ihr Intensitätsverhältniss die entsprechenden Zahlen aufweist (wenn auch im umgekehrten Sinne), und weil zwei verschiedene Objecte ja in vier Halbbildern oder bei Verschmelzung von zweien in drei Halbbildern erscheinen würden.

Bei Fixation von F sollte der Leuchtpunkt nach B verlegt werden. Diese Täuschung ist mir bisher bei mir selbst noch nicht gelungen. (Von Anderen konnte ich solche Versuche nicht anstellen lassen, weil sie bei der Einrichtung des Apparats sehr schwierig waren.) Ich glaube, den Grund dafür gefunden zu haben in einer unten zu besprechenden bedeutenden Veränderung des centraleren Bildes, welche in Folge stärkerer Accommodation sich geltend macht.

Es ist dadurch dieses Bild so charakterisirt, dass es kenntlich bleibt, auch wenn die Helligkeitsverhältnisse die umgekehrten sind. [Bei der Einrichtung meines Apparates war dieser Theil des Versuchs nur auszuführen unter starker Convergenz und Accommodation (auf 4 Zoll).]

Namentlich ist es bei diesen Versuchen schwer, strenge Fixation des Fixirpunktes zu bewahren, da man sehr geneigt ist, im Moment, wo der Funke auftaucht, nach diesem hinzublicken. Ist Auftauchen und Verschwinden desselben auch noch so momentan, so dauert das Nachbild doch genügend lange an, um die geringste Augenbewegung für das Gelingen des Versuchs verderblich werden zu lassen. Daher ist ein bedeutendes Maass von Aufmerksamkeit und Anspannung zu diesem Versuch nothwendig. Bisweilen misslingt er auch dem Geübten, indem das unwillkürliche Hinblicken nach dem Leuchtpunkte nicht unterdrückt werden kann.

Auch die geringe Verschiebung, welche das Auge beim Blinzeln erfährt, vereitelt einen günstigen Ausfall des Versuchs.

Figur 2 erläutert das Resultat des Versuchs. In derselben sind die Verhältnisse folgendermaassen gewählt. FB und BA sind Bogen von je 30° , die zugehörigen Peripheriewinkel bei L und R also $= 15^\circ$. Von A und B aus sind auf den Richtungslinien die Erreg-

barkeitshöhen der beiden identischen Stellen aufgetragen nach unserer Tabelle, S. 30 dieses Aufsatzes.*)

Die Intensität der Eindrücke des gleichseitigen rechten Auges verhält sich zu derjenigen im linken Auge

$$\text{bei B (15°)} = 1,3 : 1 = \beta + \delta : \beta,$$

$$\text{bei A (30°)} = 2 : 1 = \gamma + \eta : \gamma.$$

Befindet sich ein Gegenstand bei N, so verhalten sich die Intensitäten seiner Doppelbilder A und B = $\gamma : \beta + \delta$, während die Eindrücke A und B eines bei M befindlichen Objectes sich verhalten = $\gamma + \eta : \beta$.

Die hierin liegende Verschiedenheit ist es, welche hauptsächlich die Unterscheidung zwischen einem bei M und einem bei N befindlichen Objecte ermöglicht.

Der Leser wird wohl schon im Stillen den Einwurf gemacht haben, dass die von mir im Vorstehenden gegebene Erklärung für das Sehen der Tiefe auf einen Fall nicht passt. Liegen die Objecte (z. B. die electrischen Funken) in der Medianlinie vor oder hinter dem Fixirpunkte, so befinden sich die Doppelbilder zu beiden Seiten in gleicher Entfernung von demselben, sind mithin gleich. Handelt es sich um einen jenseits des Fixirpunktes überspringenden Funken, so sind allerdings die Doppelbilder beide gleichnamig und werden von den nasalen Netzhauthälften empfunden. Befindet sich der Funke dagegen vor dem Fixirpunkte, so haben wir gekreuzte Doppelbilder auf den temporalen Netzhauthälften.

Aber unter einander sind die Doppelbilder gleich, es fehlt die Verschiedenheit derselben, welche uns als Erregbarkeitsmerkmal dazu diene, die richtig erfolgende Localisation der Funken zu erklären. Hier versagt unsere Erklärungsweise.

In der That bedürfen wir in Ansehung dieses Falles noch einer anderen Annahme. Dieselbe können wir erst besprechen, nachdem wir einige Punkte bezüglich der

*) A. f. O., Bd. XXII. 4, S. 49.

Correspondenz und namentlich des Wettstreits der Sehfelder festgestellt haben. Ich bin genöthigt, dies so vielfach umstrittene Gebiet noch einmal zu betreten, um meine Darlegung weiter fortführen zu können.

3. Die Correspondenz der Netzhäute.

Ich habe nachgewiesen, dass, mit Ausnahme der beiden Foveae, je zwei correspondirende Punkte nie zwei gleiche Eindrücke liefern, dass dieselben verschieden sind durch den Grad der räumlichen Sehschärfe, durch die Intensität des Eindrucks, und drittens durch die damit zusammenhängende Verschiedenheit der Farben-*nuance*. Es kann somit wohl nicht mehr von einer Identität der correspondirenden Punkte in dem Sinne die Rede sein, dass die gelieferten Eindrücke vollständig gleich, d. h. eben identisch sind. Diese Anschauung fand ihren Ausdruck in der auch jetzt noch bisweilen auftauchenden Annahme, zwei correspondirende Punkte würden durch eine einzige sich theilende Nervenfaser versorgt, welches, so zu sagen, der Endzweck der Semidecussation im Chiasma sei. Die Eindrücke zweier correspondirender Punkte sind thatsächlich verschieden und werden als verschieden vom Central-Organ percipirt, müssen mithin auch getrennte Leitungsbahnen zu demselben besitzen.

Wenn Identität in gewissem Sinne besteht, so kann dieselbe nur im Central-Organ ihren Sitz haben.

Es fragt sich nun, ob die Verschiedenheit der gelieferten Eindrücke in Abrechnung gebracht, noch überhaupt etwas von der Identität überbleibt. Ich glaube allerdings, dass eine innige Verknüpfung der correspondirenden Punkte besteht, dahin gehend, dass zwei identische Punkte mit Nothwendigkeit einfach und an demselben Orte sehen, und zwar

an der entsprechenden Stelle des jedesmaligen Horopters.

Ich schliesse mich mithin an Müller's Satz an (Physiol. des Gesichtssinnes, S. 81): „Die Netzhäute beider Augen sind subjectiv indentisch in Hinsicht des Ortes, different aber in Hinsicht der Qualität des Eindrucks auf den in Hinsicht des Ortes indentischen Stellen.“

Zum zweiten Theile dieses Satzes habe ich nur beizufügen, dass, indem ich denselben adoptire, ich doch etwas Anderes damit ausgedrückt haben will, als Müller hineinlegte. Letzterer wollte nur sagen, dass identische Stellen, von verschiedenem Licht beleuchtet, z. B. von Blau und Gelb, die Eindrücke nicht vermischen, sondern qualitativ verschieden empfinden. „Bald hebt sich das Gelb des einen, bald das Blau des anderen Auges an einem und demselben Orte des subjectiven Sehfeldes; sie erscheinen theilweise und ganz wechselseitig.“ S. 80.

Ich möchte dagegen unter den Worten: „different aber in Hinsicht der Qualität u. s. w.“ verstanden wissen, was mein zweiter Satz enthält, dass auch die von identischen Punkten bei gleichem Reiz gelieferten Eindrücke qualitativ und quantitativ verschieden sind.

Die Ansichten Müller's bedürfen ausser der vorstehenden noch einiger Modificationen. Müller hielt die ganzen Netzhäute beim Menschen für identisch, id est das ganze Gesichtsfeld für ein gemeinsames. S. 109 spricht er von „durchgängiger Identität“ beim Menschen. S. 101 heisst es: „Beim Menschen sind die Mittelpunkte der beiden Netzhäute identisch.“ S. 106: „ferner alle Theile der Netzhäute, welche gleich weit von den Mittelpunkten entfernt sind.“

In diesem Glauben, dass das Gesichtsfeld der beiden menschlichen Augen ein vollständig gemeinsames sei,

liegt der Irrthum, welcher Müller verhinderte, das Richtige in Betreff des binocularen Sehen beim Menschen zu finden. Er wusste nicht, dass die äussersten 40 Grade nach rechts und links, gerade wie bei den Thieren, nur vom Auge derselben Seite gesehen werden.

Uebertragen wir dagegen die Sätze, welche Müller über das Sehen der Thiere aufstellt, auf das des Menschen, so erhalten wir in der That ein brauchbares Resultat. Er setzt S. 107 auseinander, dass bei den meisten Thieren nur ein kleiner Theil, und zwar der hintere, der beiden Retinae identisch sei, der übrige Theil different. Diese identischen Theile sehen einfach. Die differenten Theile erhalten verschiedene Bilder und sehen diese getrennt. „Diese differenten Stellen sind subjectiv verschieden, d. h. sie mögen gleichartig oder ungleichartig afficirt sein, im subjectiven Sehfeld sind diese in gleichen Meridianen liegenden Stellen beider Augen örtlich geschieden.“ „Das subjective Sehfeld enthält demnach unter den gegebenen physiologischen Bedingungen auch bei Divergenz (dies Wort heisst bei Müller: „nicht vollständige Gemeinsamkeit oder Identität des ganzen Gesichtsfeldes“) der Augen die Gegenstände in derselben Ordnung und einfach, wie sie in der äusseren Natur gegeben sind“.

Schoeler stellt als Schlussatz auf (A. f. O. XIX, 1, S. 52): „Das Territorium beider Sehfelder, in welchem durch die Erfahrung gewonnene correspondirende Deckpunkte existiren, ist für mich ein sehr enges und umfasst nach oben 150, nach unten 75 und lateral nur 60 Mm. (Abstand der Augen von der Tafel 29—30 Cm.)

S. 13 finden sich die betreffenden Winkelwerthe:

nach oben 25°40

nach unten 12°54

lateralwärts 10°56.

Ich habe empirisch für meine Augen Partialhoropter

bestimmt auf folgende Weise: die Augenmittelpunkte befinden sich an den Kreuzungsstellen je eines Paares durch Nadeln markirter Linien, und sind dadurch fixirt. Die Gesichtslinien convergiren nach einem in 5" Entfernung in der Mittellinie gelegenen Punkte.

Es wurden nun seitlich zwei gleiche Papierstreifen aufgestellt. Zunächst sieht man vier Halbbilder. Von den beiden Streifen wurde der eine so lange verschoben, bis beide auf identische Stellen fielen. Im selben Moment, aber auch nicht früher, springt mit überraschender Deutlichkeit das Sammelbild verkleinert in den Horopterkreis, während die beiden nicht vereinigten Halbbilder in der wirklichen Entfernung der Streifen verharren. Das Sammelbild erscheint so deutlich in dem Horopterkreise, dass es leicht gelingt, eine Nadel an den Ort desselben zu bringen, und so den Horopterkreis zu bestimmen. Am Ueberraschendsten ist dieser Vorgang in den excentrischen Partien, wo das Sammelbild den Augen bedeutend näher zu liegen kommt, als der Fixationspunkt.

Man kann auch im Dunkeln experimentiren und kleine Schirme mit schmalen Spalten, welche mit rothem Papier verklebt sind und von der Rückseite durch kleine Lichte erleuchtet werden, in Anwendung bringen. Das Sammelbild der hellen rothen Streifen erscheint bei Benutzung der seitlichen Retinapartien in blendender Nähe.

Bei Fixation eines in der Median-Ebene befindlichen Punktes liegt der äusserste Punkt des Horopterkreises, welchen ich mittelst Vereinigung zweier Halbbilder noch bestimmen kann, nicht ganz 90° auf dem Horopterkreise vom Fixationspunkte entfernt. Darüber hinaus wurde das Halbbild des entgegengesetzten Auges durch die Nase verdeckt.

Einhundertachtzig Grade des Horopterkreises, und zwar neunzig Grade nach rechts und links vom in der

Median-Ebene gelegenen Fixationspunkte sind der binocular gesehene Theil des Gesichtsfeldes. Demselben entspricht in jedem Auge ein Winkel von etwas weniger als 90° Oeffnung und ein solcher von 45° allseitig um die Gesichtslinie herum. Doch wird dabei das binoculare Gebiet durch die Nase beschränkt. Wählte ich den Fixationspunkt 30° seitwärts (etwa links) von der Medianlinie auf dem Horopterkreise, so wurden zwei entsprechende Halbbilder ebenfalls noch bei 90° im Horopterkreise auf der anderen (rechten) Seite der Medianlinie vereinigt gesehen und die Nadel an diesen Ort gebracht. Da die linke Grenze jedoch bei 90° (links), der Nase wegen, bleibt, so wird dadurch das binocular übersehene Gebiet nicht grösser. Bei genauer Untersuchung zeigt sich vielmehr, dass bei forcirt seitlicher Fixation das binocular übersehene Gesichtsfeldgebiet nach der betreffenden Seite zu enger wird. Bei festgestelltem Kopfe und geradeaus gerichteten Augen, schliesst man ein Auge und achtet auf einen Gegenstand, welcher dem anderen Auge noch eben über die Nase fort sichtbar ist. Versucht man nun, ohne Kopfbewegung den Gegenstand zu fixiren, so versinkt derselbe hinter der Nase. Es beruht dies darauf, dass bei angestrenzter Contraction der *Musculus internus* das Auge tiefer in die Orbita hineinzieht.

Bei Fixation eines 30° links seitlich von der Medianlinie auf dem Horopterkreise gelegenen Punktes sehe ich also nach links vom Fixationspunkte noch (nicht ganz) 60° des Horopterkreises binocular; — diesem Winkel entspricht in jedem Auge ein solcher von 30° —: nach rechts vom Fixationspunkte dagegen 120 Grade des Horopterkreises, welchem in jedem Auge ein Winkel von 60° entspricht. Dies ist aber die äusserste Grenze, bis zu welcher sich das Gesichtsfeld meiner Augen nach innen überhaupt ausdehnt.

Nun ist das Vorspringen des Sammelbildes in den Horopterkreis, sobald der zweite Streifen auf die identische Stelle gelangt, ein so frappantes, dass eine besonders innige Verknüpfung, eine Correspondenz dieser Punkte nothwendig angenommen werden muss.

Ohne Anstrengung kann ich nicht viel weiter als 30° auf dem Horopterkreise seitwärts fixiren; ein 120° von diesem Fixationspunkt nach der anderen Seite gelegenes Object wird dabei noch binocular gesehen, und zwar vom entgegengesetzten Auge eben noch über die Nase fort. Das Gesichtsfeld meiner Augen erstreckt sich also fast so weit nach innen, als es überhaupt jemals gebraucht werden kann, und eben so weit ist auch die Correspondenz mit dem äusseren Gesichtsfeld-Abschnitt des anderen Auges vorhanden. Nach oben und unten lässt sich Correspondenz in diesem Sinne bis zu den Grenzen des gemeinsamen Gesichtsfeldes gleichfalls nachweisen.

Das widersprechende Resultat, zu welchem Schoeler gelangte, dürfte vielleicht darin seinen Grund haben, dass die Anforderungen, welche er an die excentrische Sehschärfe stellte, zu hohe waren.

Aus Schoeler's Versuchen scheint mir nur der Schluss berechtigt zu sein, dass die anatomischen Träger der Correspondenz eine gewisse Ausdehnung besitzen. Wir kommen auf die Empfindungs-Einheiten noch unten zurück.

Wenn der eben behauptete Satz richtig ist, dass wir correspondirende Punkte mit Nothwendigkeit an demselben Orte, und zwar an der betreffenden Horopterstelle sehen, so folgt daraus, dass Doppelschen mit correspondirenden Stellen, namentlich auch mit den beiden Foveae, ebenso unmöglich sein muss.

Ich glaube, die Sätze aufrecht erhalten zu sollen:

Es kann mit disparaten Punkten einfach — dagegen

mit identischen nicht doppelt gesehen werden. Ebenso hält Panum an diesem Hauptsatz der Lehre von der Identität fest, wonach je zwei Eindrücke, welche zwei identische oder correspondirende Netzhauptpunkte afficiren, immer und unter allen Umständen einfach empfunden werden. Der Corollarsatz aber, dass je zwei Eindrücke, welche zwei nicht identische Netzhauptpunkte afficiren, immer und unter allen Umständen doppelt empfunden werden sollen, ist durch Wheatstone's Entdeckung hinfällig geworden.

Dieser zweite Satz trifft nur dann noch zu, wenn die Abstände der nichtidentischen Netzhauptpunkte von den identischen eine gewisse Grösse überschreiten.

Wheatstone hatte somit Unrecht, die ganze Lehre von der Identität anstatt des Corollarsatzes, zu verwerfen, und Brücke hatte Unrecht, wenn er den Corollarsatz neben dem Hauptsatz aufrecht erhalten wollte. Mit logischer Nothwendigkeit kann der Corollarsatz nicht aus dem Hauptsatze gefolgert werden. Er steht und fällt also nicht mit demselben. Ueber seine Stichhaltigkeit kann nur die Erfahrung das Urtheil sprechen.

Ich muss auf diesen Punkt eingehen, weil die Ansichten, welche ich über den Wettstreit der Sehfelder entwickeln will, von der Gültigkeit des obigen Hauptsatzes abhängen.

Das von Wundt angegebene Experiment wäre entscheidend, wenn dasselbe das erwartete Resultat deutlich ergäbe. Es besteht darin, dass die Nachbilder eines binocular in der Primärstellung angesehenen Streifens auf eine geneigte Fläche projecirt werden.

Dasselbe fällt bei mir, wie auch Hering von sich berichtet, nie so aus, dass ich gekreuzte Streifen sehe. Dies wäre nothwendig, wenn man mit identischen Stellen doppelt sehen könnte. Ich sehe das Nachbild immer einfach. Es ist bei dieser Anordnung nicht möglich, eine

vielleicht stattfindende Lageveränderung der verticalen Trennungslinien beim Projiciren auf die geneigte Fläche auszuschliessen. Der bekannte Purkinje'sche*) Versuch dürfte daher vorzuziehen sein, oder auch folgender:

Nachdem die Netzhäute wieder mit dem Nachbilde des horizontalen Streifens versehen sind, richte ich die Augen auf eine gleichmässige, mit einer Fixationsmarke versehene Fläche und verschiebe nun das eine Auge mit dem Finger aufwärts, so dass die Marke in Doppelbildern übereinander erscheint. Das Nachbild sieht man stets einfach.

Man kann hier einwenden, dass die Verschiebung des Auges nicht durch beabsichtigte Muskel-Action erfolgt ist, dass daher die Seele dieselbe ignorirt und die Macula des Auges noch als an demselben Platze befindlich annimmt. Dagegen spricht aber Folgendes:

Der Versuch ist auch so ausführbar, dass man die Verschiebung des Auges bewirkt, indem man vor das eine Auge ein Prisma von 4° bis 5° Basis nach oben oder unten setzt und dasselbe durch Muskelzug überwinden lässt. Auch in diesem Falle sieht man das Nachbild nur einfach.

Interessant ist folgende Abänderung des Versuchs. Man legt zwei Papierstreifen von 1" Länge und 1''' Breite horizontal auf den Tisch, 60 Mm. von einander entfernt, und so, dass der rechte etwa 12 Mm. oberhalb des linken liegt. Die beiden Streifen werden nun dadurch vereinigt, dass man die Augen parallel stellt und das rechte mit dem Finger aufwärts schiebt. Das Sammelbild liegt an dem Orte, wo sich dasselbe befinden würde, wenn die Streifen in derselben Horizontalen lägen und das rechte Auge nicht verschoben wäre. Die Verschiebung wird also vollständig vernachlässigt.

*) Beiträge zur Kenntniss des Sehens. Prag 1819, S. 145.

Dies lässt sich leicht feststellen, wenn man, nachdem die Vereinigung der Streifen durch Parallelstellung und Verschiebung des rechten Auges erreicht ist, bald das linke und bald das rechte Auge schliesst. Dabei tritt keine Verschiebung des Sammelbildes, resp. der dasselbe zusammensetzenden Halbbilder ein, mögen sie mit einem oder beiden Augen gesehen werden.

Darauf führt man den Versuch so aus, dass man die Streifen in eine Horizontale legt, vor das rechte Auge aber ein Prisma 4° Basis nach oben nimmt, welches durch Muskelzug zu überwinden ist. Auch jetzt erscheint das Sammelbild an dem Orte, an welchem es sich befinden würde, wenn das Prisma nicht vor dem rechten Auge angebracht wäre. Die identischen Stellen sehen also auch dann einfach an einem Orte im Raum, wenn die Richtungslinien sich gar nicht schneiden, und zwar localisiren sie an demselben Orte, wie wenn eine Lageveränderung des einen Auges gar nicht bestände.

Diese Versuche und die mit Nachbildern lassen sich combiniren.

Im Anschluss hieran kann man sich die Frage vorlegen, wo zwei excentrische identische Stellen, auf welche gleiche Halbbilder fallen, das Sammelbild localisiren, wenn die Augenstellung eine derartige ist, dass die Richtungslinien dieser beiden identischen Stellen sich nicht schneiden. Practisch hat diese Frage keine Bedeutung, da beim gewöhnlichen Sehen unter Voraussetzung einer solchen Augenstellung nie gleiche Halbbilder auf diese beiden Stellen gelangen können, von den nicht harmonirenden Eindrücken aber derjenige des entgegengesetzten Auges im Wettstreit eliminirt wird. Theoretisch wäre dieselbe aber von Interesse. Ebenso wie die Eindrücke der beiden Foveae mit einander verschmolzen werden, — auch wenn, sei es durch passive Verschiebung

oder activen Muskelzug, die Lage der Augen eine solche ist, dass die Gesichtslinien sich nicht schneiden, — ebenso muss man erwarten, dass auch excentrische identische Stellen, — die sich ja normaler Weise bei Tertiärstellungen unter denselben Bedingungen befinden, welche für die Foveae künstlich erzeugt wurden, — dass auch diese excentrischen identischen Stellen die beiden Eindrücke verschmelzen werden, selbst in den Fällen, wo sich ihre Richtungslinien nicht schneiden. In der That sehen auch unter diesen Umständen identische Stellen einfach, wie mich Versuche gelehrt haben. Es fragt sich aber, wohin dieses Sammelbild verlegt wird, da eine mathematische Horopterstelle dafür nicht existirt.

Der Versuch ist schwierig, so dass man sich mit absoluter Sicherheit nicht entscheiden kann. Doch lässt sich feststellen, dass das Sammelbild auf der Gesichtslinie des gleichseitigen Auges liegt, dieses also wieder das maassgebende ist.

Das Bild des entgegengesetzten Auges wird auf die Richtungslinie des gleichseitigen Auges verlegt, ebenso wie wir dies bei den auf den beiden Foveae liegenden Bildern sehen. Dasjenige des verschobenen Auges wurde auf die Richtungslinie des in normaler Stellung gebliebenen verlegt, unbekümmert darum, dass sich die Richtungslinien nicht mehr schnitten.

Bei den excentrischen Stellen wird die Richtungslinie des gleichseitigen Auges deshalb bevorzugt, weil der Eindruck dieses Auges der intensivere ist.

Weiter unten, bei Besprechung der Grösse der Empfindungs-Einheiten, werden wir Gelegenheit haben, noch einmal hierauf zurückzukommen.

Soviel geht aus den Versuchen, bei welchen sich die Foveae in veränderter Lage zu einander befinden, einmal in Folge mechanischer Verschiebung, dann durch

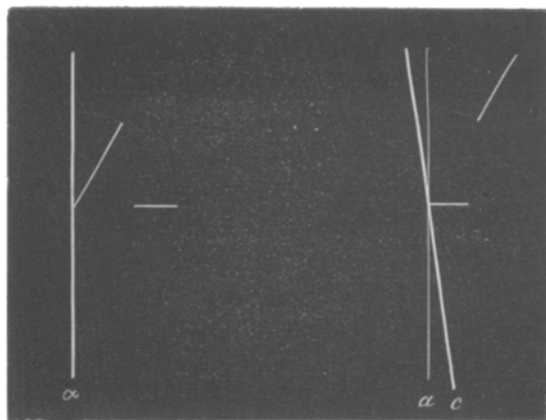
gewollten Muskelzug — gewiss hervor, dass es auf keine Weise möglich ist, mit den beiden Foveae oder mit zwei identischen Stellen überhaupt, doppelt, d. h. an zwei verschiedenen Orten im Raum, zu sehen. Identische Stellen können gleichzeitig nur an einem Orte, nämlich der betreffenden Horopterstelle sehen.

Wo es unmöglich ist, die Eindrücke zweier identischer Stellen an diesem Orte, im Horopter zu vereinigen, da tritt Wettstreit der Sehfelder ein, oder vielmehr der zwei concurrirenden Eindrücke, von denen nur einer auf einmal beachtet werden kann. Hierin liegt auch die Definition des Wettstreits der Sehfelder.

Den Wheatstone'schen Versuch halte ich nicht für beweisend, da dabei eine leichte Lageveränderung der verticalen Trennungslinien nicht ausgeschlossen werden kann. Ich muss hieran festhalten trotz der entgegenstehenden Ansicht Wundt's (Physiolog. Psychologie, S. 606).

Dass diese Rollung eintritt, lässt sich an nachstehender Figur 5 zeigen.

Fig. 5.



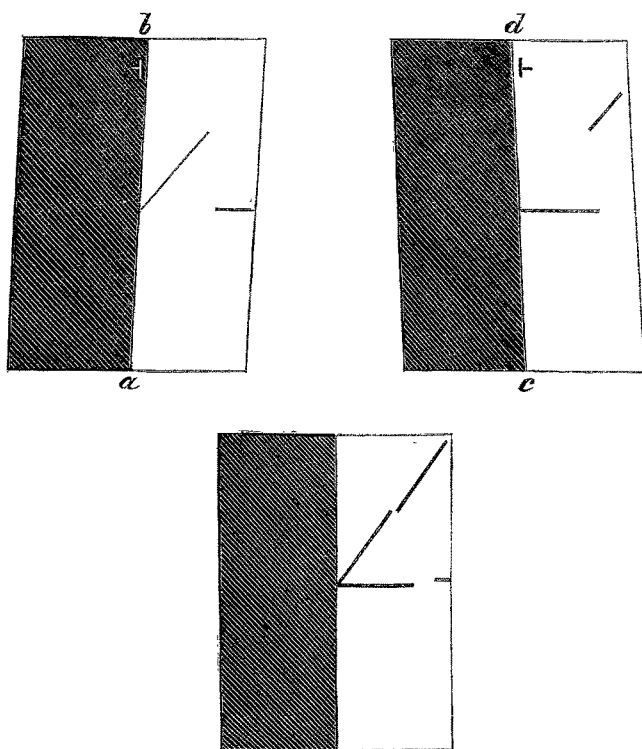
Bei Wheatstone's Versuch werden den Augen die Linien a , c und α geboten. Mag nun α mit a oder mit c vereinigt werden, das Resultat ist der Eindruck eines sich kreuzenden Linienpaares in einer Ebene befindlich, die gelegt ist durch α und das Auge, von welchem α gesehen wird. Dieses Auge sieht eine Linie, das andere zwei, was beim gewöhnlichen binocularen Sehen nur möglich ist, wenn dem ersten Auge die eine Linie durch die andere verdeckt wird. Daher erfolgt die berührte Auslegung der Figur, gleichviel, ob α mit a oder c vereinigt wird. (Nur ausnahmsweise und für kurze Zeit erscheint, wenn α mit a vereinigt wird, die Linie c in der Ebene des Papiers. Den reinen Eindruck hat man, wenn man schwarze Fäden auf eine Glasscheibe klebt.) Das obere Ende von a erscheint bei hinter dem Papier gekreuzten Gesichtslinien vor dem oberen Ende von c , mag α mit a oder c zusammenfallen. Dies Zusammenfallen kann ich nun willkürlich verändern, je nachdem ich die Absicht habe, die vordere oder die hintere Linie zu fixiren. α fällt stets mit der fixirten Linie zusammen. Ich habe dabei das Gefühl einer Augenbewegung. Eine solche dürfte aber nicht vorhanden sein, wenn der Versuch beweisen soll, dass α und c vereinigt werden können, während α und a auf den identischen verticalen Trennungslinien liegen bleiben, diese identischen Stellen also getrennt doppelt sehen. Die Augenbewegung tritt aber ein, und a und α bleiben beim Wheatstone'schen Versuch nicht auf den identischen Meridianen liegen, wie die Betrachtung der Figur 5 ergibt. Bringt man zunächst a mit α zur Deckung, so erscheinen die beiden Linienbruchstücke als gegenseitige Verlängerung. Sobald nun aber α mit c vereinigt wird, weist das obere Ende des unteren Bruchstücks am unteren des oberen vorbei, ein Beweis, dass die Vereinigung von α mit c durch eine Rollung

um die Gesichtslinie erreicht worden ist. Es ist natürlich darauf zu achten, dass die Linie *a* dünn erscheint.

Auch Versuche mit der Figur 209 in Helmholtz' phys. Optik, S. 736, haben mir keine Widerlegung, sondern eine Bestätigung des Satzes ergeben, dass identische Punkte nicht doppelt sehen können. Helmholtz setzt voraus, dass bei Vereinigung der Linien *a b* und

Fig. 6.

Schraffirt = blau, nicht schraffirt = gelb.



c d, Fig. 6, die Lage der Netzhauthorizonte und verticalen Trennungslinien unverändert bleibt. Diese Voraussetzung ist aber nicht stichhaltig. Um dies zu beweisen, muss man die Helmholtz'sche Figur nach der Be-

schreibung wirklich ausführen, siehe Fig. 6, dann aber noch eine abgebrochene Linie wie in Fig. 5 hinzufügen, weil an den vollständig ausgezogenen Horizontal-linien der Helmholtz'schen Figur, sowie derjenigen von Wundt, die Verschiebung nicht deutlich hervortritt wegen zu geringer Distanz der Doppelbilder dieser Linien und wegen des durch den Wettstreit bedingten Wechsels. Die von den Kreuzen auf die hinzugefügten abgebrochenen Linien gefällten Lothe müssen gleich lang sein.

Das Resultat ist nun ganz dasselbe, wie bei Fig. 5. Werden die beiden Kreuze einfach gesehen, so erscheinen die beiden Linienbruchstücke als gegenseitige Fortsetzung, vereinigt man dagegen die beiden Grenz-linien der verschieden gefärbten Flächen zu einer geneigten Linie (es erscheint natürlich auch die ganze Fläche geneigt), so sind die Kreuze getrennt, aber die Linienbruchstücke sind auch gegen einander verschoben, welcher Umstand das Stattfinden einer Rollung der Augen beweist. Dieser Augenbewegung bin ich mir ausserdem deutlich bewusst.

Man vereinigt die beiden Vierecke zuerst mit parallelen und dann mit gekreuzten Blicklinien, kehrt darauf die Figur um, und wiederholt die Procedur, so dass man an vier Combinationen die Prüfung anstellt und sich gegen Irrthümer auf diese Weise sichert.

Besonderen Werth lege ich auch auf die Versuche mit Nachbildern und mechanischer Verschiebung eines Auges oder einer solchen durch Muskelzug, — bei welchen niemals ein Doppelsehen mit identischen Stellen zu erreichen war.

Sobald wir zugeben, dass mit identischen Stellen doppelt gesehen werden kann, ist aus der Lage der Gesichtsfelder beider Augen zu einander Nichts mehr zu entnehmen, was uns Kenntniss von der Stellung

der Augen verschaffen könnte. Unsere Kenntniss von der jedesmaligen Stellung der Augen beruht dann einzig auf dem Muskelgefühl oder dem Gefühl der Muskel-Innervation. Wird dieses nun durch Prisma oder mechanischen Eingriff gestört, so müsste jede Verbindung der Augen aufgehoben sein. Erstens dürfte sich kein Trieb geltend machen, das Prisma zu überwinden. Dann müsste es aber auch ganz unmöglich sein, dem Auge die der Lage des anderen Auges entsprechende Orientirung in Beziehung auf die Gesichtslinie zu geben, weil ja jede Controle über den Effect der Muskel-Arbeit mangelt.

Die Möglichkeit des Doppelsehens mit identischen Stellen ist bisher jedenfalls noch nicht bewiesen, im Gegentheil sprechen alle Versuche dawider. Wir sind also berechtigt, den Satz, dass Doppelsehen mit identischen Stellen nicht möglich sei, aufrecht zu erhalten. Die weitere Frage, ob diese thatsächlich vorhandene Identität nativistisch oder empiristisch oder durch frühere Generationen erworben und vererbt sei, wollen wir nicht discutiren.

4. Der Wettstreit der Sehfelder.

Auf die Bedeutung des Wettstreits der Sehfelder für die Orientirung habe ich schon in meinem früheren Aufsätze hingewiesen, indem ich zeigte, dass dadurch die Unterdrückung des Doppelbildes des entgegengesetzten Auges begünstigt wird. Doch dürfte es angezeigt sein, darüber etwas ausführlicher zu sprechen.

In der kleinen Mittheilung „Eine Beobachtung über den Wettstreit der Sehfelder“ heisst es S. 270 in Betreff des Wettstreites, der sich zwischen dem offenen und dem geschlossenen Auge entspinnt: „Die Verdunkelung beschränkt sich auf den Theil des Gesichtsfeldes, der zum gemeinschaftlichen binocularen gehört; die

äussere temporale Ecke, welche auch beim Sehen mit beiden Augen nur vom Auge der betreffenden Seite gesehen wird, bleibt verschont." Es ist dies nicht ganz genau. Für gewöhnlich bleibt nämlich mehr als nur diese temporale Ecke unverdunkelt. Am besten verschafft man sich Klarheit über den Sachverhalt in folgender Weise: Man fixirt eine Marke auf einem ausgedehnten gleichgefärbten Grunde, indem man das andere Auge schliesst, und achtet nun auf die Ausdehnung, welche die in ziemlich regelmässigen Intervallen auftretende Verdunkelung annimmt.

Es zeigt sich, dass die Verdunkelung sich fast auf die Hälfte des Gesichtsfeldes beschränkt, welche auf der Seite des geschlossenen Auges liegt. Bisweilen greift sie ein wenig über den Fixirpunkt hinaus.

Oder man sieht mit einem Auge an einem schmalen Stabe vorbei gegen den Himmel, es verdunkelt sich dann die auf der Seite des geschlossenen Auges liegende Hälfte des Gesichtsfeldes bis an den Stab, ohne die durch denselben gebildete Grenze nach der Seite des offenen Auges hin erheblich zu überschreiten. Nur die Eindrücke der nasalen Netzhaut des geschlossenen Auges sind im Stande, den Sieg über die correspondirenden der temporalen Netzhaut des offenen Auges davonzutragen; die temporale des geschlossenen vermag den Kampf mit der nasalen des offenen nicht aufzunehmen. Erst wenn das offene Auge durch häufige Wiederholung zu ermüden beginnt, dehnt sich die Verdunkelung über den Fixirpunkt nach der Seite des offenen Auges aus. Diese Verhältnisse sind wiederum geeignet, die vorwaltende Bedeutung der nasalen Hälften der beiden Netzhäute für das binoculare Sehen und die Bildung des Gesamtgesichtsfeldes in helles Licht zu setzen. Dieselben beanspruchen (und zwar durch die grössere Intensität der von ihnen herkommenden Eindrücke) vor-

wiegende Beachtung, und die Eindrücke der correspondirenden temporalen Stellen pflegen im Wettstreit eliminiert zu werden, überall, wo sie collidiren und nicht mit denen der nasalen Stellen zu Bildern an den entsprechenden Horopterpunkten zu vereinigen sind.

In unmittelbarer Nähe der Macula ist der Unterschied in der Erregbarkeit zwischen temporalen und nasalen Stellen noch kein sehr bedeutender. Daher kann sich die Verdunkelung etwas über den Fixationspunkt ausdehnen, besonders, wenn das offene Auge schon etwas ermüdet und der geringe Erregbarkeits-Ueberschuss seiner nasalen an die Macula grenzenden Stellen über die correspondirenden temporalen des geschlossenen Auges, in Folge dessen compensirt ist.

Der eben beschriebene Versuch ist dazu dienlich, eine allgemeine Gesamt-Uebersicht über die beim Wettstreit der Sehfelder obwaltenden Verhältnisse zu geben. Bei demselben suchen alle diejenigen Netzhautpunkte des geschlossenen Auges, welche eine höhere Erregbarkeit besitzen, als die correspondirenden des offenen, diesen letzteren gegenüber ihr Uebergewicht geltend zu machen und sich vorzudrängen. Der Verlauf ist hier ein derartiger, weil beiden Augen gleichmässiger Grund ohne vortretende Contouren geboten wird. Man darf aus diesem Versuch jedoch nicht schliessen, dass der Wettstreit etwa immer zwischen den Netzhäuten in ihren Hälften stattfindet. Derselbe erfolgt vielmehr einzeln zwischen jedem Paar correspondirender Punkte.

Wenn auf irgend einem Netzhautpunkte sich ein ausserhalb des Horopters befindliches Bild abbildet, so wird mit demselben ein auf den correspondirenden Punkt des anderen Auges fallendes Stück Grund in Wettstreit gerathen. Dieses Stück Grund kann einem gleichmässigen uncontourirten Hintergrunde angehören, oder

es kann selbst wieder Contouren enthalten, d. h. ebenfalls ein Bild sein. Je nachdem das Bild im gleichseitigen oder entgegengesetzten Auge liegt und je nachdem der Grund ein gleichmässiger oder ein solcher mit Contouren ist, lassen sich vier Fälle unterscheiden. Auf die identischen Stellen fällt im

gleichs. Auge	entgegeng. Auge
1. Contouren,	gleichmässiger Grund,
2. Contouren,	Contouren,
3. gleichmässiger Grund,	Contouren,
4. gleichmässiger Grund,	gleichmässiger Grund.

Nur im Falle 3, wo die mit in Beschäftigung gezogene räumliche Sehschärfe und der durch die vorhandenen Contouren wachgerufene Contrast zu Gunsten des entgegengesetzten Auges wirken und die Aufmerksamkeit für dasselbe in Anspruch nehmen, — wird der sonst weniger intensive Eindruck des entgegengesetzten Auges zur Perception gelangen können.

Auf welche Weise der Contrast diese unzweifelhaft vorhandene Wirkung verursacht, lässt sich bis jetzt nur vermuthen. Panum (Archiv f. anat. Phys., 1861, S. 108), will die Hypothese zu Hülfe nehmen, dass die Erregung der von einem Contour getroffenen empfindenden Punkte die Erregbarkeit der angrenzenden Theile im Sinne des Contrastes modificire. In diesen Worten liegt eine Vorwegnahme der Hering'schen Dissimilation und Assimilation. Ich meine, den der Contrastwirkung zu Grunde liegenden Vorgang nicht in der Retina, sondern im Central-Organ suchen zu müssen.

Experimentell überzeugt man sich von der Richtigkeit, wenn man das Verschwinden im Wettstreit bei gleichnamigen und gekreuzten Doppelbildern eines Papierquadrats beobachtet, wie ich in der vorausgehenden Abhandlung angegeben habe.

Beim Blick in die Ferne und bei 4'' vor dem Ge-

sicht ein wenig rechts seitlich gehaltenem kleinen weissen Quadrat, verschwand im Wettstreit der Sehfelder das peripher gelegene Doppelbild des linken entgegengesetzten Auges elfmal in der Minute, während das des rechten gleichseitigen kein einziges Mal undeutlich wurde. Ähnliches stellte sich bei gekreuzten (in 5" Entfernung) Blicklinien heraus. Das Object wurde etwa 20° seitlich der Blicklinien angebracht in 4' Entfernung. Das centralere Doppelbild des entgegengesetzten Auges verschwand siebenmal, das excentrischere des gleichseitigen Auges nicht ein einziges Mal in derselben Zeit. Dies findet selbst dann statt, wenn das Bild des entgegengesetzten Auges in der Nähe der Macula oder auf dieser selbst liegt. Wenn ich das Versuchs-Object, z. B. ein Blatt Papier in der einen ausgestreckten Hand halte und auf einen in 4" Entfernung gelegenen Punkt convergire, so stellt sich die Erscheinung ein, dass ich deutlich zu sehen glaube, wie ich das Doppelbild des gleichseitigen Auges in der Hand halte, während mir das andere in der Luft schwebend, ohne Verbindung mit meinem Körper vorkommt. Dieselbe Erscheinung ist mir auch von Anderen (worüber weiter unten) berichtet worden, ohne dass ich dieselben darauf aufmerksam gemacht hatte. Von den Eindrücken des entgegengesetzten Auges siegen nur die, welche den Vorzug der Contouren und des Contrastes besitzen.

Um zu zeigen, wie diese Versuche sich gestalten, seien die folgenden Reihen mitgetheilt.

Der Experimentirende sitzt 4 Fuss entfernt vor einer schwarzen Tafel, auf welcher ein Blättchen Papier (2 × 3 Zoll) angeheftet ist, und fixirt eine in 5 bis 6 Zoll vor dem Gesicht gehaltene Spitze.

Ich zählte gleichmässig und ziemlich schnell bis 150, die Verdunkelung des centraleren Bildes des entgegengesetzten Auges trat ein und dauerte

von	11	bis	13
	29	„	32
	50	„	52
	83	„	85
	98	„	101
	113	„	114
	124	„	125
	148	„	150

Das Bild des gleichseitigen Auges verschwand niemals, sondern wurde nur ganz allmählig, in Folge der Ermüdung dunkler.

Ich habe solche Versuche auch von Anderen anstellen lassen, ohne denselben vorher irgend welche Aufklärung darüber zu geben. Ich stellte nur die Fragen, welches Bild sich verdunkelte und wie oft, und erhielt so z. B. folgende Reihen:

Es wurde langsam bis 60 gezählt. Das Bild des gleichseitigen Auges blieb stets unverdunkelt, das centralere des entgegengesetzten Auges verdunkelte sich

	A	B
bei	3	7
	7	12
	18	15
	36	18
	42	28
	58	32
		45
		51

Durch diese Versuche wird im Verein mit den oben aufgeführten, bei welchen die nasale Hälfte des geschlossenen Auges mit der temporalen des offenen den Wettkampf aufnahm, in unzweifelhafter Weise bewiesen, dass überall, wo gleiche Verhältnisse walten, der Eindruck des gleichseitigen Auges den des entgegengesetzten im gemeinschaftlichen Sehfelde verdrängt, wenn es nicht möglich ist, beide an einem Orte im Horopter zu vereinigen.

Der vorstehende Versuch ist einer der wichtigsten, und bitte ich den geneigten Leser, sich sorgfältig von dem Resultat desselben zu überzeugen. Ungleichheit der Augen bedingt eine Verschiebung des Wettstreits, worauf wir später eingehen werden.

Laien sehen Anfangs gewöhnlich nur das Bild des gleichseitigen Auges. Es kostet Mühe, ihre Aufmerksamkeit auf das centralere Bild des entgegengesetzten Auges zu lenken und ihnen das Vorhandensein desselben zum Bewusstsein zu bringen. Das Einfachsehen, Nichtsehen von Doppelbildern, beim gewöhnlichen binocularen Sehen, beruht in der That darauf, dass das Doppelbild des entgegengesetzten Auges regelmässig unterdrückt wird. Der Laie bezeichnet das Bild des gleichseitigen Auges als das richtige, das des entgegengesetzten, sobald es gelungen ist, seine Aufmerksamkeit auf dasselbe zu richten, als das falsche.

Sehr instructiv ist folgender Versuch, den man in einem Zimmer mit dunkler gemusterter Tapete anstellt, in dessen einer Wand sich eine helle Thüre befindet. Man fixirt den in 4" bis 5" Entfernung vor dem Gesicht gehaltenen Finger. Der Finger wird so gehalten, dass die Gesichtslinie des einen Auges (nehmen wir an, des linken) den einen (hier den linken) Thürrend trifft, die des rechten Auges dagegen auf die Wandfläche links von der Thür gerichtet ist. Es erscheinen dann gleichnamige Doppelbilder von der Thüre, das centralere dem entgegengesetzten Auge, dem linken, angehörig.

Das Bild des gleichseitigen Auges ist das deutlichere und entspricht in Gestalt und Farbe der Thüre, dieses Bild hat endgültig den von der identischen Stelle des entgegengesetzten Auges gesehenen Grund, die Tapete, aus dem Felde geschlagen.

Was dagegen das Bild des entgegengesetzten Auges angeht, so gelingt es, sobald einmal die Aufmerksamkeit

auf das Vorhandensein der Doppelbilder gelenkt ist, zwar den Contouren der Thüre, durchzudringen, die Fläche derselben ist jedoch mit dem Tapetenmuster überzogen; der hier vom gleichseitigen Auge gesehene Grund hat das Uebergewicht im Wettstreit behalten. Für gewöhnlich wird aber das Bild des entgegengesetzten Auges überhaupt nicht beachtet.

Man befestige an einer mit gemusterter Tapete bekleideten Wand zwei 1 bis 2 Quadratfuss grosse verschiedenfarbige Cartonblätter und convergire so, dass bald die beiden inneren, bald die beiden äusseren Ränder der Pigmentblätter in den Richtungen der Gesichtslinien sich befinden. Es fallen dann die contourirten und gleichmässig farbigen Flächen abwechselnd auf die nasalen und temporalen Hälften. Dabei wird man dieselben Beobachtungen machen, über die wir eben berichteten.

Im Allgemeinen empfiehlt es sich, zuerst die Wettstreitsversuche mit den excentrischeren Netzhautpartieen anzustellen, weil dort die Unterschiede zwischen den Empfindungs-Intensitäten der correspondirenden Stellen grösser sind.

So ist auch folgender Versuch zu empfehlen, der mit den beiden eben erwähnten Pigmentblättern auszuführen ist. Das Gesicht wird so gerichtet, dass sich die Blätter auf derselben Seite der Median-Ebene befinden. Man bringt nun durch geeignete Convergenz zwei Doppelbilder der Pigmentblätter zur Deckung. Das Sammelbild springt sofort in den Horopterkreis, trägt aber nicht die Mischfarbe, sondern die Farbe des vom gleichseitigen Auge herrührenden Doppelbildes, auch wenn diese Farbe die weniger hervorstechende ist. Ich bemerke, dass sich mir beim centralen Sehen Pigmentfarben, jede von einem Auge gesehen, zu einer Mischfarbe vereinigen, sobald die

Farben nicht sehr stark contrastiren. Da mir dies auf seitlichen Netzhautpartieen nicht gelingt, so scheint zur binocularen Farbenmischung Gleichheit der Empfindungs-Intensität zu gehören. Daher schreibt sich vielleicht die Divergenz der Ansichten über binoculare Farbenmischung.

Wir sehen also, dass nur unter Beihülfe dominirender Contouren der Eindruck des entgegengesetzten Auges die Oberhand behalten kann, und auch in diesem Falle nicht andauernd. Es vermag sogar der Eindruck des geschlossenen gleichseitigen Auges in dem seiner nasalen Netzhauthälfte entsprechenden Gesichtsfeld-Abschnitt den Wettstreit siegreich über die Weiss-Empfindung des offenen Auges zu bestehen.

Die Schwarz-Empfindung, sowohl überhaupt, als die des geschlossenen Auges documentirt sich damit als eine specifische, welche den übrigen Empfindungen, z. B. der des Roth, Weiss u. s. w. vollständig ebenbürtig an die Seite tritt, ja, wenn sie von der erregbareren nasalen Netzhaut herrührt, sogar den Vorrang behält.

Ich bitte, auf diese Schlüsse und auf die Versuche, aus welchen sie gefolgert sind, die Aufmerksamkeit besonders lenken zu dürfen. Es macht sich hier ein wesentlicher Unterschied zwischen den nasalen und temporalen Netzhautstellen geltend. Die Empfindungen der ersteren kommen ohne Weiteres zur Perception, diejenigen der letzteren haben dagegen zuerst die entgegenstehende intensivere Empfindung der correspondirenden nasalen Stelle zu überwinden. Dies gelingt nur, wenn der Einfluss der Contouren zu Gunsten der temporalen Stelle wirkt. Die Art der Empfindungen muss dadurch eine verschiedene sein. Die erstere befindet sich in einem Zustande von Ruhe, gewissermaassen im stabilen Gleich-

gewicht, die andere in einem Zustande von Spannung und im labilen Gleichgewicht.

Fallen auf identische Stellen gleiche im Horopter zu vereinigende Bilder, so unterbleibt natürlich der Wettstreit. Die temporale Netzhaut wird mithin nur in zwei Fällen benutzt. Einmal, wenn gleiche Bilder auf identischen Stellen liegen, um dem Gegenstande dieser Bilder einen festen Ort im Horopter anzuweisen, der dann wieder weiter als Anhaltspunkt zur Anordnung der nicht im Horopter liegenden Objecte dient.

Zweitens kommt unter Beihülfe der temporalen Netzhaut das stereoskopische Sehen zu Stande. Wenn auf ein Paar identischer Stellen fällt einmal im

gleichs. A. entgegeng. A.

gleichmässiger Grund (a) Contouren

so siegen die (a) Contouren im entgegengesetzten Auge, wie oben bei 3 besprochen.

Der ausserhalb des Horopters liegende Gegenstand, von dem die (a) Contouren herrühren, bilde sich nun auch auf einer bestimmten Stelle des gleichseitigen Auges ab. Die dieser Stelle identische im entgegengesetzten Auge treffe gleichmässiger Grund. Es treten diesmal auf diesem zweiten Paar identischer Stellen in den Wettstreit ein im

gleichs. A. entgegeng. A.

(b) Contouren gleichmässiger Grund,

und dabei siegen die (b) Contouren. Die Richtungslinien beider Augen treffen sich in dem Gegenstande, von welchem sowohl die (a) wie (b) Contouren herrühren, und es wird mit nicht identischen Stellen stereoskopisch einfach gesehen, der auf die beiden ihnen identischen Stellen fallende Hintergrund ist im Wettstreit unterlegen.

Helmholtz sagt (S. 736, phys. Opt.) — „wenn einmal zugegeben wird, dass unter gewissen Umständen

und in gewissem Sinne disparate Bilder einfach gesehen werden, so folgt nothwendig, dass unter denselben Umständen und in demselben Sinne correspondirende Bilder doppelt gesehen werden müssen."

Aus dem Vorstehenden scheint sich doch erweisen zu lassen, dass diese Consequenz nicht richtig ist. Benutzen wir zur Demonstration die Fig. 4. Φ sei der Fixationspunkt. Dann bildet sich ein Object bei A auf disparaten Punkten ab. In Wettstreit treten bei λ_1 die identischen Sehrichtungen R λ_1 A und L λ_1 K (die Eindrücke durch die Richtungen ausgedrückt), hier siegt ohne Weiteres die des gleichseitigen Auges R λ_1 A; — bei ϱ_1 treten in Wettstreit: L ϱ_1 A und R ϱ_1 N, es würde für gewöhnlich auch hier R ϱ_1 N siegen, ausnahmsweise kann aber auch, wie eben besprochen, vermöge Einfluss der Contouren und des Contrastes einmal L ϱ_1 A siegen. Die beiden Eindrücke L λ_1 K und R ϱ_1 N werden durch den Wettstreit eliminirt.

Es ist, meiner Ansicht nach, durchaus keine Nothwendigkeit vorhanden, dass der in diesen Richtungen R ϱ_1 N und L λ_1 K liegende Grund gleichzeitig auch noch wahrgenommen werde, in welchem Falle erst von Doppelsehen mit identischen Stellen die Rede sein könnte. Ich muss dies nach allen meinen Versuchen für unmöglich halten. Helmholtz sagt zwar S. 813: die Annahme, dass in Fällen, wo disparate Contouren verschmelzen, die identisch zu ihnen gehörigen Bilder unterdrückt seien, wäre widerlegt, doch ist es mir trotz aller Mühe niemals gelungen, bei einem Versuche, so viel ich deren auch angestellt habe, ein solches widerlegendes Resultat zu erhalten.

Können die Eindrücke identischer Stellen nicht an einem Orte vereinigt werden, so unterliegt der eine (und in der Regel der des entgegengesetzten Auges) im Wettstreit. Einfachsehen mit nicht correspondirenden Stellen

und Doppelsehen mit correspondirenden muss ich als verschiedene Dinge ansehen. Wer das erstere annimmt, braucht doch das letztere nicht zuzugeben.

Man darf nicht vergessen, dass die Richtung $L \varrho_1 A$ im Wettstreit nur dann zu siegen vermag über die Richtung $R \varrho_1 N$, wenn der Hintergrund bei N ein gleichmässiger ohne Contouren ist. Anderenfalls tritt der an sich intensivere Eindruck $R \varrho_1 N$ in den Vordergrund und verdrängt denjenigen des entgegengesetzten Auges $L \varrho_1 A$; der Gegenstand A wird dann nicht mehr binocular, sondern nur vom gleichseitigen Auge in der Richtung $R \lambda_1 A$ gesehen. Eine weitere weitere Widerlegung der von Helmholtz S. 736 in Ansehung der Fig. 209 gemachten Bemerkungen siehe oben S. 63.

Ueberall, wo eine Vereinigung der Eindrücke identischer Stellen im Horopter nicht erfolgen kann, muss also nothwendig Wettstreit der Sehfelder eintreten, ohne dass die Psyche darauf irgend welchen hindernden oder fördernden Einfluss hätte. Es verliert dadurch das Eintreten des Wettstreits das Zufällige und Willkürliche, und machen sich statt dessen feste Regeln geltend.

Dieser Wettstreit der Sehfelder entscheidet sich auf Grund der vorhandenen Verschiedenheiten der in denselben eintretenden Eindrücke identischer Stellen nach rein mechanischen Regeln und wird dabei der Discretion des (psychologisch, bewusst arbeitenden) Central-Organ's Nichts überlassen. Diesem werden vielmehr die Elemente, deren es zur Bildung der Vorstellung bedarf, erst geboten, nachdem selbstthätig durch die Organe in der angegebenen, durch die nachgewiesene Verschiedenheit der identischen Eindrücke, ermöglichten Weise, alle diejenigen Punkte ausgeschieden sind, welche störend wirken und für die richtige Auffassung der Aussenwelt nicht brauchbar sind.

Während so die Vortheile, welche das Vorhandensein zweier Augen für das Sehen der Tiefe bietet, vollständig ausgenutzt sind, werden die Nachtheile, störendes Doppelsehen, fast ebenso vollständig durch die Verschiedenheit der identischen Eindrücke beseitigt.

5. Das Wettstreitsmerkmal.

Unsere Untersuchung ist nun so weit gediehen, um eine Zusammenstellung dessen zu gestatten, was über die Wahrnehmung der Tiefe und die dazu erforderlichen Localzeichen, d. h. Unterschiedsmerkmale zweier identischen Eindrücke zu ermitteln war.

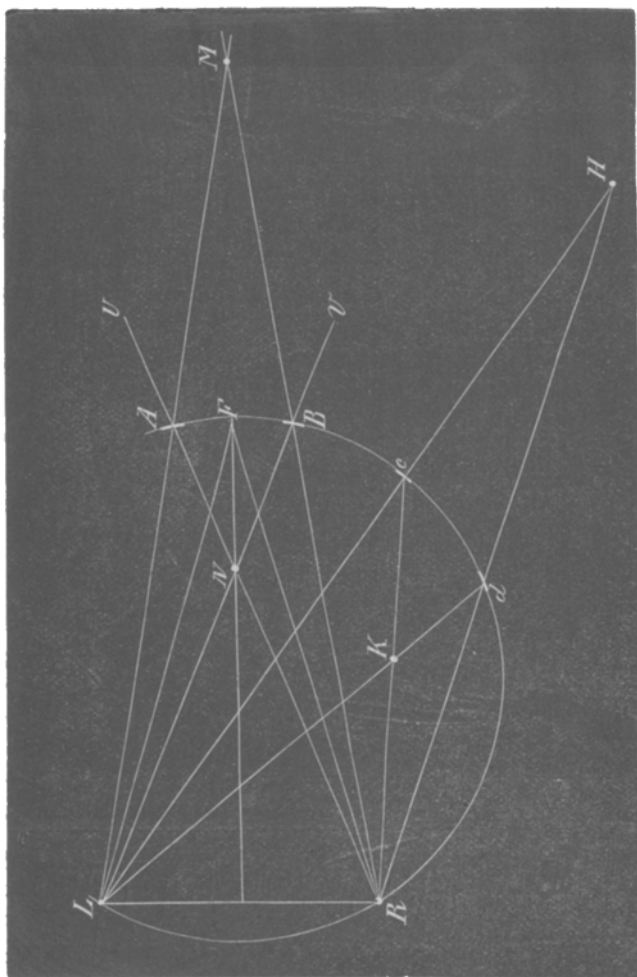
Für seitlich gelegene Objecte erwies sich die Erregbarkeitsverschiedenheit zwischen nasaler und temporaler Netzhauthälfte als Hauptmoment. Durch Veränderung der objectiven Reize konnten wir den pseudoskopischen statt des stereoskopischen Eindrucks hervorrufen. Diese Erklärungsweise versagte ihren Dienst, sobald es sich um in der Median-Ebene vor und hinter dem Fixirpunkte befindliche Punkte handelte.

Unter solchen Umständen liegen immer beide Doppelbilder auf der nasalen oder auf der temporalen Netzhauthälfte, und zwar jedesmal gleich weit vom Fixirpunkt entfernt. Unter sich sind die Bilder völlig gleich; sobald sie von nasalen Netzhautstellen herrühren, sind beide intensiver, im anderen Falle beide schwächer.

Hier müssen wir die soeben über die eigenthümlichen Verhältnisse beim Wettstreit der Sehfelder ermittelten Punkte zu Hülfe nehmen. Liegt Fig. 7 ein Object bei, M, so fallen die Doppelbilder desselben, A und B, auf die nasalen Netzhauthälften, besiegen also vermöge der grösseren Empfindungs-Intensität leicht die beiden identischen Sehrichtungen R A U und L B V. Handelt es sich dagegen um ein Object bei N, so haben die Sehrichtungen R N A und L N B zuerst den von den

erregbareren nasalen Netzhautstellen in den Richtungen L A M und R B M empfundenen Grund, welcher die Auf-

Fig. 7.



merksamkeit zu fesseln sucht, aus dem Felde zu schlagen. Es gelingt dies nur unter dem prävalirenden Einfluss

der Contouren, und auch dann nur für Augenblicke. Den von der temporalen Netzhaut herrührenden Eindrücken haftet in Folge dessen eine Unruhe, eine Art von Spannung an, sie durchbrechen gleichsam den vom anderen Auge gesehenen und sich wie ein Schleier vorschiebenden Grund.

Dass diese Verschiedenheit zwischen den nasalen und temporalen Eindrücken besteht, lehren die oben angegebenen Versuche, mit welchen man sich zuerst vertraut machen muss, im Uebrigen lässt sich diese Eigenthümlichkeit von den Netzhautstellen nicht trennen, und ist es daher nicht möglich, experimentell den Nachweis zu liefern, dass wirklich diese Merkmale (nennen wir sie Wettstreitsmerkmale) die in Rede stehende Entscheidung herbeiführen. Doch scheinen wir nur diese eine nachweisbare Verschiedenheit zur Verfügung zu haben.

Natürlich würden diese zuletzt besprochenen Merkmale beim gewöhnlichen Sehen auch in dem Falle wirksam sein, wo die Objecte nicht in der Median-Ebene, sondern seitlich sich befinden. Hier bekommen sie jedoch eine mächtige Hülfe in dem Erregbarkeitsmerkmale, gleichweit nasal- und temporalwärts gelegener Punkte, und zwar ist diese Hülfe so mächtig, dass sie die maassgebende Stelle einnimmt. Solches müssen wir deshalb annehmen, weil es gelingt, durch Veränderung der objectiven Reize die pseudoskopische statt der stereoskopischen Vorstellung zu erzeugen. Es sind nur die Erregbarkeitsmerkmale, welche wir durch Veränderung der Reize umkehren können, die Wettstreitsmerkmale lassen sich nicht beseitigen. Aus unseren Versuchen (S. 45, ff., Fig. 4) geht hervor, dass der Einfluss der Wettstreitsmerkmale nicht hinreicht, um die Täuschung in dem betreffenden Falle bei allen Personen zu verhüten. Ihr stets im selben Sinne wirkender Einfluss unterliegt

in diesem Falle bei den meisten Personen der mächtigeren Wirkung der gröberen Erregbarkeitsmerkmale. Wo diese dagegen fortfallen, nämlich sobald die Objecte in der Median-Ebene liegen, sind die Wettstreitsmerkmale die einzigen. Beim gewöhnlichen Sehen wirken Erregbarkeitsmerkmale und Wettstreitsmerkmale im selben Sinne.

Vorläufig genügt es mir, hier die Existenz der Wettstreitsmerkmale — und, dass die eigenthümlichen Einrichtungen des Wettstreits bei der Unterscheidung der Eindrücke von Werth sind, — nachgewiesen zu haben. Die Verhältnisse des Wettstreits sind keine starren. Sie richten sich nach der habituellen Beachtung, die jedes Auge erfährt. Bei monocularer Amblyopie ist z. B. der Wettstreit zwischen geschlossenem und offenem Auge so verschoben, dass die Verdunkelung nur eintritt, wenn das geschlossene Auge das bessere ist, dann aber auch andauernd besteht.

Ich habe dies schon früher berichtet und nachträglich öfter dasselbe beobachtet. Wie Donders nachgewiesen, besteht auch bei monocularer Amblyopie noch in gewissem Grade stereoskopisches Sehen. In solchen Fällen müssen die Wettstreitsmerkmale jedenfalls verändert sein, sie können aber noch in anderer Form bestehen.

Die Orientirung würde sich also auf zwei Grundlagen aufbauen:

I. Auf Vergleichung der siegenden Empfindung mit der im Wettstreit unterliegenden, so dass die Kenntniss jedesmal gegeben, welche von beiden, die intensivere oder schwächere, bevorzugt wird. Wettstreitsmerkmal.

II. Auf Vergleichung der beiden auf ein Object zu beziehenden Doppelbilder nach ihrer Intensität u. s. w. Erregbarkeitsmerkmal.

Es ist zu betonen, dass zum Wirksamwerden

der Wettstreitsmerkmale nicht das Eintreten des Wettstreits nothwendig ist; dasselbe besteht vielmehr darin, dass der Eindruck des entgegengesetzten Auges einen verschiedenen Charakter trägt, weil er erst ein Hinderniss zu überwinden hat, gewissermaassen einen Schleier zu durchbrechen, ehe er zur Beachtung gelangt. Der Wettstreit würde eine gewisse Zeit erfordern, über welche wir bei der Schnelligkeit des Vorgangs nicht verfügen, deren wir aber auch nicht bedürfen. Der Verlauf des Wettstreits dient uns nur als Beweis für das Vorhandensein einer Verschiedenheit, und für die Bevorzugung des gleichseitigen Eindrucks. Um sich ohne weitere Vorbereitung zu orientiren, stellt man in grösserer Entfernung dem Gesicht gegenüber (bei F, Fig. 7) ein Licht auf und fixirt einen seitlich im Horopter gelegenen Punkt c. Schliesst man nun abwechselnd das rechte und linke Auge, so ist der Unterschied ein schlagender.

Bei Schluss des gleichseitigen linken Auges ist die Verdunkelung des Lichtes eine so bedeutende, dass dasselbe nur wie durch einen dichten Schleier hindurch sichtbar wird. Dieser Schleier ist das vom gleichseitigen Auge gesehene Dunkel, welches sich vor die vom entgegengesetzten Auge gesehenen Objecte schiebt. Selbst der mit dem Vorzug der Contouren ausgestattete Eindruck des entgegengesetzten Auges kann sich nur mühsam bemerklich machen.

Noch deutlicher fällt der obige Versuch aus, wenn man statt abwechselnd die Augen zu schliessen, das Licht bald dem einen, bald dem anderen Auge durch ein schmales ($1\frac{1}{2}$ " breites) Stück Pappe verdeckt. Dasselbe wird in ein bis zwei Fuss Entfernung von den Augen gehalten. Verdeckt man das Bild des entgegengesetzten Auges, so erzeugt man dadurch eine kaum merkbare Veränderung. Verdeckt man dagegen das Bild

des gleichseitigen Auges, so verschwindet das Licht in der Regel vollständig, und schimmert nur bisweilen ein wenig durch die Fläche der Pappe hindurch.

Endlich nehme man sich vor, das Stück Pappe, von der Seite her nach der Median-Ebene zu, überhaupt zwischen Licht und Augen zu bringen, so dass ersteres verdeckt wird, ohne speciell ein Auge zu berücksichtigen. Es wird dies nun fast immer so ausgeführt, dass man die Pappe zwischen Licht und gleichseitiges Auge hält; das Licht ist dem entgegengesetzten Auge stets sichtbar geblieben, und doch hat man dies nicht bemerkt, sondern war der Meinung, das Licht sei beiden Augen verdeckt worden. Dass dies nicht der Fall, vielmehr das entgegengesetzte Auge andauernd ein Bild von dem Licht erhielt, welches aber im Wettstreit gegen die vom gleichseitigen Auge gesehene Fläche der Pappe unterlag, davon überzeugt man sich erst nachträglich durch directes Hinblicken oder Schliessen des gleichseitigen Auges, oder nachdem man durch Uebung das Bild des entgegengesetzten Auges zu beachten gelernt hat. Dieser Versuch ist sehr frappant.

Gehen wir jetzt daran, zu zeigen, wie weit sich die Wirksamkeit des Wettstreitmerkmals erstreckt. Aus der Natur zweier Eindrücke A und B, Fig. 7, entnehmen wir, ob das Object sich bei M oder N befindet. Die zu entscheidende Frage gestaltet sich einfacher, wenn wir nur den einen Eindruck B ins Auge fassen, dahin: Können wir (und dies wäre zu erwarten) ohne Augenbewegung entscheiden, ob ein nur einem Auge sichtbares Bild B vom rechten oder linken Auge gesehen wird, d. h. ob dasselbe in der Richtung R B M oder L N V liegt.

Diese Frage habe ich mit dem oben beschriebenen, auf Fig. 4 abgebildeten Apparat zu beantworten gesucht.

Es wurde V fixirt, N und K gleich hell gemacht. Beide Augen erhielten also, wie von einem wirklichen Object bei M, objectiv gleich helle Bilder. Eine zweite Person verdeckte, vom Beobachter unbemerkt, bald N, bald K, und zog darauf schnell den Schirm SS vorbei. Der Beobachter hatte anzugeben, mit welchem Auge er M sah.

Es geschah dies nach einiger Uebung richtig (wie es schien): indem das (subjectiv) intensivere Bild auf das gleichseitige Auge bezogen wurde.

Beiläufig sei bemerkt, dass Lotze's Localzeichen hier keine Merkmale liefern würden, da in beiden Fällen eine binoculare, einem gleichen Winkel entsprechende Bewegungs-Intention ausgelöst wird. Dieselben könnten also keinesfalls die alleinigen Merkmale sein, welche die Psyche zur Auslegung der Aussenwelt benutzt.

Im Vorstehenden fungirt das Erregbarkeitsmerkmal (wenigstens hauptsächlich) als Kennzeichen. Nun könnte aber das eine Mal B von einem helleren N, das andere Mal von einem dunkleren M herrühren, so dass objectiv B verschieden hell wäre. Diese objective Verschiedenheit kann aber wiederum eine solche sein, dass dadurch der subjective Erregbarkeits-Unterschied gerade aufgehoben, dass also der Eindruck $L B V = R B M$ wird (Fig. 7). Hier ist das Erregbarkeitsmerkmal ausgeschaltet (ebenso wie die Localzeichen Lotze's).

Was nun? Wird auch jetzt noch zwischen den Eindrücken beider Augen unterschieden?

Den entsprechenden Versuch habe ich ebenfalls mit dem Apparat, Fig. 4, angestellt. Dieses Mal wurde N so viel dunkler gemacht, dass M beiden Augen, bei Fixation von V, subjectiv gleich hell erschien. Sonst blieb das Verfahren dasselbe.

Das Ergebniss dieser Versuche ist ein recht wunderbares. Ich erwartete auf obige Frage ein einfaches „Ja“

oder „Nein“. Dies war jedoch nicht die Antwort, welche ich erhielt. Die meisten Personen konnten anfänglich nur mit grosser Unsicherheit die verlangte Unterscheidung treffen. Die Mehrzahl gelangte überhaupt nicht zu einem sicheren Urtheil. Ich selbst bedurfte auch später noch der äussersten Anspannung der Aufmerksamkeit, und gelangte trotzdem nicht zu völliger Sicherheit. Andere Personen unterschieden dagegen mit der grössten Leichtigkeit unter den gleichen Verhältnissen. Selbstverständlich hatten alle Versuchspersonen guten binocularen Seh-Act. Das Fixationszeichen wurde stets, der Entfernung der Augen von einander entsprechend, sorgfältig eingestellt. Da dies genau nur vom Experimentirenden selbst geschehen konnte, so war die Anzahl von Personen, die zu den Versuchen tauglich waren, beschränkt.

Obgleich ich eine Wiederholung dieser Versuche in grösserer Menge als wünschenswerth, bezeichnen muss, so steht doch so viel fest, dass eine bedeutende individuelle Verschiedenheit existirt: die Mehrzahl, zu welcher ich gehöre, können mit Sicherheit unter den erwähnten Bedingungen das verlangte Urtheil nicht abgeben. Andere vermögen dies mit der grössten Leichtigkeit. In die Angaben der letzteren setzte ich Anfangs Misstrauen, da mir selbst das Gleiche trotz aller Mühe nicht gelang,— und liess die Versuche immer aufs Neue wiederholen, bis ich schliesslich jeden Zweifel fallen lassen musste.

Es scheint also, als wenn von den meisten Personen bewusst schwieriger geleistet werde, nämlich über die Zugehörigkeit eines einzelnen Halbbildes entschieden, was unbewusst ohne Zögern ausgeführt wird, da aus zwei solchen Bildern richtig auf die Lage, vorn oder hinten, eines in der Mittellinie befindlichen Objects, von denselben Personen geschlossen werden kann.

Die Grenze zwischen bewussten und unbewussten

Processen ist nun meines Erachtens keine scharfe. Ursprünglich bewusste können bei Wiederholung zu unbewussten werden, diese wieder zum Bewusstsein gelangen.

Ein Musiker prägt sich z. B. zuerst die Noten eines schwierigen Laufes mit Bewusstsein ein und spielt dieselben später geläufig vermöge einer unbewusst schnellen Uebertragung der gesehenen Note auf die spielenden Finger, ohne bewusste Kenntniss davon, welche Note gerade an der Reihe ist. Tritt zufällig eine Stockung in dem unbewussten Processe ein, und soll an dessen Stelle der bewusste einspringen, so ergiebt sich, dass von diesem das Gleiche nur langsam und mühsam reproducirt wird.

Die Fähigkeit, unbewusst gewordene Processe bewusst zu reproduciren, kann individuell verschieden sein. Dadurch würde die oben als wunderbar bezeichnete Verschiedenheit unter den Experimentirenden begreiflich werden.

Bei den Meisten versagt das Wettstreitsmerkmal, wenn die beim gewöhnlichen Sehen nicht in Frage kommende Entscheidung verlangt wird, in welchem Auge ein einzelner Eindruck liegt; während in dem der Praxis entsprechenden Falle zweier symmetrisch zum Fixationspunkt gelegener, auf ein Object zu beziehender, Bilder die Wettstreitsmerkmale ihre Schuldigkeit thun, und die Elemente zu der unbewussten Schlussfolgerung liefern: das Object liegt vor oder hinter dem Fixationspunkt.

Zum Theil wird vielleicht die Entscheidung, in welchem Auge der Eindruck sich befindet, bei denjenigen, welche dazu überhaupt fähig sind, auch dadurch ermöglicht, dass eine allgemeine Empfindung vorhanden ist, welches Auge erleuchtet wird. So ist auch das Gefühl der Personen, welche die Unterscheidung richtig treffen, beschaffen, wie dieselben mir versicherten.

Ein fixes, nicht zu verkennendes Local-

zeichen haftet dem Eindruck keinesfalls an. Denn:

1) die Mehrzahl der Versuchspersonen hat kein sicheres bewusstes Urtheil darüber, in welchem Auge der Eindruck liegt;

2) durch Umkehrung der Erregbarkeitsmerkmale lässt sich bei den meisten Personen die pseudoskopische statt der stereoskopischen Vorstellung von seitlichen Objecten erzeugen.

Hervorzuheben ist, dass die Person, welche am sichersten zu entscheiden wusste, in welchem Auge ein einzelner Eindruck empfunden wurde, zu denjenigen gehörte, bei welchen die unter 2 gedachte pseudoskopische Täuschung (Vers. S. 47, Fig. 4) regelmässig und mit grösster Deutlichkeit gelang.

Es ist dies wohl ein Beweis für die Vermuthung, dass bei Versuch, S. 84, nur die Beleuchtung des Auges gefühlt werde, nicht aber die gereizte Netzhautstelle bekannt sei.

Wenn es somit der Mehrzahl nicht möglich ist, bewusst, gestützt auf das Wettstreitsmerkmal, zu entscheiden, ob ein Eindruck auf nasaler oder temporaler Netzhaut liegt, so kann das Wettstreitsmerkmal doch die Grundlage des unbewussten Schlussverfahrens bilden, welches uns sagt, ob ein in zwei nasalen oder zwei temporalen Bildern erscheinender Gegenstand vor oder hinter dem Fixirpunkt liegt.

Ein fixes, nicht zu verkennendes Localzeichen, ähnlich dem, wodurch zwei auf derselben Netzhaut neben einander gelegene Eindrücke sich von einander unterscheiden, unterscheidet die Eindrücke identischer Stellen nicht von einander, besteht jenes doch nur darin, dass differente Stellen ihre Eindrücke an verschiedenen Horopterstellen zwangsweise und

unbewusst verlegen, während gerade das Umgekehrte von den identischen Stellen gilt.

Wir haben bisher schon öfter der Localzeichen der Netzhaut Erwähnung gethan, neben unseren Merkmalen, ohne der Verschiedenheit beider zu gedenken. Durch die Localzeichen beabsichtigte man auch die Localisation der Eindrücke neben einander in einer Ebene, — die Unterscheidung differenter Eindrücke auch der einzelnen Netzhaut von einander, — zu erklären, während mein Streben nur dahin geht, Merkzeichen zwischen den Bildern zweier correspondirender Punkte aufzufinden. Man könnte mir einwerfen, mein ganzes Bemühen sei nutzlos, da die zweite Frage nur einen Theil der ersten bilde, und mit Beantwortung dieser gelöst sei, aber auch nur mit dieser zusammen gelöst werden könne.

Ohne an die auch nach dieser Richtung hin beweisenden Versuche zu erinnern, lässt sich diesem Einwand gegenüber zunächst Folgendes bemerken: Es ist jedenfalls auch von vornherein nicht nothwendig, dass die beiden Fragen in unbedingter Abhängigkeit von einander stehen.

Wir nehmen nicht unsere Empfindungen wahr, sondern Erscheinungen ausser uns gelegener Gegenstände.

Die Eindrücke correspondirender Stellen werden aber auf einen Ort im Raum bezogen, und können mithin, wenn beide Beachtung erfahren, nur auf ein Object bezogen werden. Es ist daher etwas Verschiedenes, zu wissen, auf welchen ausserhalb gelegenen Ort ein Eindruck zu beziehen ist, und unterscheiden zu können, welcher von zwei denselben Aussenpunkt bedeutenden Eindrücken dem einen oder anderen Auge angehört.

Ich muss die Behauptung festhalten, dass kein Experiment Doppelsehen mit correspondirenden Punkten nachgewiesen hat. Ohne Annahme dieses Satzes, dass Doppelsehen mit identischen Punkten nicht vorkomme,

ist es unmöglich, den Wettstreit der Sehfelder in seiner Regelmässigkeit, namentlich aber die Entfernung der Doppelbilder von einander zu erklären. Die Anhänger der reinen empiristischen Theorie müssen sich einer Inconsequenz schuldig machen. Ich versuche dies in Folgendem darzulegen.

Das stereoskopische Sehen erfolgt nach ihrer Annahme durch Projection nach den Richtungslinien. Findet eine Localisation im Horopter nicht statt, so ist nicht abzusehen, wie überhaupt Doppelbilder gesehen werden sollen, und weshalb nicht vielmehr die Richtungslinien verlängert werden, bis sie sich im Gegenstande schneiden. Um sich aus dieser Schwierigkeit zu befreien, wird ad hoc das cyklopische Auge eingeführt, welche Einführung im vollkommenen Widerstreit mit dem Satze vom Sehen nach den Richtungslinien steht. Denn mit der Annahme des cyklopischen Auges wird auf das Schneiden der Richtungslinien verzichtet, welches für das stereoskopische Sehen entscheidend ist. Unmittelbar neben einander gestellt, würden die Sätze etwa so lauten: 1) Richtiges stereoskopisches Sehen kommt zu Stande, weil wir wissen, in welcher Richtung von jedem Auge aus der einzelne Eindruck zu projeciren ist, und 2) das Sehen von Doppelbildern erklärt sich daraus, weil wir nicht wissen, in welcher Richtung von jedem Auge aus der Eindruck zu projeciren ist.

Diese beiden Sätze vertragen sich nicht mit einander, ausserdem habe ich nachgewiesen, dass wir Doppelbilder nicht von einem cyklopischen Auge, sondern von jedem Auge aus projeciren. Beide seitlichen Projectionsbezirke haben den Fixationspunkt gemeinsam und gewinnen in diesem ihre gegenseitige Anlehnung und Verbindung. Nach aussen schliessen sich ohne Grenze unmittelbar die nicht gemeinsamen Gesichtsfeld-Abschnitte an. Dass diese ebenfalls vom Mittelpunkt eines gemein-

samen Auges projiciren sollten, musste eigentlich von vornherein unzulässig erscheinen, und doch hätte sonst zwischen ihnen und den dicht anliegenden gemeinsamen Parteeen ein principieller Unterschied bestanden. Es muss ein Grund vorhanden sein, weshalb die Richtungslinien nicht immer bis zum Gegenstande verlängert werden. Der Grund liegt darin, dass sie auf die Horopterwand treffen, welche durch die stets (auch wenn ein oder beide Augen geschlossen sind) vorhandenen Eindrücke der correspondirenden Stellen gebildet wird. Jedes Bild befindet sich an der Schneidestelle seiner Richtungslinie mit der correspondirenden. Ueber die Verhältnisse in den Fällen und an den Stellen, wo die Richtungslinien sich nicht schneiden, werden wir weiter unten sprechen.

Dagegen ist durchaus nicht nothwendig, dass der Gegenstand der Bilder in den Horopter verlegt wird, ebensowenig wie die Psyche gezwungen ist, in den Doppelbildern zwei Gegenstände zu sehen. Wir werden unten nachweisen, dass nur das eine Bild als Repräsentant des Gegenstandes anerkannt wird, und zwar nach bestimmten Regeln. Verschiedene Merkmale können uns bewegen, den Gegenstand an einer anderen Stelle als im Horopter zu vermuthen.

Das Nebeneinander der Doppelbilder ist bei einfacher Annahme der Projection nach den Richtungslinien ohne nothwendige Localisation im Horopter völlig un erklärbar. Wir haben uns weiter überzeugt, dass ein sicheres fixes Localzeichen, welches angiebt, welcher Netzhautstelle, in welchem Auge ein Eindruck angehört, nicht existirt, eine Empfindung der Sehrichtung also (von vornherein) nicht vorhanden sein kann. (Die Versuche meiner vorausgehenden Abhandlung lehrten aber, dass wir thatsächlich die Doppelbilder immer auf ein

Auge beziehen!? Wie dieser Widerspruch aufzulösen, werden wir sogleich zeigen.)

Der vorstehende Gedankengang bringt uns zu folgendem Resultat. Der erste Act des Sehens besteht darin, dass die Eindrücke ebenso wie auf anderen Sinnesgebieten, nicht am Orte ihres Entstehens gefühlt, sondern zwangsweise und durch unbewussten Process nach aussen versetzt werden, in flächenhafter, der Ausdehnung der Retinen entsprechender Anordnung, in der Weise, dass die Eindrücke identischer Stellen sich decken. Die Localisation ist ursprünglich unbestimmt, bis die Erfahrung lehrt, dass einfach gesehene Punkte jedesmal an bestimmten Stellen, im Horopter liegen. Die Lücken des Horopters, wo ein Schneiden der Richtungslinien nicht stattfindet, werden dann so ausgefüllt, dass die räumliche Anordnung der äusseren Retina des gleichseitigen Auges maassgebend ist. Zweiter Act: Ausnutzung der im Horopter vorhandenen Bilder zu einer richtigen Construction der Aussenwelt. Dieselbe erfolgt unbewusst, gestützt auf erworbene Kenntniss der Verschiedenheit correspondirender Eindrücke. Die Projectionsrichtungen sind gegeben, indem die Doppelbilder, unter Verwerthung der unterscheidenden Merkmale, je auf ein bestimmtes Auge bezogen werden. Als Merkmale dienen:

1) Das Wettstreitsmerkmal. (Allein thätig bei symmetrisch gelegenen Doppelbildern. Verschiebung des Wettstreits bei Amblyopie ist zu berücksichtigen.)

2) Das Erregbarkeitsmerkmal, und zwar die

a. Erregbarkeit,	} angehend.
b. räumliche Sehschärfe,	
c. Farben-Empfindung	

3) Accommodationsmerkmal.

4) Raddrehungsmerkmal.

Die beiden letzteren, welche nebensächlich sind, werden wir noch näher kennen lernen.

Jedes einzelne Merkmal ist bei verschiedenen Individuen in verschiedenem Grade wirksam. Als einen wesentlichen Grund, weshalb das Einfach- und Stereoskopisch-Sehen als ein zweiter Act betrachtet werden muss, werden wir unten noch den Umstand kennen lernen, dass Verschmelzen von Doppelbildern und Beziehen derselben auf ein Object ohne scharfe Grenze in einander übergehen.

6. Das Accommodationsmerkmal.

Dadurch, dass das Doppelbild des entgegengesetzten Auges in dem Wettstreit mit dem vom gleichseitigen Auge gesehenen Grunde meistens den Kürzeren zieht, ist die Hauptvorsorge getroffen, damit ein schädliches Doppelsehen vermieden werde. In der That liegt das Verhüten des Doppelsehens in dem Unterdrücken des Doppelbildes des entgegengesetzten Auges.

Da ja aber in einzelnen Fällen, wie wir oben sahen, durch das Dominiren der Contouren, der contourirte Eindruck des entgegengesetzten Auges auch einmal den uncoutourirten Eindruck des gleichseitigen Auges verdrängen kann (Doppelbilder einer Lampe oder eines glänzenden Gegenstandes vor einer gleichmässigen Wand), so wäre in diesen Fällen ein verwirrendes Doppelsehen möglich. Bei gekreuzten Doppelbildern wird allerdings das in diesem Falle excentrischere Bild des entgegengesetzten Auges dem des gleichseitigen gegenüber, welches dieses Mal nicht allein die höhere Erregbarkeit der nasalen Netzhaut für sich hat, sondern auch die centralere Lage, sich nicht geltend machen können. Bei gleichnamigen Doppelbildern indessen wäre es nicht undenkbar, dass die höhere Erregbarkeit, welche zu

Gunsten des gleichseitigen Auges in die Schranken tritt, durch bedeutend centralere Lage im entgegengesetzten Auge aufgehoben würde, und schliesslich doch das Doppelbild dieses Auges als das deutlichere und intensivere sich darstellte.

Aber auch unter diesen Umständen haften an dem Bilde des entgegengesetzten Auges eine Reihe von Merkmalen, welche es als das Trugbild kenntlich machen, in Folge deren der Laie es stets als das falsche bezeichnet.

Wenn man bei Fixation eines nahe (3 Zoll) gelegenen Punktes die gleichnamigen Doppelbilder eines entfernteren Gegenstandes beobachtet, wobei man, wie erwähnt, das häufige Verschwinden im Wettstreit desjenigen Bildes constatiren wird, welches dem entgegengesetzten Auge angehört, drängen sich noch mehrere hierhergehörende wichtige Erscheinungen auf.

Die erste ist folgende: Das centralere und trotzdem undeutlichere Doppelbild des entgegengesetzten Auges, — undeutlicher selbst dann, wenn es in der Nähe der Macula oder auf dieser selbst liegt, — erscheint kleiner, vom Hintergrunde losgelöst, gewissermaassen denaturalisirt und meist näher. Es macht in dieser Beziehung einen ähnlichen Eindruck, wie das Sammelbild, welches von zwei gleichen Gegenständen mittelst Kreuzung der Gesichtslinien vor denselben erzeugt ist, und darum im Kreuzungspunkte liegt. Man hat von vornherein den Eindruck, als beruhe wenigstens ein Theil der grösseren Undeutlichkeit dieses Bildes gegenüber dem des gleichseitigen Auges, von welchem wir gleich reden werden, auf der Accommodation für die Nähe, welche mit der Convergenz verknüpft ist, in Folge deren das Bild des ferner liegenden Gegenstandes nicht mehr scharf auf der Netzhaut entworfen wird. Das Be-

wusstsein des Accommodirens würde dann die Verkleinerung und das Näherlegen dieses Bildes bewirken. Auffällig ist nur, dass das gleichseitige Bild nichts hiervon zeigt. Es erscheint am Orte des Gegenstandes in richtiger Grösse und Farbe, und bleibt an demselben Orte, ohne sich zu bewegen, wenn man vom indirecten Beachten zur Fixation des Gegenstandes übergeht, wobei das andere Bild sich nach dem des gleichseitigen hinbewegt. Durch die Accommodation für die Nähe scheint dieses Bild gar nicht oder jedenfalls viel weniger beeinflusst zu werden, als das des entgegengesetzten Auges. Der Unterschied in dem Aussehen der Bilder ist ein so auffallender, dass man geneigt ist, anzunehmen, die Accommodation habe für die Peripherie nicht dieselbe dioptrische Wirkung, wie für das Centrum, und würden auch bei accommodirtem Auge auf den seitlichen Netzhautpartieen relativ scharfe Bilder von entfernteren Gegenständen entworfen. Diese Annahme erscheint nicht so ungereimt, wenn man bedenkt, dass die Accommodation für die Peripherie des Gesichtsfeldes in der That zwecklos wäre, da wir in der Nähe nur mit der Macula sehen.

Jedenfalls lässt sich das Central-Organ bezüglich des nasalen, aber excentrischeren Bildes nicht in ähnlicher Weise, wie bei dem temporalen, centraler gelegenen Bilde durch das Bewusstsein der Accommodation dahin beeinflussen, das Bild verkleinert in grössere Nähe zu verlegen.

Glaslinsen brechen bekanntlich schräg auffallende Strahlenbündel stärker. Ebenso thut dies die thierische Linse des Kaninchens, wie Landolt und Nuel, A. f. O., XIX, 1, nachgewiesen, und ist darum die hintere Brenn-

weite des thierischen Auges für schräg einfallende Strahlen kürzer.

Hermann (Gratulationsschrift für Herrn Professor Ludwig, S. 20) hat gezeigt, dass die thierische Linse vermöge ihrer verschieden brechenden Schichten von schräg einfallenden Strahlen weniger astigmatische Bilder liefern muss, als homogene Glaslinsen dies thun. Ob die thierische und menschliche Linse dadurch vollständig periskopisch geworden, darüber ist bis jetzt Nichts ermittelt.

Ich habe eine Reihe frischer thierischer Linsen darauf untersucht und Messungen an denselben angestellt. Es ergab sich, dass dieselben nicht völlig periskopisch waren, vielmehr von seitlichen Gegenständen deutlich astigmatische Bilder lieferten. Vom Vorhandensein der astigmatischen Brennlinien kann man sich mit blossem Auge überzeugen, indem man ein Blättchen Papier in die Nähe der Linse hält. Will man Messungen anstellen, so legt man die vorsichtig mit der Kapsel aus dem Auge genommene Linse auf ein kleines Diaphragma, so dass der Rand der Linse aufliegt, und stellt unterhalb seitlich eine Flamme auf. Der Tubus eines umlegbaren Mikroskops wird dann nach einander auf die I. und II. Brennlinie eingestellt. Der Tubus des von mir angewandten Mikroskops hat eine Verschiebung von 5 Mm., die Schraube macht dabei 12 Umdrehungen. Auf jede Umdrehung kommen somit 0,41 Mm. An 14 Linsen habe ich auch die Winkel des eintretenden und austretenden Strahlenbundes bestimmt. Das Diaphragma war um eine horizontale Axe drehbar und der Drehungswinkel an einem Quadranten abzulesen; ebenso gab ein an dem Objecttische des Mikroskops befestigter Quadrant den Neigungsgrad desselben an. Ich wählte einen Einfallswinkel mit der Axe von 60 Grad, und die mei-

sten Messungen sind wenigstens annähernd unter diesem Winkel angestellt. Da man sich aber von der wirklich horizontalen Lage des Linsen-Aequators nur durch das Augenmaass überzeugen kann, und überdies die Stelle, in welcher der Strahl in die Linse eintritt, sich nicht genau bestimmen lässt, mithin es unmöglich ist, immer eine gleich excentrische Eintrittsstelle zu wählen, so ist die Genauigkeit keine absolute.

Eintritts- winkel mit der Linsen-Axe λ Grade.	Austritts- winkel λ_1	Länge der Bildstrecke	I. Brennpunkt hinter der hinteren Linsenfläche
I. Schweinslinse.			
81	59	1,0	0,5
II. Schweinslinse.			
67	45	1,4	1,0
III. Schweinslinse.			
66	43	1,4	0,8
IV. Schweinslinse.			
66	43	1,4	1,0
V. Schweinslinse.			
66	43	1,4	0,8
VI. Kalbslinse.			
54	41	2,25	2,05
VII. Ochsenlinse.			
54	45	2,46	2,46
VIII. Ochsenlinse.			
54	45	2,46	2,25
IX. Ochsenlinse.			
52	45	3,28	2,05
X. Ochsenlinse.			
74	45	4,1	0,82
52	45	3,07	1,64
48	45	2,87	2,05

Eintritts- winkel mit der Linsen-Axe λ Grade.	Austritts- winkel λ_1 Grade.	Länge der Bildstrecke	I. Brennlinie hinter der hinteren Linsenfläche	Entfernung des Leucht- punktes von der Linse
---	---	-----------------------------	---	--

XI. und XII. Ochsenlinsen.

78	55	4,1	1,03	130 Cm.
75	60	4,91	0,41	130 "
75	60	5,33	0,0	86 "
73	45	2,46	1,84	130 "
70	60	4,51	0,41	65 "
70	60	4,31	0,0	65 "
68	50	4,51	0,41	130 "
60	60	3,69	0,41	65 "
58	45	2,87	1,23	130 "
57	47	2,46	2,05	86 "
55	50	2,46	2,05	86 "
55	40	2,05	3,28	86 "
54	52	3,28	1,64	65 "
53	40	2,05	2,81	130 "
42	42	2,05	3,69	65 "

XIII. und XIV. Ochsenlinsen.

79	60	3,69	0,82	305 "
74	60	2,87	1,64	305 "
69	50	3,69	1,21	305 "
54	40	1,64	3,28	305 "

Vergleichen wir die gefundenen Zahlen mit den von Hermann berechneten (S. 23, a. a. O.), so ergibt sich bezüglich des Schweins-Auges, dessen Constanten den von Hermann in die Rechnung aufgenommenen ungefähr entsprechen, eine ziemlich Uebereinstimmung.

Mittel aus den Beobachtungen an 5 Schweins-
linsen.

Hinter der hinteren Linsenfläche.		Länge der Bildstr.
I. Brennl.	II. Brennl.	
0,8	2,1	1,3

Hermann berechnet für die zusammengesetzte Linse:

Hinter der hinteren Linsenfläche.		Länge der
I. Brennl.	II. Brennl.	Bildstr.
1,06	1,977	0,912
für die homogene:		
0,9	2,6	1,7

Die von mir gefundenen Zahlen stehen also in der Mitte zwischen beiden. Man darf dabei aber nicht vergessen, dass Hermann's Berechnungen nur für die durch den optischen Mittelpunkt gehenden Strahlenbündel gültig sind. Diese Bedingung war bei meinen Untersuchungen meistens nicht erfüllbar.

Bedeutender ist die Abweichung bei den Ochsenlinsen. Nach Hermann's Formeln, Seite 16, 22 und 23, berechnet, wären für Ochsenlinsen folgende Zahlen zu erwarten. Wir setzen:

Brechungs-Index der Corticalis $m = 1,3$

„ des Kerns $\mu = 1,5$

Radius der ganzen als symmetrisch angenommenen Linse $r = 12$

Achsendicke der Linse $d = 12$

Radius des kugelförmig angenommenen

Kerns $\varrho = 6$

Einfallswinkel mit der Axe $\lambda = 60^\circ$

und nehmen an, dass das Strahlenbündel durch den optischen Mittelpunkt der Linse geht. Der Austrittswinkel mit der Axe ist in diesem Falle $= \lambda = 60^\circ$, die Winkel mit dem Loth ausserhalb der Linse $\varphi = 30^\circ$, die Winkel mit dem Loth innerhalb $\psi = 22^\circ$, die Weglänge des Strahls in der Linse $\delta = 15,2$ Mm. Der Werth $\zeta = \sqrt{m^2 - \sin^2 \varphi} - \cos \varphi$ wird $= 0,334$. Nach dieser Berechnung ergibt sich die Entfernung des centralen

Brennpunktes von der hinteren Linsenfläche = 11 Cm., was nach meinen Messungen an den Ochsenlinsen der Wirklichkeit genau entspricht.

Die erste Brennlinie fällt 3,4, die zweite 4,5 Mm. hinter die hintere Linsenfläche. Die Länge der Bildstrecke beträgt 1,1 Mm.

Ochsenlinse:			Schweinslinse:		
(25 Messungen.)					
I.B.-Linie	II.B.-Linie	Bildstr.	I.B.-Linie	II.B.-Linie	Bildstr.
Gefunden:					
1,5	4,6	3,1	0,8	2,1	1,3
Berechnet:					
für zusammengesetzte Linse:					
3,4	4,5	1,1	1,06	1,977	0,912
für homogene Linse:					
3,0	5,3	2,3	0,9	2,6	1,7

Die Grössen für die homogene Linse sind ebenfalls nach Hermann's Formeln mit den obigen Werthen berechnet. Die Abweichungen sind hier grösser, aber wieder in gleichem Sinne wie bei der Schweinslinse. Die Brennstrecke ist länger, als die Rechnung ergibt, und zwar, weil die erste Brennlinie der Hinterfläche der Linse näher zu liegen kommt.

Die Rechnung gilt, wie gesagt, nur für Strahlen, die durch den optischen Mittelpunkt gehen, während es sich bei den Versuchen vielfach um Randstrahlen handelte.

Die für Ochsen- und Schweinslinsen gefundene Lage der II. Brennlinie harmonirt sehr genau mit der Berechnung für die zusammengesetzte Linse, die Differenz beträgt nur 0,1 Mm. Dagegen liegt die I. Brennlinie um ein Bedeutendes der Hinterfläche der Linse näher, als sie nach der Berechnung liegen sollte. Die Differenz ist beim Schwein 0,26 Mm., beim Ochsen gar 2,0 Mm.

Beide Male ist die Entfernung von der Hinterfläche sogar kürzer, als sie bei der homogenen Linse sein würde.

Dies wird davon abhängen, dass zum grössten Theil bei den Versuchen nicht bloss durch das optische Centrum gehende Strahlen in Frage kamen, welche die Rechnung voraussetzt. Die von Hermann am Schlusse seiner Schrift ausgesprochene Vermuthung, dass der optische Bau des Auges auf vollständige Homocentricität schiefer Strahlenbündel berechnet sei, bewahrheitet sich nicht.

Bei schräg auffallenden Strahlenbündeln ist unter diesen Verhältnissen (Krystalllinse von Luft umgeben) die prismatische Ablenkung eine bedeutende. Die Grösse derselben ist verschieden bei gleichen Eintrittswinkeln. Diese Veränderlichkeit hat ihren Grund darin, dass die Eintrittsstelle des Strahlenbündels nicht genau bestimmt werden kann, und daher bald ein wenig näher oder ferner von der Axe der Linse liegt.

Der Leitstrahl des Bündels geht das eine Mal durch den optischen Mittelpunkt der Linse, und tritt das andere Mal am Scheitel oder in der Nähe desselben ein. Je nachdem muss die prismatische Ablenkung und auch die Brechung eine verschiedene sein. Sobald der Leitstrahl durch den optischen Mittelpunkt geht, wird die prismatische Ablenkung gleich Null.

Diese prismatische Ablenkung dürfte fortfallen, wenn sich die Linse im Auge befindet, dagegen wird die astigmatische Brechung der Linse keineswegs von der Natur der die Linse umgebenden Medien beeinflusst werden.

In der Mitte der Linse auffallende Strahlen liefern regelmässige, nicht astigmatische Bilder, wovon ich mich bei jeder Linse überzeuge.

Sehr deutlich konnte man das Ganze an den Ochsenlinsen sehen und mit einem Blättchen Papier demonstrieren, dass die nahe der Achse durchgehenden Strahlen

ein punktförmiges Bild erzeugen, und dass die Durchschnitte des Zerstreuungskegels Kreise sind, während diejenigen Strahlenbündel, welche unter grossem Winkel mit der Achse einfallen, die beiden weit von einander liegenden Brennnlinien bilden, und die Durchschnitte des Zerstreuungskörpers hier mehr weniger längliche Ellipsen darstellen.

Wir dürfen somit als festgestellt betrachten, dass beim thierischen Auge die Bildstrecke nicht, wie Hermann vermuthet, völlig eliminirt ist durch den Schichtenbau der Linse, sondern jedenfalls in der Grösse sich vorfindet, wie sie die Rechnung ergibt. Wahrscheinlich ist sie sogar noch grösser. Es gilt dies immer unterschiedslos für Rand- und Centralstrahlen zusammen. Die genaue Berechnung der astigmatischen Wirkung beim thierischen Auge ist nicht möglich. Um jedoch ein Bild davon zu geben, will ich die Rechnung ausführen, unter Annahme einer homogenen Linse von einem mittleren totalen Brechungs-Index. Die Versuche ergaben bei den thierischen Linsen, ohne einen Unterschied zu machen zwischen Rand- und Centralstrahlenbündel, eine mindestens ebenso lange Bildstrecke, als sie die nur für Centralstrahlen gültige Rechnung bezüglich homogener Linsen nachweist. Obige Annahme dürfte daher berechtigt sein.

Das Bild W, welches die Hornhaut von einem entfernten Gegenstande entwirft, befindet sich 30—31 Mm. hinter der Hinterwand derselben, somit 26 Mm. hinter der Vorderfläche der Linse. Diese sei auf die Ferne accommodirt. Ihre Brennweite beträgt dann im Glaskörper 44 Mm. (Matthiessen, Grundriss, S. 147, 148), die conjugirte Brennweite zum Bilde W finden wir:

$$f = 16,3.$$

An diesem Orte würde sich die Netzhaut befinden. Ist

die Linse im Zustande äusserster Accommodation, so ist ihre Brennweite = 33 Mm., also in diesem Falle:

$$f_1 = 14,6.$$

Parallele (vor der Hornhaut) Strahlen werden mithin 1,7 Mm. vor der Netzhaut vereinigt. Die Höhe des Zerstreuungskegels beträgt 1,7 Mm. Dies gilt für das directe Sehen. Die Berechnung für seitlich einfallende Bündel habe ich ebenfalls ausgeführt. Wir nehmen folgende Zahlen für nichtaccommodirte und für accommodirte Augen an:

	Ferne	Nähe
Achse der Linse	4,0	4,0
Vorderer Radius	10,0	5,5
Hinterer Radius	6,0	5,5
Brechungs-Index des Hum.		
aqueus u. Glaskörpers	1,34	1,34
Brechungs-I., total, d. Linse	1,45	1,45
λ	60°	60°
φ	43°	35°
ψ	39°	32°

Es ergeben sich folgende Werthe:

Nichtaccommodirt. (Auge) Linse:

I. Brennl.	II. Brennl.	Bildstr.
8,7	12,1	3,4

Accommodirt. (Auge) Linse:

6	8,2	2,2
---	-----	-----

Selbst in diesem Zustande äusserster Accommodation liegt die II. Brennnlinie nur 0,5 Mm. über dem Ort der I. Brennnlinie für das nichtaccommodirte Auge hinaus. Bei jedem geringeren Grade von Accommodation wird also die Bildstrecke mit derjenigen des accommodationslosen Auges theilweise zusammenfallen. Die Retina liegt an dieser Stelle, nach Messungen an zwei

menschlichen Augen kurz nach dem Tode, 9 bis 10 Mm. von der Hinterfläche der Linse ab, also in der Nähe der I. Brennpunktlinie des nichtaccommodirten Auges. Die II. Brennpunktlinie befindet sich ausserhalb des Auges.

Lassen wir die Accommodation allmählig an Stärke wachsen, so wird die Bildstrecke nach innen rücken, die Retina sich aber immer noch innerhalb derselben befinden; erst bei sehr starker Accommodations-Anspannung liegt die ganze Bildstrecke vor der Retina. Solange die Retina noch zwischen beiden Brennpunktlinien liegt, muss die Schärfe des Bildes im Wesentlichen dieselbe bleiben, und kann nicht sehr von derjenigen differiren, mit welcher der betreffende Gegenstand von dem für die Ferne eingerichteten Auge erblickt wurde.

Die Zahlen sind nach Hermann's Formel 15, 16 und 18 berechnet.

Nehmen wir nun an, die Netzhaut befinde sich wirklich innerhalb der Bildstrecke, so leuchtet ein, dass es für die Deutlichkeit der auf derselben entworfenen Bilder ziemlich belanglos ist, ob die Linse sich im Zustande der Accommodation oder der Ruhe befindet.

Ich getraue mich, die Behauptung aufrecht zu erhalten, dass diese Einrichtung der Zweckmässigkeit besser entspricht, als die, nach welcher bei Mangel der astigmatischen Brechung der Einfluss der Accommodation auf die Peripherie der gleiche wäre, wie für das Centrum. Die seitlichen Theile der Netzhäute würden sich gegen die Accommodation in ähnlicher Weise indifferent verhalten, wie ein astigmatisches Auge eine ganze Reihe verschiedener sphärischer Gläser ohne erhebliche Verbesserung oder Verschlechterung der Sehschärfe erträgt.

Für das Centrum der Netzhaut hat dagegen die Accommodation die Wirkung, dass das Bild des entfernten Gegenstandes in bedeutenden Zerstreuungskreisen

erscheint. Welche Abweichungen vom Originale dieselben zu Stande bringen, hat Bezold, A. f. O., XIX., 2. Abth., S. 1, ausgeführt. Es können unter gewissen Umständen ziemlich gut begrenzte, aber von dem Originale wesentlich abweichende Bilder entstehen. Da die Zerstreuungskreise für die verschiedenen Theile des Spectrums sehr ungleiche Grössen haben, so müssen die Zerstreuungsbilder verschieden gefärbte Theile zeigen.

Matthiessen sagt S. 163, Satz 3: „Ist das Auge auf den Nahepunkt accommodirt, so wird die Helligkeit des Zerstreuungskreises ein Minimum, wenn der leuchtende Punkt im Unendlichen liegt und ein Maximum, wenn derselbe in der Accommodations-Ebene liegt.“ Während dieser Satz für das centrale Sehen zutrifft, so leuchtet ein, dass er auf das excentrische Sehen keine Anwendung finden kann. Solange die Netzhaut innerhalb der Bildstrecke liegt, muss das Bild stets die gleiche Helligkeit zeigen. Nun verstehen wir, weshalb bei Convergenz und Accommodation das centralere Doppelbild eines entfernten Objectes im entgegengesetzten Auge so viel undeutlicher, so viel schattenhafter aussieht, als das peripherischere im gleichseitigen Auge. Nach dieser Seite wird mithin die Erwartung, welche man aus dem Vorhandensein der astigmatischen Brechung herzuleiten hat, entschieden bestätigt. Da die eben ausgeführte Rechnung aber nur eine ungefähre sein konnte, so wäre es wünschenswerth, ausserdem durch subjective Untersuchung den Grad des Astigmatismus und die Lage der Netzhaut bezüglich der Brennpunkte für accommodirtes und accommodationsloses Auge zu ermitteln.

Hierüber Versuche anzustellen, musste ich mir für die Zukunft vorbehalten, da meine Augen anfangen empfindlich zu werden gegen Accommodations- und Convergenzversuche, welcher Umstand mich auch in Bezug anderer Versuche hinderte.

Wenn wirklich die Netzhaut während der Ruhestellung in der Nähe der I. Brennlinie liegt, so wäre zu erwarten, dass mit ruhendem Auge besser entfernte senkrechte Linien, mit accommodirtem Auge besser entfernte horizontale erkannt würden, unter gleichem Excentricitätswinkel mit der Gesichtslinie. Nur so viel kann ich über von zwei anderen Personen (ein Emmetrop, ein Myop von $\frac{1}{36}$) angestellte Versuche berichten, dass dieselben seitlich gelegene entfernte Gegenstände monocular mindestens ebenso gut mit accommodirten, als für die Ferne eingestellten Augen sahen. Ein Resultat, welches schon die Indifferenz der peripheren Retina gegenüber der Accommodation zu beweisen, geeignet ist.

Das Vorstehende erinnert an die Accommodations-theorie von Sturm für das centrale Sehen (Helmholtz, Phys. Optik, S. 118, Donders, Refr. u. A., S. 382 und 395). Wie an den angeführten Stellen schon bemerkt, bedarf diese Theorie nicht mehr der Widerlegung. Es liefert die am normalen Auge vorkommende Meridian-Asymmetrie der Hornhaut keine genügende Unterlagen für diese Theorie, die Bildstrecke ist nicht so lang, wie Sturm voraussetzt. Dagegen sehen wir schräg eintretende Strahlenbündel beim Durchgang durch die Linse eine beträchtliche astigmatische Brechung erleiden, und ist die Länge der Bildstrecke eine sehr bedeutende. In der That wird durch die astigmatische Brechung die Wirkung der Accommodation für das excentrische Sehen mehr oder weniger paralysirt. Sie wäre übrigens für dasselbe auch ohne Nutzen, da die räumliche Sehschärfe der Netzhautperipherie eine sehr geringe ist.

Es ist hervorzuheben (vergl. oben S. 89), dass die Doppelbilder thatsächlich im Horopter localisirt sind,

wenn nicht unten zu erwähnende Momente modificirend einwirken. Aus dem ersten Theile meiner Arbeit (A. f. O., XXII, 4) geht hervor, dass wir beim Zeigen auf einen nicht im Horopter befindlichen Gegenstand den Finger in die Richtung des gleichseitigen Auges bringen. Wir haben auch schon zum Theil erfahren, durch welche Merkmale sich das Bild des gleichseitigen Auges von dem des entgegengesetzten unterscheidet. Der in Fig. 4 versinnlichte Versuch hat dann gezeigt, dass, wenn es gelingt, diese Unterschiede der beiden Bilder wenigstens theilweise objectiv umzukehren, es auch glückt, eine Täuschung über die Zugehörigkeit der Doppelbilder hervorzurufen, indem das dem entgegengesetzten angehörige, aber künstlich intensiver gemachte Bild auf das gleichseitige Auge bezogen wird.

Bei diesem Versuch kann man sich nun auch davon überzeugen, dass die Doppelbilder im Horopter liegen. Zeigt man nämlich schnell nach dem helleren, aber dem entgegengesetzten Auge angehörigen Doppelbilde λ_1 , so fährt man mit dem Finger in die Richtung $R\lambda_1$ vor das gleichseitige Auge. Das Bild λ_1 liegt am Schnittpunkte der beiden identischen Sehrichtungen, obgleich es nur von einem, und zwar vom entgegengesetzten Auge gesehen wird. Darum brauchen die Gegenstände jedoch nicht im Horopter zu erscheinen. Ihre Bilder befinden sich allerdings in der Horopterfläche, so wie sich die Bäume und Kirchthürme einer Landschaft sämmtlich auf der Leinwand des Malers befinden. Durch Perspective und Luftfärbung erscheinen sie aber in verschiedener Entfernung. Ebenso werden auch die monocular gesehenen Doppelbilder aus dem Horopter in geringere oder grössere Distanz verlegt, je nach dem Einfluss, welchen die Accommodation und aus anderen Quellen geschöpfte Belehrungen über den Sachverhalt, ausüben.

Wenn nun bei Convergenz der Gesichtslinien die Accommodation das centralere Doppelbild des entgegengesetzten Auges von einem entfernten Gegenstande verschieden vom Original erscheinen lässt und überhaupt viel bedeutender beeinflusst, als das periphere des gleichseitigen Auges, so kann es nicht Wunder nehmen, dass mit dem Versagen dieses wirksamsten Momentes für die richtige, der Wirklichkeit entsprechende Localisirung der Doppelbilder, das centrale Doppelbild nicht mehr über den Horopter hinaus an den Ort des Gegenstandes projicirt wird, sondern nun an seinem Platze im Horopter erscheint.

Die Verkleinerung ist ebenfalls ein Beweis dafür, dass das Doppelbild wirklich im Horopterkreise liegt, und keine Veranlassung gegeben ist, dasselbe über den Kreis hinaus zu projiciren, denn durch die Accommodation an und für sich kann eine Verkleinerung nicht erzeugt werden, da bei derselben der hintere Knotenpunkt weiter nach vorn rückt, der Gesichtswinkel somit grösser wird. Man hätte also eher eine Vergrösserung des centraleren Bildes zu erwarten.

Die Verkleinerung von Doppelbildern in Folge von Accommodation und Convergenz macht sich in ganz gleicher Weise bei Nachbildern geltend. Wenn man sich Nachbilder (Doppelbilder) von einer Flamme erzeugt hat und nun mit geschlossenen Augen bald in die Ferne blickt, bald auf einen nahen Punkt convergirt, so verkleinern sich bei letzterem Verfahren die Bilder sowohl, wie die Entfernung derselben von einander sehr bedeutend. Da diese Verkleinerung nicht Accommodationswirkung sein kann, so wird dadurch die Existenz der Horopterwand dargethan, über welche hinaus die Doppelbilder nicht projicirt werden können.

Ueber die Natur dieser Wand an den Stellen, wo ein Schnittpunkt der Richtungslinien nicht existirt, werden wir unten handeln.

7. Das Raddrehungsmerkmal.

Der zweite Punkt, welchen ich für eine wichtige Bestätigung meiner Anschauung halte, ist folgender:

Etwaige Raddrehungen, welche Doppelbilder zeigen, werden in ihrem ganzen Betrage nur auf das Doppelbild des entgegengesetzten Auges bezogen.

Fixirt man einen nahen Punkt mit erhobener oder gesenkter Blick-Ebene, und achtet dabei wiederum auf die Doppelbilder eines entfernteren Gegenstandes, etwa einer Snellen'schen Schrifttafel oder einer Lampe, so erscheint nur das centralere Doppelbild des entgegengesetzten Auges gedreht, das des gleichseitigen bleibt senkrecht und entspricht genau in Gestalt und Lage dem Gegenstande, wie man sich überzeugt, wenn man vom indirecten Sehen zur Fixation übergeht. Es erscheint dies als nothwendige Folgerung des aufgestellten Satzes, dass die gleichseitigen Bilder mehr beachtet und vorzüglich zur Orientirung benutzt werden, — zugleich aber auch als ein werthvoller Beweis der Richtigkeit desselben.

Wie ich oben auseinandergesetzt habe, wird das Gesamtgesichtsfeld zunächst gebildet aus den Eindrücken der nasalen Netzhauthälfte, die Eindrücke der identischen Stellen auf den temporalen Seiten aber nur da verwerthet, wo sie nicht collidiren; — wo sie nicht mit den identischen Eindrücken der maassgebenden nasalen Hälfte im Horopter vereinigt werden können, werden sie durch den Wettstreit der Sehfelder unterdrückt. So auch hier. Das nasale Bild gilt als das dem wirklichen Gegenstande entsprechende, und hat die

richtige Lage und Stellung, das temporale Bild muss daher um den ganzen Betrag der Raddrehung gegen dasselbe oder, genauer, gegen den von der nasalen Netzhaut des gleichseitigen Auges gesehenen Grund verschoben erscheinen. Diese Drehung wird dann ihrerseits wiederum zum Erkennungsmerkmal des falschen Bildes.

8. Doppelbilder und Tastsinn.

Ich habe noch einen eigenthümlichen Beweis dafür beizubringen, dass das Bild des gleichseitigen Auges als das der Wirklichkeit entsprechende betrachtet wird. Derselbe schliesst sich an die in meinem vorigen Aufsatz mitgetheilten Versuche an. Man fasse mit einer Hand irgend einen Gegenstand fest an, z. B. einen Fensterknauf, eine Thürklinke oder einen auf dem Tisch stehenden Leuchter u. dergl., und convergire auf den in 4" Entfernung gehaltenen Finger in der Weise, dass man von dem Arm und dem Fensterknauf gleichnamige auf einer Seite der Median-Ebene gelegene Doppelbilder sieht. Nun übe man mit der Hand einen Druck auf den Fensterknauf aus, ohne eine sichtbare Bewegung zu machen, und gebe sich Rechenschaft darüber, wo der Gegendruck gefühlt wird. Man hat dann das deutliche Gefühl, und nicht eingeweihte Personen geben stets dasselbe an, dass der Gegendruck des Knaufs am Orte des Bildes des gleichseitigen Auges empfunden wird.

Ich habe diesen Versuch von neun Personen wiederholen lassen. Acht davon fühlten den Gegenstand am Orte des gleichseitigen Doppelbildes. Eine konnte nicht zur Entscheidung kommen (es wollte derselben überhaupt nicht gelingen, die Doppelbilder zu sehen). Die Acht bezeichneten dies Gefühl als ein so deutliches, dass man darüber gar nicht im Zweifel sein könne. Mehrere bemerkten auch, ohne darauf aufmerksam ge-

macht zu sein, was ich oben schon mitgetheilt habe, dass das Doppelbild des entgegengesetzten Auges viel kleiner sei. Einer bemerkte das Doppelbild des entgegengesetzten Auges erst nach längerem Bemühen. Mehrere sahen zwar das Doppelbild, dem entgegengesetzten Auge angehörig, von dem glänzenden Leuchter, die denselben haltende Hand jedoch nicht, weil der Eindruck derselben nicht intensiv genug war, um im Wettstreit zu siegen; jenes erschien ihnen daher unabhängig von ihrem Körper (vergl. oben).

Alles dies tritt ein, selbst wenn der Gegenstand sich in der Verlängerung der Gesichtslinie des entgegengesetzten Auges befindet; das betreffende Doppelbild also auf der Macula desselben liegt.

Von dem in der Hand gehaltenen Gegenstande (Leuchter) erhält die Psyche drei Eindrücke. 1) Den Tast-Eindruck der Hand. 2) Den Eindruck des gleichseitigen, 3) den des entgegengesetzten Auges. Diese drei Eindrücke könnten nun entweder jeder an einen besonderen Ort verlegt, oder es könnten einzelne an demselben Orte empfunden, d. h. verschmolzen werden. Die Eindrücke der beiden Augen werden nun an verschiedene Orte verlegt. Die Frage, ob der Tast-Eindruck mit einem der Augen-Eindrücke am selben Orte wahrgenommen wird, und wenn dies der Fall, mit welchem, entscheidet der mitgetheilte Versuch im Einklange mit der ganzen von mir entwickelten Anschauung dahin, dass der Tast-Eindruck mit dem Bilde des gleichseitigen Auges verschmolzen und an denselben Ort versetzt wird.

9. Das stereoskopische Sehen.

Dasselbe beruht auf Einfachsehen mit disparaten Stellen. Eine Bedingung, welche erfüllt sein muss, damit das Einfachsehen mit disparaten Stellen eintreten kann, haben wir oben kennen gelernt, nämlich die, dass mit

dem Bilde des entgegengesetzten Auges im gleichseitigen Auge nur gleichmässiger Grund in Wettstreit gerathen darf, weil nur unter Beihülfe der Contouren der Eindruck im entgegengesetzten Auge den an sich intensiveren identischen des gleichseitigen Auges überwinden kann.

Aber auch so erfolgt das stereoskopische Sehen nicht unter allen Umständen. Die Disparität der Punkte darf eine gewisse Grenze nicht überschreiten. Dies ist die Bedeutung des Panum'schen Satzes von den correspondirenden Empfindungskreisen.

Panum sagt: „Jedem Punkte einer Netzhaut entspricht eine Anzahl von Punkten im anderen Auge, welche sich um den identischen Punkt gruppieren. Mit jedem Punkte dieses correspondirenden Empfindungskreises kann der Punkt des ersten Auges unter Entwicklung von Tiefengefühl stereoskopisch verschmelzen.“

Diese Tiefe wird empfunden, indem die Synergie eines Punktes a der einen Netzhaut mit einem jeden der innerhalb des ihm correspondirenden Empfindungskreises, mit $\alpha, \beta, \gamma, \delta$, eine specifisch verschiedene ist und eine verschiedene Tiefe erkennen lässt.

Der „correspondirende Empfindungskreis“ ist nichts weiter, als der Ausdruck der Thatsache, dass das stereoskopische Verschmelzen nicht mehr erfolgt, wenn die Entfernung des nichtidentischen vom identischen Punkt ein gewisses Maass überschreitet.

Fällt das Bild ausserhalb des correspondirenden Empfindungskreises, so tritt keine Vereinigung mehr ein, es erscheinen Doppelbilder des betreffenden Objectes. Diese Doppelbilder werden aber auch noch stereoskopisch verwerthet und auch unter Umständen auf ein Object bezogen. Solches lehrt der oben mitgetheilte Versuch, Fig. 4, wo ein Funke fixirt wird und über die Lage eines anderen, bald einfach, bald

in Doppelbildern erscheinenden Funkens geurtheilt wird. Anfangs werden die Doppelbilder von Vielen nicht bemerkt. Die Lage des Funkens aber, ob vor oder hinter dem festen Funken, wird stets richtig beurtheilt. Nach einer Anzahl von Versuchen kommt das Vorhandensein von zwei Doppelbildern öfter zum Bewusstsein, aber auch dann werden dieselben auf einen Funken bezogen und zur Beurtheilung der Lage desselben richtig benutzt, wie wir oben gesehen haben.

Diese Beziehung zweier Doppelbilder auf ein Object, und die Benutzung derselben zur richtigen Beurtheilung der Lage dieses Objectes, muss man wohl als psychischen, wenn auch unbewussten Act ansehen.

Der Uebergang vom Beziehen der Doppelbilder auf einen Gegenstand bis zum wirklichen Verschmelzen scheint ein ganz allmäliger zu sein. Ausserdem sind die Grenzen, innerhalb welcher disparate Eindrücke noch mit einander verschmolzen werden, individuell sehr verschieden und hängen auch noch von der grösseren oder geringeren Wahrscheinlichkeit der dadurch erzielten körperlichen Vorstellung ab, also psychischen Momenten. Es scheint mir daher auch der stereoskopische Verschmelzungsprocess mit grosser Wahrscheinlichkeit als ein psychischer betrachtet werden zu müssen. Mein Hauptgrund ist der Mangel einer scharfen Grenze zwischen dem Beziehen der Doppelbilder auf einen Gegenstand und dem wirklichen Verschmelzen. Dazu kommt als zweiter Grund, dass unsere Kenntniss von den Richtungslinien keine unmittelbare, sondern eine mittelbar erworbene ist. Damit würden wir an den Grenzen physiologischen Erkennens angelangt sein.

Durch den Nachweis der Verschiedenheit der Eindrücke identischer Stellen, welche nothwendig war, wenn wir nicht Verschiedenheit der Vorstellungen bei Gleichheit der directen Empfindungen und damit schon an

dieser Stelle Einwirkung der Psyche annehmen wollten, und durch den Nachweis, dass der Wettstreit der Sehfelder nicht psychischem Einflusse unterliegt, sondern nach nothwendigen Regeln eintritt und sich entscheidet, ist es mir, glaube ich, gelungen, das Gebiet des rein Sensualen zu erweitern, und den Punkt, wo wir das Eingreifen der Psyche in Anspruch nehmen müssen, weiter hinauszuschieben.

Wir können wohl die Bedingungen feststellen, unter welchen ein Verschmelzen durch solche psychische Thätigkeit zu Stande kommt, eine wirkliche Erklärung dürfte davon unmöglich sein.

Dazu bestimmte Hypothesen können Nichts weiter geben, als eine Umschreibung der Thatsachen. Etwas Anderes kann und will wohl auch die oben, S. 110, angeführte Panum'sche Erklärung nicht sein.

Am weitesten kommt man vielleicht, wenn man sich an Analogien hält; doch will ich auf solche hier nicht näher eingehen.

Es erscheint nicht mehr auffällig, dass die Tast-Empfindungen mit einfach gesehenen Gegenständen an einem Orte verschmolzen werden, weil wir zu wissen glauben, dass das Kind allmählig lernt, die verschiedenen Symbole des Tast- und Gefühlssinnes auf einen Gegenstand zu beziehen.

Auffälliger ist dagegen, dass der Tast-Eindruck auch mit einem der Doppelbilder an einem Orte verschmolzen wird, und zwar nur mit einem, und regelmässig mit demselben.

Der eben besprochene Vorgang zeigt wieder, dass durch das blosse Vorhandensein der Bilder noch nicht die endgültige Auslegung gegeben ist, sondern, dass erst, allerdings nach bestimmten Regeln, durch Auswahl unter den Bildern über die Aussenwelt geurtheilt wird. Die richtige Auffassung kommt, wie ich schon S. 90 aus-

gesprochen habe, durch einen zweiten Act zu Stande, in welchem über die im ersten Acte durch die Sinne ausser uns gegebenen (im Horopter localisirten) und mit verschiedenen Merkmalen ausgestatteten Bilder (wenn auch nicht willkürlich) disponirt wird.

10. Die Empfindungs-Einheiten der Netzhaut.

Nach Volkmann, S. 104, wäre der Sehnerv nicht im Stande, so viele, auch der dünnsten vorkommenden Nervenfasern zu fassen, als für die Menge different empfindender Netzhautpunkte nothwendig sind. Dies wäre in der That der Fall, wenn die separat empfindenden Stellen in der Peripherie der Netzhaut dieselbe Kleinheit des Querschnitts besässen, wie die der Macula und zumal der Fovea. In Wirklichkeit übertreffen ja aber die empfindenden Einheiten der Peripherie an Durchmesser diejenigen des Centrums ganz bedeutend. Es handelt sich dabei nicht etwa nur um das Doppelte oder Dreifache, sondern um das Fünfzig- bis Hundertfache. Man ist also nicht genöthigt, anzunehmen, dass sich eine Nervenfaser in Zweige spalte, deren jeder eine gesonderte Empfindung zu erwecken im Stande ist. Ebenso wie die separat empfindenden Einheiten überhaupt in der Peripherie sehr viel grösser sind, ebenso werden es auch diejenigen sein, welche das Central-Organ als identisch in Hinsicht des Ortes im Raum betrachtet. Die Resultate Schöler's würden mithin der Identität der Netzhäute in diesem Sinne nicht widersprechen.

Das Mosaik der Stäbchen und Zapfen ist auf der Netzhaut, mit Ausnahme des nächsten Gebietes an der Ora serrata ein gleich dichtes. Wäre jedes einzelne Stäbchen in der Peripherie selbstständiger Träger einer gesonderten Empfindung, wie dies unzweifelhaft von den Zapfen der Macula gilt, so müssten in der Peripherie

nothwendig ebenso feine Distanzen erkannt werden, wie im Centrum, die excentrische räumliche Sehschärfe müsste ebenso hoch sein, wie die centrale. Das ist nun im Entferntesten nicht so, und schon dadurch wird die Annahme der Vereinigung einer grösseren Zahl von Stäbchen zu einer Empfindungs-Einheit dringend gefordert.

In der Macula würde also, dem feinen Unterscheidungsvermögen gemäss, jeder einzelne Zapfen eine gesonderte Empfindungs-Einheit darstellen und eine isolirte Leitung zur gegenüberliegenden Grosshirnhemisphäre besitzen. Je weiter nach der Peripherie zu, eine desto grössere Anzahl Stäbchen würde zu Empfindungseinheiten von um so grösserem Querschnitt zusammen treten und eine gesonderte Leitungsfaser erst auf diese grössere Stäbchenzahl entfallen. Jede Empfindungseinheit besitzt eine correspondirende im anderen Auge. Das Gesichtsfeld wird mosaikartig empfunden, doch sind die Steine, welche dasselbe bilden, von sehr verschiedener Grösse, im Centrum sehr klein, in der Peripherie bedeutend grösser.

Vergleicht man die Eindrücke eines einmal central, dann excentrisch gesehenen Lichtes, z. B. einer Strassenlaterne, mit einander, so erscheint der peripherische grösser und verwaschener, der centrale kleiner und schärfer. Es schreibt sich daher zum Theil die von Verschiedenen aufgestellte Meinung, der periphere Eindruck sei heller, — in Wirklichkeit ist er nur ausgehnter.

Die Analogie zwischen Haut und Retina dürfte in mancher Beziehung eine weitgehende sein, namentlich auch die verschiedene Grösse der Empfindungseinheiten angehend, von denen hier die Sehschärfe, dort die Grösse der Empfindungskreise abhängt. Die Panum'schen correspondirenden Empfindungskreise sind etwas Ver-

schiedenes. Die einzelnen Elemente dieser letzteren sind sich nämlich als von einander getrennte und verschiedene Einheiten bewusst, während die von mir angenommenen Empfindungs-Einheiten wirkliche Einheiten ohne differencirte Theile sind.

Panum's Lehre will sagen, dass mit einem Punkte des einen Auges nicht nur der identische des anderen Auges, sondern auch einer von denjenigen Punkten verschmelzen kann, welche den identischen innerhalb eines bestimmten Umkreises umgeben. Dabei kommt stereoskopische Vorstellung und Empfindung der Tiefe zum Vorschein. Nach dieser Hypothese muss jedes Stäbchen einer ganzen Zahl von Empfindungskreisen angehören. Ausserdem hat aber jedes Stäbchen noch das Bewusstsein der Sonder-Empfindung gegenüber seinem Nachbar. Es ist nicht gleichgültig für die resultirende Empfindung, ob der Reiz das eine oder das andere trifft. Die Panum'schen Kreise erstrecken sich über die ganze Netzhaut.

Dagegen sind die Empfindungs-Einheiten meiner Theorie vollständige Einheiten. Im Centrum der Netzhaut haben sie einen kleineren, in der Peripherie einen grösseren Durchmesser. Nur in den excentrischen Theilen umfassen sie eine grössere Anzahl von Stäbchen. Diese gehen vollständig in der Einheit auf, gehören nur dieser einen Einheit an, und es ist gleichgültig, welches Stäbchen einer Empfindungs-Einheit den Reiz empfängt. Uebrigens haben auch die Panum'schen Kreise einen anderen Zweck, da sie das stereoskopische Sehen erklären sollen, wenn auch nur, indem dadurch ein prägnanter Ausdruck der Thatsachen ermöglicht wird.

Die Lehre vom Horopter wird durch die Empfindungs-Einheiten von grösserem Durchmesser in ähnlicher Weise (wenigstens für die Peripherie des Gesichtsfeldes) alterirt werden, wie dies durch Panum's correspon-

dirende Empfindungskreise geschehen musste (a. a. O., S. 62). Da die Empfindungs-Einheiten nicht mehr Punkte im mathematischen Sinne sind, so kann auch der mathematische Horopter nicht mehr als der Ausdruck angesehen werden, aller auf identischen Stellen beider Augen sich abbildender Raumpunkte. Es können auch solche nicht im mathematischen Horopter liegende Punkte sich auf identischen Empfindungs-Einheiten abbilden, deren Abweichung vom Horopter einen gewissen Spielraum nicht überschreitet. Des letzteren Grösse hängt wieder vom Querschnitt der Empfindungs-Einheiten ab.

Der Spielraum gestatteter Abweichung wird mithin nach der Peripherie des Gesichtsfeldes zu grösser, ebenso wie der Querschnitt der Empfindungs-Einheiten mit der Entfernung von der Macula an Grösse zunimmt. Indem der mathematische Punkt zur räumlich ausgedehnten Empfindungs-Einheit wird, verwandelt sich die mathematische Richtungslinie naturgemäss in einen Richtungs-Cylinder oder -Kegel, wenigstens für die peripheren Theile der Netzhaut. Für die Macula bleibt wegen der Feinheit der Empfindungs-Einheiten an dieser Stelle die Richtungslinie der passendste Ausdruck.

Es ist zu beachten, dass die Kenntniss der Richtung erst mittelbar erworben ist, unmittelbar gegeben sind die Bilder, welche den Horopter mosaikartig zusammensetzen.

Oben habe ich die theoretische Frage aufgeworfen, wo identische Stellen das Sammelbild zweier gleicher Halbbilder localisiren, wenn die Augen sich in einer solchen (Tertiär-) Stellung befinden, dass sich die Richtungslinien dieser identischen Stellen nirgends schneiden. Bei den zur Entscheidung dieser theoretisch interessanten Frage angestellten Versuchen ergab sich soviel mit Sicherheit, dass das Bild immer einfach erscheint und auf der Richtungslinie des gleichseitigen Auges liegt.

In welcher Entfernung das Sammelbild localisirt wird, ist genau nicht zu eruiren.

Da es sich nach Vorstehendem für die Peripherie nun nicht mehr um linienhafte, sondern um körperliche Richtungs-Elemente handelt, so wäre es nicht unmöglich, dass eine Berührung dieser Richtungskörper stattfände auch bei solchen Augenstellungen, die die Existenz eines mathematischen Horopters für die betreffenden identischen Stellen ausschliessen. Während im Allgemeinen der Richtungskörper des gleichseitigen Auges maassgebend ist, wäre für den Ort auf diesem Richtungskörper die Berührung mit dem Richtungskörper des entgegengesetzten Auges vielleicht bestimmend.

11. Die identischen Defecte bei Laesion einer Grosshirnhemisphäre und das Chiasma.

Als sehr wichtig für die Frage von der Identität der Netzhäute betrachte ich die identischen Defecte, welche sich bei Hirnstörungen finden. Sie treten meistens als gleichnamige Hemiopieen, seltener als Scotome auf. Beide kommen sowohl bleibend, als vorübergehend vor. Auf letztere hat zuerst Foerster hingewiesen (Klin. M., 1869, S. 426). Er nennt sie Amaurosis partialis fugax und sucht die Ursache im Gehirn. Die Identität wird besonders von ihm hervorgehoben. Anführen möchte ich hier die Worte: „— und an dem Auge, wo die äussere Hälfte (des Gesichtsfeldes) befallen wird, ist die Erscheinung immer am auffallendsten.“ Weshalb dies so sein muss, ergibt sich aus dem von mir gelieferten Nachweis, dass die Eindrücke der inneren Netzhauthälfte immer die intensiveren sind, und kann andererseits die Thatsache wiederum als Bestätigung meines Satzes angesehen werden. Verständlich wird dadurch die Meinung, die Erscheinung betreffe öfter nur ein Auge.

Dass bei den bleibenden Formen der Defect auf beiden Augen genau denselben Gesichtsfeld-Abschnitt beschlägt, darauf habe ich zuerst mit Nachdruck hingewiesen (die Lehre vom Gesichtsfeld, S. 56 u. f.; die Verwerth. der Augen-Affect., Arch. f. Heilkunde, XVI, S. 18; Klin. Monatsbl. f. A., 1875, S. 232, wo das Nähere.

Ich habe diese identischen Defecte als Folge einer Laesion des Hirncentrums oder der von ihm ausgehenden Fasern aufgefasst, namentlich wegen der in Verbindung mit dieser Hemipieform vorkommenden Gruppe anderer Symptome, als Aphasie, Hemiplegie und Hemianaesthesiae, welche, wie die Hemipie, in bleibender oder vorübergehender Form auftreten können.

Gerade so wie die übrigen eben aufgezählten Symptome, würde auch die Hemipie auf die gegenüberliegende Hemisphäre als Sitz der Laesion hinweisen.

Die Defecte müssen identisch sein, nicht über die Mittellinie hinausgehen und die Eigenschaften einer Partial-Atrophie besitzen, d. h. in dem erhaltenen Gesichtsfeldgebiete muss die Erregbarkeit überall die normale sein und schon dicht an der Grenze des Defectes die normale Höhe derselben herrschen. Am besten lässt sich die Erregbarkeit der peripheren Netzhaut mit den Farbengrenzen ausmessen, und Partial-Atrophieen sind solche Defecte, bei welchen die Farbengrenzen mit der Aussengrenze am Rande des Defectes zusammenfallen. Dadurch sind sie von den Defecten bei Neuritis, Total-Atrophie u. s. w. scharf geschieden. Auf solche Defecte sollte man den Ausdruck Hemipie beschränken, da sie analog mit den als Hemianaesthesiae und Hemiplegie bezeichneten Zuständen sind. Der Defect braucht dagegen nicht die ganze Hälfte der Netzhaut zu beschlagen.

Ausser dieser Form von lateraler Hemipie, welche

ich wegen der in der Grosshirnrinde anzunehmenden Laesion als Cortexhemiopie bezeichnet habe, ist noch eine andere denkbar, welche ihre Ursache an der Basis hat, — denkbar, sowohl wenn wir Semidecussation, als Totaldecussation annehmen. Dieselbe liegt z. B. in dem Falle Hjort vor (S. 67, a. a. O.).

Diese Basalhemiopieen sind ebenfalls Partial-Atrophieen, unterscheiden sich aber im Wesentlichen dadurch von der Cortexhemiopie, dass diesen lateralen Hemio-
pieen keine günstigere Prognose zukommt, als den temporalen und fraglichen nasalen.

Alle diese Hemio-
pieen, wo eine Laesion in der Nähe des Chiasma's anzunehmen ist, haben gemeinsam, dass sie zu einem grossen Bruchtheil mit Neuritis descendens, wegen der Nähe am Auge — oder Stauungsneuritis, weil die Ursache eine solche ist, welche rasch auftritt und Raum beansprucht — complicirt sind und, dem entsprechend, auch die excentrische Sehschärfe in dem erhaltenen Gesichtsfelde herabgesetzt ist. Die Prognose ist für diese alle nicht wesentlich verschieden, mag der Tumor, das Blut-Extravasat u. s. w. am vorderen, seitlichen oder hinteren Chiasmawinkel oder in einem Tractus sitzen. Ein Herd am seitlichen Chiasmawinkel ist daher nicht im Stande, die exceptionell günstige Prognose der grössten Mehrzahl der lateralen Hemio-
pieen zu erklären. Selbst wenn man ein Blut-Extravasat an diesem Orte annimmt, würde ein sehr leicht mögliches Recidiv das Sehvermögen absolut vernichten können.

Die Mehrzahl der lateralen Hemio-
pieen (die fast immer mit einem oder mehreren Symptomen der Gruppe: Aphasie, Hemiplegie, Hemianaesthesiae vorkommen), unterscheiden sich von allen übrigen Formen durch folgende Merkmale.

I. Die Defecte auf jedem Auge entsprechen einem gleichen Stücke des gemeinsamen Gesichtsfeldes. Dies

lässt sich, falls die Laesion an der Basis zu suchen wäre, unter Annahme der Semidecussation nur erklären, wenn eine Theilung jeder Faser im Chiasma stattfände, welche Annahme vom anatomischen Standpunkte aus zurückzuweisen ist. Noch weniger leistet die Totaldecussation, da man nicht einsieht, weshalb ein Blut-Extravasat u. s. w. am seitlichen Chiasmawinkel immer gleich stark auf Tractus und Opticus drücken soll.

II. In der Mehrzahl fehlt Neuritis descendens, die bei den übrigen Formen Regel ist. Deshalb kann bei der lateralen Hemiopie der Herd nicht so nahe am Auge, wie das Chiasma liegen, weil sonst die Neuritis descendens das Auge leicht erreichen würde. Stauungsneuritis fehlt, weil die Ursache im Schädel in den typischen Fällen lateraler Hemiopie, die die Mehrzahl bilden, den intracraniellen Druck überhaupt nicht oder nicht lange genug erhöhen; da sie in vasomotorischen Einflüssen, Apoplexie oder Embolie, bestehen. Wegen fehlender Neuritis ist auch die excentrische Sehschärfe des erhaltenen Feldes normal.

Endlich III. kommt die Hemiopia lateralis als eine fugax vor, z. B. der berühmte Fall Wollaston's.

Eine resistente Masse, welche im Stande wäre, Tractus, Chiasma oder Opticus zu zerdrücken, kann nicht innerhalb weniger Minuten entstehen und verschwinden. Daher kann hier ein Basalprocess nicht in Frage kommen.

Aus diesen Gründen, weil die laterale Hemiopie immer in Verbindung mit dem obigen Symptomencomplex auftritt, und sich mittelbar anschliesst an die Migräne, halbseitigen Convulsionen mit der Hemiopia fugax, habe ich die Hemiopie für ein gleichwerthiges Glied in dem Complex angesehen und auf dieselbe Weise zu Stande kommen lassen, wie die übrigen Glieder der Symptomen-

gruppe, d. h. durch Verletzung der Centren oder Leitungsfasern in der Hemisphäre selbst.

Dass ein solches Centrum, in welchem die Zusammenstellung der von identischen Netzhauthälften ausgehenden Eindrücke stattfindet, überhaupt irgendwo existirt, muss mindestens für sehr wahrscheinlich gelten. Unser hierdurch gewonnenes Resultat, dass nämlich jede Grosshirnhemisphäre nach der gegenüberliegenden Seite hin sieht, wie sie dorthin hört, fühlt und bewegt, ist doch gewiss ein sehr annehmbares. Allerdings muss eine Semidecussation irgendwo stattfinden, damit die von der betreffenden Hemisphäre ausgehenden Fasern zur gleichnamigen Hälfte, sowohl der gleichseitigen, wie der gegenüberliegenden Retina gelangen können. Geschieht dieselbe nicht im Chiasma, so erscheint es mir nicht unwahrscheinlich, dass etwa das Corpus quadrigeminum der Ort derselben ist. Auf der Strecke von dem anzunehmenden Rindencentrum bis zu der Stelle der Semidecussation, wo sie nun Platz greifen mag, ist der Ort der Laesion bei lateraler Hemiopie zu suchen. Ebenso wenig wie bei halbseitigen Lähmungen und Convulsionen oder bei der Aphasie immer das Hitzig'sche Centrum betroffen sein muss, ebensowenig ist dies immer für die Hemiopie vorauszusetzen. Eine Laesion der Rindencentren selbst ist wohl anzunehmen, wo es sich um kurze vorübergehende Störungen handelt, Hemiopia fugax, Migräne, vorübergehende Aphasie und halbseitige Convulsionen und Lähmungen. Diese halbseitigen Störungen bilden ein Gegenstück zu den allgemeinen Krämpfen, den urämischen, transitorischen oder bleibenden, beidseitigen Amaurosen, Convulsionen und Lähmungen.

Die Hemiopia persistens oder fugax verhielte sich ebenso zu den entsprechenden halbseitigen Zuständen, wie die Amaurose, die auch, wie die Hemiopie, transito-

risch oder bleibend sein kann, zu den allgemeinen Convulsionen u. s. w.

Ob anatomisch Semi- oder Totaldecussation im Chiasma vorhanden, hat gar keinen Einfluss auf die Hemioptiefrage. Es ist sehr leicht möglich, dass der Bau des Chiasma's individuell verschieden ist.

Die Hemioptiefrage kann und muss ganz unabhängig von der fraglichen Structur des Chiasma's entschieden werden.

Da in der letzten Zeit die Structur des Chiasma's vielfach besprochen worden, ist es sehr vortheilhaft, auf das zurückzugreifen, was Joh. Müller über dieselbe sagt. Joh. Müller zeigt nämlich in überzeugender Weise, dass, wenn durch eine besondere Structur des Chiasma's gewisse pathologische Zustände, nämlich die Hemioptieen, erklärt werden sollen, es nicht genügt, eine Semidecussation anzunehmen oder nachzuweisen in der Art, dass die Hälfte der Fasern in den Opticus derselben Seite, die andere Hälfte in den gegenüberliegenden gelange, sondern dass eine Theilung jeder einzelnen Faser angenommen und nachgewiesen werden muss, deren Theile dann zu zwei identischen Stellen der beiden Augen verlaufen. Vollständige Lähmung gleichnamiger Retinahälften würde sich allerdings durch die erste Einrichtung erklären lassen, dagegen reicht sie durchaus nicht zu, um kleinere identische Defecte und Scotome verständlich zu machen.

Während diese nicht die ganzen Hälften beschlagenden Hemioptieen in jüngster Zeit weniger berücksichtigt wurden und daher die erwähnte erste Einrichtung des Chiasma's als genügend und nothwendig vertheidigt wurde, kannte Müller diese Defecte sehr gut (vergl. S. 95), und er schloss daraus das Unzureichende einer Semidecussation im Chiasma ohne Theilung jeder einzelnen Faser. „Eine theilweise Affection der einen Wurzel des

Chiasma's oder ihrer Ursprungstellen zieht also nur eine theilweise Lähmung einer Seite beider Augen in Folge; das Räumliche in den Netzhäuten muss in dem Räumlichen der Wurzeln vorgebildet sein." Dies ist aber nur möglich, wenn sich je zwei identische Zweige zu einer Faser im Chiasma vereinigen.

Jetzt kann man aber wohl mit Bestimmtheit behaupten, dass eine solche Theilung jeder Faser im Chiasma nicht eintritt.

Also die einfache Semidecussation genügt zur Erklärung der identischen Defecte nicht, die mit Theilung jeder einzelnen Faser lässt sich anatomisch als nicht existirend nachweisen. Da nun die vollständige Kreuzung nicht einmal zur Erklärung completer Lähmung identischer Hälften, geschweige denn kleinerer identischer Defecte ausreicht, wie ich in meiner Monographie über das Gesichtsfeld nachgewiesen, so folgt daraus, dass im Bau des Chiasma's nicht das Geheimniss der identischen Defecte, d. h. der Hemiopieen zu suchen ist, dass derselbe vielmehr in dieser Beziehung ziemlich bedeutungslos ist. Das Chiasma ist als eine Commissur aufzufassen, wie die Kreuzung der Pyramiden zum Beispiel, und wird eben so wenig wie diese in Bezug auf den Bau ganz constant sein. Der Einwurf, dasselbe sei entwicklungsgeschichtlich streng geschieden, so dass ein Vikariren anderer Commissuren nicht denkbar, dürfte zurückzuweisen sein, da wir verbürgte Mittheilungen von den verschiedensten Abweichungen und Naturspielen, im Verlauf der Tractus und Optici besitzen, Fällen, wo die Tractus ohne jede Kreuzung zum Auge derselben Seite liefen u. s. w. Vergl. Henle, Nervenlehre, S. 348. Luys, Recherches etc.

Gegen eine ausgeprägte Sonder-Existenz des Chiasma's spricht weiter die entwicklungsgeschichtliche That-

sache, dass sich im Thierreiche alle Uebergänge finden, vom vollständig getrennten bis zum fast ganz gemeinsamen Gesichtsfelde.

Bleibt nur die Ansicht, welche ich schon in der Monographie ausführlich vertheidigt habe, und welche Rohault zuerst aufgestellt hat: — dass nämlich die identischen Stellen der Netzhäute die Endpunkte zweier correspondirenden Nervenfasern sind, welche in einem Punkte des Sensoriums zusammentreffen. Dieser Punkt ist in der Grosshirnrinde zu suchen. Auch Pannm scheint sich (Untersuchungen über das Sehen mit zwei Augen, S. 89) dieser Ansicht anzuschliessen.

Wir sind also wieder zu demselben Resultat gelangt, welches sich oben aus der Betrachtung des Symptomencomplexes ergab, von welchem die Hemiopie ein Glied zu bilden pflegt.

In meinem Buche „Die Lehre vom Gesichtsfelde“ habe ich zuerst ausdrücklich ein Centrum in der Grosshirnrinde postulirt, den Beweis für dasselbe zu führen gesucht und auf die Unabhängigkeit der Hemiopiefrage von der Structur des Chiasma's hingewiesen.

„Ich glaube also annehmen zu dürfen, dass laterale Hemiopie auf einen Herd in der Grosshirnrinde, wahrscheinlich im Gyrus postcentralis hinweist, und dass die Verletzung des hier gelegenen Centrums Lähmung der gleichseitigen Retinahälften, also gekreuzte Hemiopie verursacht. Der Austausch der Fasern zu den betreffenden Retinahälften muss, wenn nicht im Chiasma als Semidecussation, so im Hirn selbst stattfinden.

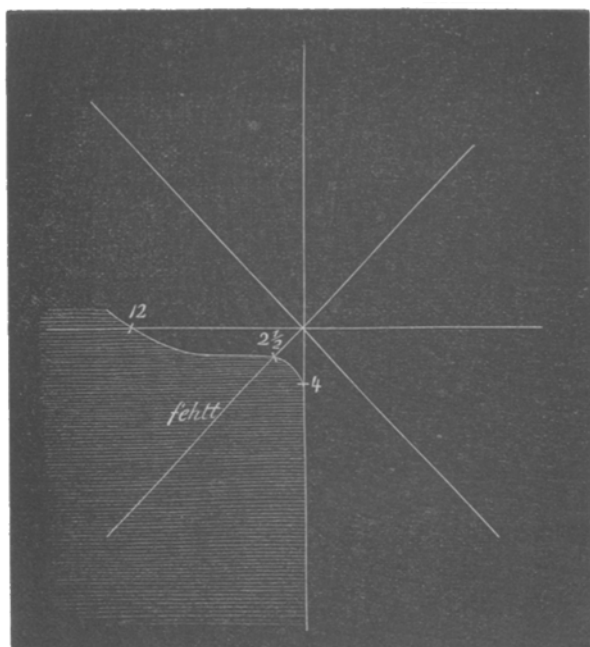
Diese Form von Hemiopie, die also durchaus nicht immer Ausfall der ganzen Hälften, wohl aber genau symmetrischer (besser: identischer) Theile voraussetzt, könnte man als Cortex-Atrophie von den übrigen sondern.“

Die meisten Veröffentlichungen legen noch immer

den Hauptwerth, wie schon oben bemerkt, auf das Fehlen ganzer Hälften, während doch die Identität der Defecte die Aufmerksamkeit auf sich ziehen sollte. Ich erlaube mir daher, zwei derartige Gesichtsfelder beizulegen. Das erste befindet sich schon in meiner „Lehre vom Gesichtsfelde“, S. 56.

Es handelt sich um eine Schwangere. Der Defect stellte sich im dritten Monat ein mit Kopfschmerzen und vasomotorischen Störungen. Gesicht und Hals sind öfter rechts heiss

Fig. 8.



und trocken, während die linke Seite kalt und schwitzend ist. Auch war Kribbeln in den Fingerspitzen vorhanden. Die centrale Sehschärfe war gleich eins, der ophth. Befund Null. Nach zwei Jahren war der Zustand der Augen genau derselbe, das Allgemeinbefinden aber völlig normal. Es kann sich also

um keine grobe Hirn-Erkrankung handeln. Der Fall schliesst sich an diejenigen von Hemiopia fugax an, welche so häufig bei Schwangeren vorkommen, und ist, wie diese und die Migräne, auf vasomotorische Störungen zurückzuführen. Das Gesichtsfeld wurde zunächst am Perimeter gemessen, a. a. O., Taf. D., XI, wobei sich der Defect als Partial-Atrophie charakterisirte, die Farben fallen am Orte des Defects mit dem Aussencontour zusammen. Da ich damals noch, nach Förster, vom blinden Fleck aus maass, so tritt die Identität der Defecte nicht hervor. Die Gründe sind a. a. O., S. 55, auseinandergesetzt.*) Ich nahm daher mit der grössten Sorgfalt das Gesichtsfeld derselben Patientin an der Tafel auf, Fig. 8, und zwar zuerst für jedes Auge allein, dann für beide zugleich. Die Grenzlinie des Defects erwies sich als genau identisch, und zeigt die Fig. 8 den Defect für jedes einzelne Auge, wie für beide. Die Entfernung der Augen von der Tafel betrug 12 Zoll.

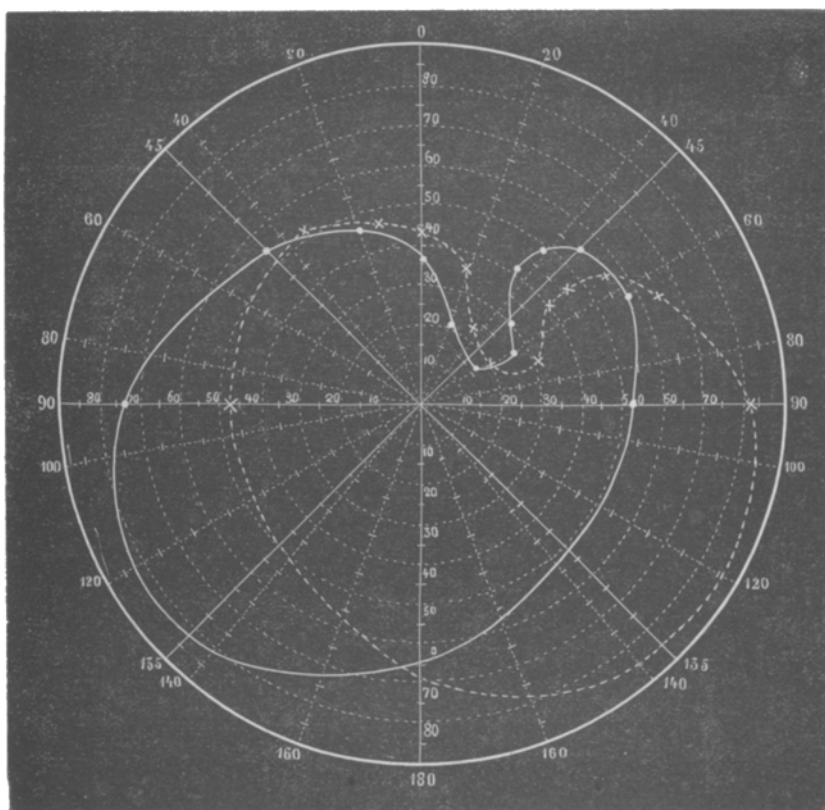
Den Fall, von welchem das zweite Gesichtsfeld herührt, habe ich schon in den Klin. Monatsbl., 1875, S. 237, erwähnt.

Er betrifft einen, bis auf zeitweilige Kopfschmerzen in Form von Migräne, ganz gesunden Mann. Seine Augen sind kurzsichtig, sonst aber, den Defect ausgenommen, normal. Die Sehschärfe ist beiderseits = 1. Der Defect trat plötzlich auf. Die Farbengrenzen reichen bis dicht an den Defect. Das Gesichtsfeld wurde ebenfalls am Perimeter vom blinden Fleck aus gemessen, wobei die Identität nicht frappant zum Ausdruck gelangte. Da ich den Patienten nicht aufs Neue nach anderer Methode untersuchen konnte, so habe ich durch Rechnung das nach Förster's Methode ausgeführte Schema in das nachstehende übertragen, wo die Macula sich im Mittelpunkt befindet. Alle markirten Punkte sind genau nach den Formeln des sphärischen Dreiecks berechnet. Die Defecte sind congruent, nur haben sich die horizontalen Meridiane beider Augen bei Aufnahme der Gesichtsfelder nicht genau in der horizontalen Visir-Ebene befunden, sondern waren ein wenig

*) Die Rechnung ergibt übrigens, dass der Defect, auch wie er sich in Fig. XI, Taf. D, darstellt, ein identischer ist.

gegen einander geneigt durch Rollung um die Gesichtslinie, wie dies ja bei successiver Untersuchung der Augen, mit der nothwendig dazwischen vorgenommenen Aenderung der Kopf-

Fig. 9.



haltung, nicht zu vermeiden ist. Denkt man sich das Gesichtsfeld des rechten Auges, ein wenig entgegengesetzt dem Uhrzeiger, um die Gesichtslinie gerollt, so decken sich die Defecte vollständig.

Ich könnte die Zahl der Beispiele noch vermehren, glaube aber, dass die vorgeführten überzeugend sind.

Wünschenswerth wäre, wenn alle Hemiopien in Zukunft in Hinblick auf die Identität der Defecte untersucht würden. Am wichtigsten sind diejenigen Fälle, wo nur ein kleinerer Theil, nicht die Hälfte, des gemeinsamen Gesichtsfeldes fehlt.

Dass bei der Hemipia fugax die Defecte und Scotome identisch sind, hat schon Förster hervorgehoben, wie am Eingang dieses Abschnitts bemerkt. Ich habe Gelegenheit gehabt, dies einmal an mir selbst zu constatiren.

Solche identische Defecte lassen nun in der That keine andere Deutung zu, als dass die Laesion an einer Stelle Platz greift, wo die für identische Netzhautbezirke bestimmten Fasern vereinigt sind, wie wir oben mit den Worten Müller's ausgeführt haben. Dies ist auch der Kern der Müller'schen Ansicht; dass er diese Vereinigung der Fasern in das Chiasma versetzt, ist nebensächlich.

Obiger Anforderung würde nur durch einen derartigen Bau des Chiasma's Genüge geschehen, dass sich jede einzelne Faser theilte, eine Annahme, welche anatomisch unrichtig ist. Sonst können weder Totaldecussation, noch Semidecussation, ohne Theilung, an sich etwas zur Erklärung der Hemiopie beitragen.

Die Hemiopie kommt nun meistens in Verbindung mit einem Symptomencomplex vor, Aphasie, Hemiplegie und Hemianaesthesia, welche alle auf die gegenüberliegende Grosshirnhemisphäre, als Ort der Laesion, hinweisen.

Der Sitz der Laesion ist in diesen reinen Fällen von Hemiopie wahrscheinlich in der Grosshirnrinde, jedenfalls immer aber auf der Strecke von der ersten Einschaltung von Ganglienzellen in den Faserverlauf der Tractus an — bis dahin zu suchen.

Die pathologischen identischen Defecte localisiren

also wenigstens ungefähr den Ort, wo die von identischen Stellen beider Netzhäute herrührenden Fasern sich vereinigen (nicht zu einer Faser, sondern in einem Centrum), als im Grosshirn befindlich, vor Allem aber beweisen sie, dass ein solches Centrum überhaupt existirt, dass die Identität der Netzhäute auf einer Einrichtung im Grosshirn beruht. Denn eine im Grosshirn platzgreifende Laesion kann identische Netzhautbezirke zum Seh-Act untauglich machen.

Identität ist immer in der Beschränkung aufzufassen, wie wir sie oben definirt haben. Dort führte uns schon eben diese thatsächliche Beschränktheit der Identität zu der Annahme, dass dieselbe ihren Grund in der Einrichtung des Grosshirns haben müsse.

Ich nehme also an, dass die identischen Stellen der Netzhäute die Endpunkte zweier correspondirenden Nervenfasern sind, welche in einem Punkte des Sensoriums zusammentreffen. Dieses liegt in der gegenüberliegenden Grosshirnhemisphäre, und zwar wahrscheinlich in der Rinde, in der Nähe der bei Aphasie, Hemiplegie und Hemianaesthesia betroffenen Stellen. Diese Hemisphäre sieht also nach der gegenüberliegenden Seite, wie sie dorthin hört, fühlt und bewegt. Eine Semidecussation muss allerdings stattfinden, damit die von der betreffenden Hemisphäre ausgehenden Fasern zur gleichnamigen Hälfte, sowohl der gleichseitigen, als der gegenüberliegenden Retina gelangen können. Diese Halbkreuzung braucht jedoch nicht nothwendig im Chiasma zu geschehen.

Das Sensorium beurtheilt die von zwei correspondirenden Punkten erhaltenen Eindrücke nur als identisch bezüglich des Ortes, jedoch als qualitativ in dreifacher Weise von einander verschiedene und geschiedene Empfindungen, auch wenn der gleiche Reiz die beiden correspondirenden Stellen getroffen hat.

Die in den letzten Worten noch einmal erwähnte Thatsache würde bei der Müller'schen Annahme (Theilung der Faser im Chiasma) nicht denkbar sein, und fordert wiederum entschieden die Verlegung des Vereinigungspunktes in das Central-Organ, wo eine solche Vereinigung denkbar ist neben einer in verschiedener Beziehung fortbestehenden Getrenntheit.
