

Die Projection der Gesichterscheinungen nach den Richtungslinien.

Von
F. C. Donders.

In meinen Beiträgen zu dem binoculären Sehen und der Vorstellung der dritten Dimension*) wurde, unter gewissem Vorbehalt, die Projections-Theorie nach den Richtungslinien gegen Ewald Hering in Schutz genommen.

Ich sprach darin die Vermuthung aus, dass Hering's Bestreitung der gedachten Theorie besonders dem Umstande zuzuschreiben sei, dass ihm das Vermögen mangele, aus der Convergenz der Sehlinien über den Abstand des fixirten Punktes zu urtheilen. Diesem ganz individuellen Mangel glaubte ich es zuschreiben zu müssen, dass Hering, anstatt sich auf „eine gewisse Einschränkung der Theorie“, welche anderswo vorübergehend von ihm berührt wurde**), zu beschränken, eine vollständige Reform in der Lehre von der Richtung des Sehens für nöthig befunden hat.

*) v. Graefe's Archiv f. Ophth. B. XIII. 1. p. 1.

**) Beiträge zur Physiologie. 2. Heft. Von den identischen Netzhautstellen. Leipzig 1862, p. 142.

Hering*) ist gegen diese Annahme aufgetreten. Er behauptet sehr bestimmt „die Befähigung zur Beurtheilung der Entfernung aus der Convergenz in demselben Grade, wie jeder Andere“ zu besitzen, und citirt zur Bestätigung eine Stelle aus dem zweiten Stücke seiner Beiträge*), die in der That beweist, dass bei stereoskopischen Versuchen mit beweglichen Bildern die Veränderung der Convergenz auf seine Vorstellung von der Entfernung Einfluss übt. Ferne sei es von mir, daran zu zweifeln. Aber folgt daraus, dass Hering ebenso gut, wie jeder Andere im Stande sein würde, aus der Convergenz — ich meine nicht aus der Veränderung der Convergenz, sondern aus der absoluten — über die Entfernung zu urtheilen? — Ausserdem sucht man im ersten Stücke seiner Beiträge, worin die Projections-Theorie bereits der von den „identischen Sehrichtungen“ weichen muss, vergebens nach einigem Beweise, dass der Verfasser sich dieser seiner Befähigung, wenn sie denn vorhanden war, bewusst wurde. Wir finden dagegen Beweise genug von dem Gegentheil. So erklärt Hering in § 12, dass zwei gleiche Flecken, die einige Centimeter von einander gelegen sind, mit und ohne Kreuzung der Sehlinsen in beiden Augen zur Vereinigung gebracht werden, in beiden Fällen in derselben Entfernung erscheinen, und zwar in gleicher Entfernung, als ob man einen und denselben Fleck mit beiden Augen fixirte. Und würde man, so schreibt er, den bei der Kreuzung gesehenen Fleck noch „etwas heranziehen“ können, — von zwei auf einem Tisch liegenden gleich grossen Geldstücken bleibt das abwechselnd mit und ohne Kreuzung vereinigte Bild

*) Archiv für Ophthalmologie, herausgegeben von Arlt, Donders und v. Graefe. Bd. XIV. I. Abth. S. 1. 1869.

**) S. 140.

unverändert in der Entfernung, in welcher man mit beiden Augen ein und dasselbe Geldstück sieht.

Nun kenne ich wenig Versuche, die so überzeugend wie dieser lehren, dass der bewusste Anstoss zur Convergenz die Vorstellung von der Entfernung beherrscht. Wiederholt man den Versuch einige Male rasch hinter einander, indem man dabei das gewöhnliche Sehen mit der Fixation bei gekreuzten Sehlinien abwechseln lässt und ohne während der Veränderung der Convergenz auf die Gegenstände besonders zu achten, dann ist es, als ob bei jeder Convergenz die zwei Geldstücke vom Tische aufspringen und sich in der Luft zu einem kleineren vereinigen, um darauf beim Uebergange zum gewöhnlichen Sehen wieder als zwei grössere Geldstücke auf den Tisch zurückzufallen. Auch beim Zusammenbringen der Stücke zu einem Bilde unter verminderter Convergenz, braucht man sich nur den Tisch fortzudenken, um scheinbar ein grösseres Geldstück auf grösserem Abstand zu sehen. Und wenn alles dieses Hering verborgen bleibt, war ich dann nicht berechtigt anzunehmen, dass beim Urtheil über die Entfernung die Convergenz ihn im Stiche liess? Damit stimmt denn auch seine Schlussfolgerung*): „Die Entfernung, in welcher die Bilder auf der Meridianlinie erscheinen, d. h. ihre Sehferne, ist nicht vom Durchschnittspunkte der Gesichtslinien bedingt, sondern resultirt aus anderweitigen Ursachen.

Andere haben aus Hering's Schriften dasselbe gelesen. „Bei Hrn. Hering“, sagt Helmholtz**) „scheint die Beurtheilung der Entfernung nach der Convergenz der Gesichtslinien besonders unvollkommen zu sein, da

*) Archiv für Anatomie und Physiologie von Reichert und Du Bois-Reymond. 1864. S. 27.

**) Handbuch der physiologischen Optik. S. 657.

er sie nach seinen eigenen Beobachtungen ganz zu läugnen geneigt ist."

Ich stehe also nicht allein da mit meinem Urtheil. Ja Hering*) selbst, wenn er sagt: „Was mich selbst betrifft, so tritt der Einfluss der Augenbewegung hinter der überwiegenden Macht der im Netzhautbilde selbst gelegenen Momente völlig zurück", scheint an seinem „in demselben Grade, wie jeder Andere" gezweifelt zu haben.

In seiner Replik auf meine Bemerkungen schreibt Hering die unrichtige Würdigung seiner Anschauungsweise hauptsächlich dem Umstande zu, dass er das Bestehen des Muskelgeföhls, „die Existenz der Muskelgeföhle", geläugnet hatte. Falls von einem solchen Missverständniss die Rede sein kann, darf ich wohl annehmen, dass Hering es wenigstens nicht auf mich anwendet, der ich wohl zuerst**), jedenfalls früher als v. Graefe und Nagel, die falsche Localisation bei Muskelparese erkannte und aus dem richtigen Gesichtspunkte erklärte. Hatten ja bereits die Untersuchungen von Volkmann***) von 1839 entscheidend genug dargethan, dass nicht das Muskelgeföh, sondern allein der Impuls zur Bewegung unsere Vorstellung bestimmt.

Ich habe es für sehr wichtig gehalten, deutlich darzuthun, dass Hering, als er die Projections-Theorie verwarf, um sie durch eine andere zu ersetzen, der Ansicht huldigte, dass für die Beurtheilung des Abstandes des fixirten Punktes der Impuls zur Convergenz von sehr untergeordneter Bedeutung sei. Denn hierin liegt die *cardo quaestionis*. Wer trotz richtiger Schätzung aller anderen Augenbewegungen von der Innervation seiner

*) 1. u. 2. Heft. S. 140.

**) *Nederlandsch Lancet*. Lähmung des *N. oculomotorius*. 1850. D. VI. p. 427.

***) *Müller's Archiv*. 1839.

Convergenz keine Vorstellung erlangt, der wird sich, ohne Bestimmung der Entfernung, begnügen müssen, die Blickrichtung auf die Halbirungslinie der Convergenz zurückzuführen und hieraus nun weiter die Hering'sche Theorie sich regelmässig entwickeln sehen. Wer dagegen, kraft des Impulses zur Convergenz, den fixirten Gegenstand in den Kreuzungspunkt der Richtungslinien zu versetzen weiss, dem wird es nicht entgehen, dass dies für das directe Sehen so wichtige Resultat auch beim indirecten Sehen die Vorstellung beherrscht und er wird damit die Grundlage gewonnen haben, auf welcher er seine Theorie zu bauen hat.

Hering nährt die Hoffnung, dass ich mich noch zu seiner Lehre bekehren würde*), und zwar aus dem Grunde, weil viele vorzügliche Beobachter sie als „thatsächlich zutreffend“ anerkannt hätten. Die Richtigkeit der Hering'schen Lehre habe ich nicht bestritten: in sofern war also seine Hoffnung schon in Erfüllung gegangen, ehe sie noch ausgesprochen war. Es ist Thatsache, dass wir mit jedem unserer beiden Augen in einer Richtung sehen, als hätten wir nur ein medianes Cyclopenauge**).

*) „Die Hoffnung, dass er (Donders) hier seine Meinung ebenso ändern wird, wie in Betreff der Tiefenwahrnehmung,“ — so äussert sich der Verfasser, als wollte er andeuten, dass man den gemachten Einwendungen, bei einer so wandelbaren Ueberzeugung wie der meinigen, nicht viel Werth beizumessen habe. Hering's Charakter bürgt mir dafür, dass er solche Insinuation nicht beabsichtigte. Aber gegen das Argument selbst muss ich mich noch entschiedener aussprechen, als gegen die Argumentation. Man thut der Wahrheit Abbruch, wenn man sagt, dass ich bezüglich der Beurtheilung der dritten Dimension meine Meinung geändert hätte. Ich habe mich geirrt und meinen Irrthum anerkannt. Allein, worin habe ich geirrt? Nur darin, dass ich von dem entscheidenden Versuch, den ich selbst ausgeführt, ein anderes Resultat erwartet hatte, als er lieferte. Das Verdienst, durch nicht entscheidende Versuche überzeugt worden zu sein, überlasse ich gern Anderen.

**) Hiermit sei nicht gesagt, dass diese Behauptung unbedingt gültig ist. Wenn, bei auf einen fernen Punkt gerichteten Gesichts-

Auch Helmholtz, einer von denen, welche durch Hering von ihrem Irrthum hätten überzeugt sein sollen, nennt dies „einen richtigen Ausdruck der That-sachen.“ Aber sehr bezeichnend lässt er darauf folgen: „wenn ich es auch nicht, wie der genannte Beobachter (Herr Hering) als ursprüngliches Fundament für die Gesichtsercheinungen benutzen möchte.“ In der That sündigt Hering's Theorie nicht durch das was sie affirmirt, sondern durch das was sie ignorirt. Sie ist nicht unwahr, sie ist nur unvollkommen. Aber durch das Unvollkommene geht das Höchste, wonach wir streben, verloren, unser Einblick in den Grund und in den genetischen Zusammenhang der Erscheinungen. Hering gibt uns, wie er selbst sagt, Linien, welche die Richtungen des binoculären Sehens „mathematisch versinnlichen.“ Allein wir verlangen mehr. Wir wollen begreifen, auf welchem Wege unsere Vorstellungen sich bilden. Und wenn nun die Erfahrung lehrt, dass wir beim binoculären Sehen gleichzeitig über Richtung und Entfernung urtheilen und in dem bewussten Impuls zur Bewegung für beide einen gleichartigen Grund finden, dann geben wir ein so be-

linien, von der Seite her ein kleiner Gegenstand vor das eine, z. B. vor das rechte Auge geschoben wird, dann versetze ich ihn vor das rechte Auge und erreiche ihn dort mit der Hand. Mit Mühe glückt mir, von meiner beim Vorschieben erhaltenen Kenntniss zu abstrahiren und ihn zu sehen, als ob er mitten vor mir läge. Helmholtz (l. c. S. 612) verbarg seine Arme hinter einem Blatt Papier und schob den Finger dann nach oben hervor, um auf einen ferneren Gegenstand, als den wahren zu zeigen. Er zeigte nun meist so, dass, wenn nun auch das andere Auge geöffnet wurde, der Gegenstand zwischen den Doppelbildern des Fingers stand, — also in Uebereinstimmung mit der erzielten Stellung. „Aber“ — sagt er — „wenn ich meine Aufmerksamkeit auf den Umstand concentrirte, dass ich nur mit dem rechten Auge sehe und lebhaft an den Ort des rechten Auges im Kopfe denke und dann den Finger (von hinter dem Papier) vorschiebe, um das fixirte Object zu verdecken, so schiebe ich ihn wirklich in der richtigen Richtung vor.“

friedigendes Resultat nicht gerne einer Theorie preis, welche, streng genommen, doch nur eine abstracte Formel für Erscheinungen ist, deren eigentliche Ursachen sie vielmehr verbirgt, als offenbart.

So erschien es mir denn wichtig genug, die sogen. Projections-Theorie zu vertheidigen, wenn auch nicht völlig diejenige, gegen welche Hering mit Vorliebe seinen Angriff richtete. Ich bin nämlich auch ein entschiedener Vertreter der Lehre von den correspondirenden Punkten, welche Hering mit der Projections-Theorie für unvereinbar zu halten scheint. In meinen Studien über Augenbewegungen*) habe ich die Projections-Lehre bereits in jener Verbindung auftreten lassen. Es waren Zweifel geäußert worden über die Berechtigung, aus der Richtung der Nachbilder auf die der Meridiane zu schliessen. Diese Zweifel beruhten offenbar auf einer verworrenen Vorstellung von den Grundlagen der Projection. Ich stellte nun in den Vordergrund, dass man zu unterscheiden habe zwischen der Projection des Gesichtsfeldes in seiner Ganzheit und derjenigen der einzelnen Punkte in Bezug auf einander. Erstere, die durch das directe Sehen vergegenwärtigt wird, machte ich abhängig vom bewussten Impuls zur Bewegung, die zweite von der relativen Lage der getroffenen Netzhautpunkte. In meiner kurzen Abhandlung über Refractions-Anomalien**) wurde bei der Untersuchung der Veränderung der Projection unter abnormen Verhältnissen, an diesem essentiellen Unterschied strenge festgehalten. Von diesem Standpunkt aus ist es nun nicht schwer die correspondirenden Punkte mit der Projection der Gesichtslinien in Uebereinstimmung zu bringen.

*) Holländische Beiträge zu den anatom. u. physiolog. Wissenschaften. 1847.

**) Poggendorff's Annalen u. Archiv für d. Holländ. Beiträge zur Natur- u. Heilkunde. B. III. S. 356 u. f.

Ich will mich bemühen, damit hier einen Versuch zu machen. Durch eine selbständige Bearbeitung lässt sich das Gebiet der Polemik vermeiden, auf dem ich mich nicht gerne bewege und besonders ungern Männern begegne, die ich so hoch schätze, wie den scharfsinnigen Ewald Hering. In dieser Bearbeitung würden dann die Hauptversuche, die man gegen die Projections-Theorie geltend gemacht hat, von selbst ihren Platz finden und entweder mit dieser Lehre in Verbindung gebracht, oder als optische Täuschungen unter abnormen Bedingungen des Sehens, erklärt werden. Ich werde mich bemühen durch Einfachheit Jedem klar zu werden.

Um jedem Missverständniss zuvorzukommen, sei hier bereits erwähnt, dass die Projection nach aussen von mir nicht als eine geradezu von der Netzhaut ausgehende Wirkung aufgefasst wird. Bereits 1846*) habe ich vor einer solchen Anschauung gewarnt, im Hinblick auf die Theorie, welche die Richtung der Projection ableitet von der Richtung, in welcher die Lichtstrahlen die Netzhaut durchsetzen, einer Theorie, die derzeit noch bei einem Physiologen von Ruf Wiederhall fand. Ich wies darauf hin, dass bei vollkommener Lähmung der Netzhaut auch die subjectiven Bilder in einer bestimmten Richtung projicirt werden, die uns die Blinden mit dem Finger angeben. Und ist es im Allgemeinen bewiesen, dass unsere Vorstellungen ihren nächsten Grund und ihren Sitz im Hirn haben, dann ist darin auch die Vorstellung von der Richtung, in welcher wir sehen, mit einbegriffen. Da aber die Thätigkeit des Centralorgans, worauf die Vorstellung beruht, bestimmt wird durch eine Thätigkeit der Netzhaut, die gewissermassen ihren Stempel darauf drückt, so können die von der

*) S. meine Bearbeitung von Ruete's Lehrbuch der Ophthalmologie. 1846. pg. 78.

Hirnthätigkeit ausgehenden Projectionen auch sehr wohl den Richtungslinien der Netzhaut entsprechen. Ja, dass sie ihnen nothwendig entsprechen müssen, lehrt eine genauere Analyse der Bedingungen, unter welchen unsere Vorstellungen sich formen und modifiziren.

Uebrigens sei hier auch bereits bemerkt, dass der Ausdruck: Projection nach den Richtungslinien cum grano salis aufgefasst werden muss. Das scheinbare Gesichtsfeld entspricht nämlich nicht vollkommen dem geometrischen und auch das scheinbare Blickfeld ist mit dem geometrischen nicht in absoluter Uebereinstimmung. Hier genüge die Bemerkung, dass allein in der Nähe der Grenzen des Gesichtsfeldes die betreffenden Abweichungen sehr bemerkbar werden und — überdies in keiner Beziehung stehen zu den Bedenken, welche Hering gegen die Projections-Theorie vorgebracht hat.

Ich beginne mit dem
directen Sehen.

1. Ein nahegelegener binocularfixirter Gegenstand wird an dem Orte gesehen, wo er sich wirklich befindet: wir haben eine richtige Vorstellung von seiner Lage in Bezug auf uns selbst, das heisst bezüglich des Ortes, den unser Körper einnimmt.

Von der Richtigkeit dieser Behauptung überzeugen wir uns jeden Augenblick. Ohne Ueberlegung greifen wir nach jedem Gegenstand in unserer Nähe und erreichen ihn mit der Hand. Selbst mit der Fingerspitze wissen wir den beabsichtigten Punkt zu treffen. Dabei ist es unnöthig der Bewegung der Hand mit den Augen zu folgen: haben wir den Gegenstand nur einen

Augenblick gesehen, so können wir, ohne Gefahr vorbei zu greifen, die Augen schliessen.

Dieser Versuch allein genügt, um zu beweisen, dass sowohl die Lage in Bezug auf uns selbst, als der Ort, wohin ein willkürlicher Impuls unsere Hand führt — insofern in dem Verband zwischen diesen beiden eine richtige Schätzung jeder derselben einbegriffen liegt — uns wahrheitsgemäss vor dem Geiste steht. Selbst ausser dem Bereich unserer Hände urtheilen wir mit so viel Richtigkeit über Richtung und Entfernung und wissen in dem Impuls zur Bewegung denselben so zu entsprechen, dass wir mit einem geworfenen Ball den gezielten Gegenstand treffen, oder selbst springend mit dem Fuss den beabsichtigten Fleck erreichen.

Wir constatiren hier, dass schon bei Bewegung unserer Gliedmaassen die Wirkung eines willkührlichen Impulses richtig bestimmt und vorausgesehen wird.

2. An dem Orte, wo sich der fixirte Punkt wirklich befindet, kreuzen sich die Gesichtslinien.

Der fixirte Punkt bildet, wie mich der Augenspiegel unmittelbar lehrte, sein Bild in jeder der foveae centrales. Die Linie, die von den foveae centrales nach dem fixirten Punkt geht, ist die Gesichtslinie des respectiven Auges, die Richtungslinie des direct gesehenen Punktes.

Im fixirten Punkt kreuzen sich auch die Blicklinien, die sich durch die Drehpunkte der beiden Augen nach jenem Punkt erstrecken. Bezüglich des Verhältnisses der Blicklinien zu der Bewegung, welche ihre Kreuzung in einem bestimmten Punkte veranlasst, könnte es genauer scheinen, die Projection nach der Kreuzung der Blicklinien und nicht nach der der Richtungslinien zu bestimmen. Mit Bezug auf das indirecte Sehen kann indessen nur von Richtungslinien die Rede sein. Deshalb wenden wir diesen Begriff auch auf das directe

Sehen an, für welches die Gesichtslinien die Richtungslinien sind.

3. Unsere Vorstellung versetzt also den fixirten Punkt in den Kreuzungspunkt der Richtungslinien.

Diese These folgt aus den beiden vorhergehenden. Der Syllogismus ist dieser: Wir sehen den fixirten Punkt an seinem Platze; auf diesem Platze kreuzen sich die beiden Gesichtslinien: wir sehen ihn mithin im Kreuzungspunkt der beiden Gesichtslinien.

4. Unsere Vorstellung von der Lage des fixirten Punktes beruht auf dem Bewusstsein der Bewegungsinervation, welche die Richtungslinien dort zur Kreuzung bringt.

Diese Innervation betrifft nicht allein die Bewegungen des Auges, sondern auch die des Kopfes und des Körpers im Allgemeinen. Wenn wir die Augen nach der einen Seite richten, dann wird auch der Kopf und selbst der Oberkörper unwillkürlich nach derselben Seite gewandt. Von der Summe dieser Bewegungen nun steht uns der Effect wahrheitsgemäss vor dem Geiste. Dass die Verbindung zwischen den Bewegungen organisch ist, geht aus den Versuchen von Adamük*) hervor, welcher bei Reizung einer der Hügel der Corpora quadrigemina bei Hunden, die beiden Augen sich nach der entgegengesetzten Seite und bei stärkerer Reizung auch den Kopf nach derselben Seite drehen sah. Aber diese Verbindung schliesst keineswegs freie selbstständige Bewegung aus. Sie können einander dabei selbst compensiren. Merkwürdig ist die Raschheit und Sicherheit, womit dies geschieht. Während wir den Kopf,

*) Onderzoekingen, gedaan in het physiologisch laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool. Zweite Reihe. III. p. 141. Utrecht 1870.

selbst mit beträchtlicher Geschwindigkeit, um die verticale Axe hin- und herdrehen, sind wir im Stande einen gegebenen Punkt dauernd zu fixiren, und dass der Impuls zu den hierbei erforderlichen Augenbewegungen den zur Drehung des Kopfes völlig aufwiegt, folgt aus dem Umstande, dass wir den fixirten Punkt in Ruhe sehen.

Bemerkenswerth ist es, mit welcher Genauigkeit wir eine bestimmte Stellung jedes Mal auf's Neue einzunehmen wissen. Experimentell kann man sich davon mittelst eines kleinen, sehr leichten Apparats überzeugen, welchen man in einer zuvor angefertigten Gussform unbeeinträchtigt zwischen den Zähnen eingeklemmt hält. Er besteht aus einem dünnen unbiegsamen Brettchen, welches zwei Pendel (lange Fäden mit einem in Wasser hängenden Gewicht) und eine Magnetnadel trägt. Von den Pendeln, die sich vor Gradbogen bewegen, zeigt der eine die seitliche Neigung der Medianebene (Drehung um die sagittale Axe), der andere die Bewegung in der Medianebene (Drehung um die transversale Axe) an, während die Magnetnadel jede Drehung um die verticale Axe constatirt. Stellt man sich nun einer senkrechten Wand gegenüber, um bei verticaler Stellung des Kopfes auch die Medianebene senkrecht auf die Wand zu richten, dann nimmt man nach jeder freien Körperbewegung jedes Mal auf's Neue mit grosser Genauigkeit dieselbe Stellung wieder ein. In 5 Reihen, jede von 10 bis 28 Versuchen, die von Dr. Ernst Pflüger aus Bern hier auf meinen Wunsch ausgeführt wurden, wurde durchschnittlich weniger als ein Grad Abweichung von der Mittelstellung gefunden:

- a. für Drehung um die verticale Axe,
- b. für Seitwärts-Neigung der Medianebene,
- c. für Drehung in der Medianebene.

	I.	II.	III.	IV.	V.
a.	0.7	0.72	0.82	0.69	0.87
b.	1.3	0.47	0.94	0.85	0.66
c.	0.8	0.78			

Die Reihen IV. und V. wurden bei geschlossenen Augen gemacht. Bemerkenswerth ist es, dass sie keine grössere Abweichung als die anderen zeigen.*)

So besitzen wir, nach Hering's Ausdruck, aus dem Bewusstsein der Bewegungsinervation ein Bild unseres Körpers in unserer Vorstellung, mit Bezug auf welches die Innervation der Augenmuskeln dem Wahrgenommenen seinen Platz anzeigt.

Dass nicht das Muskelgefühl, sondern die willkürliche Bewegungsinervation uns die Anzeige liefert, wurde bereits durch die oben erwähnten Versuche von Volkmann klar gemacht und ist aus der fehlerhaften Localisation (nach den Impulsen) bei Parese einiger Augenmuskeln des Näheren klar geworden.

5. Wir unterscheiden, mit Hering, eine Innervation für das Richten des Doppelauges, d. h. beider Augen gleichmässig, nach oben, nach unten, links und rechts; ferner die für Adduction und Abduction. Die vier ersten vereinigen wir unter dem Namen der Richtungs-Innervation, die beiden letzten unter dem der Entfernungs-Innervation.

An und für sich bereits wahrscheinlich, wurde Hering's Lehre von den Bewegungen des Doppelauges

*) Der Apparat hat zugleich die Bestimmung, bei offenen und bei geschlossenen Augen, sowohl im normalen als im abnormen Zustand, den Ausschlag der Körperverrückungen zu bestimmen, während man sich so unbeweglich wie möglich hält. Vielleicht wird diese Methode für das frühzeitige Erkennen von Rückenmarkskrankheiten nützlich sein können. Ich hoffe hierüber fernere Beobachtungen und Untersuchungen mitzuthemen.

durch Adamük's*) Versuche von vornherein definitiv festgestellt. Adamük zeigte, dass jedenfalls bei Hund und Katze, beide Augen eine gemeinschaftliche Innervation besitzen, die von den vordersten tubera der corpora quadrigemina ausgeht. Der rechte Hügel beherrscht die Bewegungen der beiden Augen nach der linken Seite, der linke die der beiden Augen nach der rechten Seite. Durch Reizung verschiedener Punkte jedes Hügel kann man alle Bewegungsrichtungen zum Vorschein bringen; aber stets bewegen sich beide Augen gleichzeitig und in einer bestimmten Verbindung mit einander. Starke Convergence erlangte man durch Reizung des hinteren Theiles, sei es des rechten, sei es des linken Hügel und zwar mit nach unten gerichteten Gesichtslinien und Verengerung der Pupille.

Man kann sich also einen einzelnen Willensimpuls vorstellen, der jede Bewegungsform des Doppelauges beherrscht.

Mit Hering möge man nun ferner die genannten sechs Formen unterscheiden, wenn sich die Richtigkeit dieses Schema's auch nicht strenge beweisen lässt. Es ist selbstredend, dass keine Gründe vorliegen, um jede Form mit einem bestimmten Muskel in Verbindung zu bringen. Dies mag für die Bewegungen nach rechts und links gelten, allein ebenso gut kann sich eine einzelne Innervation über mehre Muskeln auf jedem Auge und selbst noch weiter erstrecken. Welche Formen man übrigens auch unterscheidet, so wird doch fast jede Bewegung aus einer doppelten Richtungs-Innervation und aus einer Entfernung-Innervation, sei es der Adduction, sei es der Abduction, bestehen. Ebenso wie bei vielen zusammengesetzten Bewegungsformen, werden wir uns

*) Onderzoekingen, gedaan in het Physiol. Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool, 2. Serie, D. III., 1870. p. 140.

des dazu dienenden Willensimpulses als eines Ganzen bewusst. Aber ihre Elemente beherrschen doch unsere Vorstellung. Offenbar gilt dies für die Richtungs-Innervation. Es betreffs der Entfernungs-Innervation läugnen zu wollen, scheint a priori beinahe ebenso ungereimt, als da man die Contraction der schrägen Augenmuskeln für unwillkürlich und die der geraden allein für willkürlich erklärte, wozu man sich einer Theorie zur Liebe einst verleiten liess.

6. Mit grosser Genauigkeit schätzen wir die Richtungs-Innervation.

Dies wird klar, wenn wir bei geschlossenen Augen mit dem Finger auf einen entfernten Gegenstand zeigen, den wir zuvor angeblickt hatten. Beim Oeffnen der Augen stehen die Doppelbilder des Fingers (auch wenn wir den Gegenstand vorher nur mit einem Auge sahen) dann gewöhnlich zu jeder Seite des Gegenstandes. Nur bei einigen Personen wird der Gegenstand in der Regel durch eines der Halbbilder, meist durch das des rechten Auges, verdeckt. Macht man den Versuch mit offenen Augen, dabei den Gegenstand fixirend, ohne anfänglich auf den Finger zu achten, so ist das Resultat das gleiche. Diejenigen, welche seit langer Zeit des Gebrauches eines ihrer Augen oder wenigstens des binoculären Sehens (Schielende) beraubt waren, bringen den Finger regelmässig zwischen das sehende Auge und den Gegenstand.

Wenn ein Gegenstand sehr langsam relativ zu einem anderen seinen Platz verändert, so kann uns unser Urtheil im Stiche lassen bei der Entscheidung, welcher von beiden sich bewegt. Werden am freien Himmel Wolken rasch am Monde vorüber gejagt, dann ist es, als bewege sich der Mond in rascher Flucht an den Wolken vorbei. Die Illusion ist so vollkommen, dass Häuser und Bäume, indirect, unter dem Monde gesehen, in die Bewegung mit fortgezogen werden. In der Regel

bildet sich übrigens die Vorstellung so, als ob der kleinere Gegenstand in Bewegung, der grössere in Ruhe sei. Vor einiger Zeit wurde hier am Orte eine „Zauberhand“ vorgezeigt, die mit einem Stift jedes gegebene Wort auf einen Tisch schrieb. Vergebens suchte man nach der Auflösung dieses Räthsels. Sie war, wie Dr. Snellen entdeckte, einfach darin enthalten, dass nicht die freie Hand, sondern der Tisch durch einen Mechanismus unterhalb des Fussbodens bewegt wurde. Die Gesichtstäuschung war vollkommen.

Es ist, als ob dergleichen langsame Bewegungen sich den kleinen unwillkürlichen Zuckungen der Augen anschliessen, um dem Gegenstand zu folgen. Sicher wenigstens fehlt ein bestimmter Willensimpuls, — und hiermit auch die Vorstellung der veränderten Stellung.

7. Auch die Schätzung der Entfernung-Innervation lässt für nahe gelegene Gegenstände wenig zu wünschen übrig.

In meiner Abhandlung über das binoculäre Sehen sind bereits fremde und eigene Versuche, die dies beweisen, zusammengestellt.

Die Versuche lassen sich auf zwei Kategorieen zurückführen:

a. Nach der erforderlichen Convergenz urtheilen wir über die Entfernung.

So geschieht es beim gewöhnlichen Sehen. Jeden Punkt, der auch nur einen Augenblick fixirt wurde, wissen wir bei geschlossenen Augen mit der Fingerspitze zu treffen. Ausser der bewussten Innervation wirken hierbei noch andere Factoren mit; allein wir können diese ausschliessen, und das Resultat bleibt genügend. Wenn Helmholtz*), unmittelbar nach dem Öffnen der Augen, einen Faden mit einem Blei-

*) l. c. p. 650.

stift zu treffen suchte, während ein Blatt Papier in der Medianebene das links vom Faden Gelegene dem rechten Auge, und, umgekehrt, das rechts Gelegene dem linken Auge verbarg, dann erreichte er jedes Mal fast genau seinen Zweck. Ich habe die Versuche mit gleichem Erfolge wiederholt. Sehen wir mit beiden Augen durch einen kurzen flachen Cylinder nach kleinen Gegenständen, die vor einer ebenen Wand hängen, so treffen wir dieselben fast genau mit dem Finger, selbst bei wieder geschlossenen Augen. Das Angeben der Entfernung auf einem Maassstab, den man in der Hand hält, wie es Wundt*) versuchte, musste viel grössere Abweichungen ergeben.

Der einzige völlig reine Versuch besteht im Angeben der Entfernung eines leuchtenden Punktes (bestehend in einer Reihe sehr kleiner, rasch auf einander folgender Inductions-Funken) in einem vollkommen dunkelen Raume. Und dann muss auch der Kopf gestützt werden; denn — seitliche Bewegungen erfordern, um denselben Punkt anhaltend zu fixiren, um so mehr Bewegung der Augen, je näher dem Punkte man sich befindet, und daraus würde, auch unbewusst, einige Anzeige über die Entfernung entnommen werden. Ausser der Convergenz und Accommodation sind dabei alle Factoren ausgeschlossen**), und auch die letztere kann durch künstliche Mydriasis oder durch eine Brille, welche grosse Zerstreuungskreise liefert, noch eliminirt werden. Dennoch betrug die Abweichung bei diesen Versuchen, innerhalb des Bereiches der Hand, durchschnittlich (s. Beilage A) nur einen Centimeter.

*) Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung. 1862.

**) Auch die Anzeige aus der Neigung der Meridiane (sogen. Raddrehung), welche erst unlängst durch J. J. Müller (Kgl. Sächs. Gesellsch. der Wiss., 6. Mai 1871), nach Gebühr gewürdigt wurde.

Auch bei der durch Convergenz bewirkten Vereinigung von zwei gleichen nahe bei einander gelegenen Gegenständen, entwickelt sich schon rasch eine richtige Vorstellung vom Abstände, so dass der auf die vermuthete Entfernung gebrachte Finger sich fast immer als einzeln zeigt. Und, auffallend genug, ich werde mir des Momentes bewusst, wo die Vorstellung ganz durch die Convergenz beherrscht wird. Ich habe dann nur die Augen zu schliessen, den Finger auf den vermutheten Abstand zu bringen, und meist scheint dann beim Oeffnen der Augen der Finger vor jedem Auge das respective Bild zu bedecken. Beim Sehen durch das Stereoskop, dessen Dimensionen bereits eine gewisse Vorstellung von der Entfernung mit sich bringen, ist die Schätzung weniger genau.

Volkmann*), der mit altem Ernst und Liebe seiner Wissenschaft ergeben bleibt, weist auf eine Thatsache hin, die wohl im Stande ist, uns für einen Augenblick in Verlegenheit zu setzen. Er macht darauf aufmerksam, dass man auch mit divergirenden Gesichtslinien einfach sieht, wenn nur gleiche Bilder, z. B. von zwei Nadeln auf die gelben Flecke fallen. Nach der Projections-Theorie meint er, müssten die Nadeln doppelt gesehen werden. Aber offenbar ist doch dieses Postulat nicht gerechtfertigt. Sind die Bilder der beiden gelben Flecke gleich, dann steht es bereits fest, dass der Gegenstand direct und binocular einfach gesehen wird: es ist dann nur die Frage, auf welchem Abstände. Bei Convergenz nun ist der Abstand endlich, bei Parallelismus kann er unendlich sein, und bei Divergenz, . . . ferner als unendlich, ist das absolut Udenkbare und davon kann sich uns keine Vorstellung aufdrängen. Man vergesse nicht,

*) Physiologische Untersuchungen im Gebiete der Optik. 2. Heft. p. 185.

dass wir das Urtheil allein mittelbar auf die Richtung der Gesichtslinien, unmittelbar auf die Entfernung-Innervation zurückführen: dieser ist die Projection nach den Gesichtslinien untergeordnet. Mangelt nun die Adduction völlig, dann ist die Bedingung gegeben für die Projection auf der äussersten Grenze, — die unendliche Entfernung. Auf künstliche Divergenz sind unsere Vorstellungen nicht angelegt, da sie beim gewöhnlichen Sehen niemals damit zu thun hatten. Aber unter ihrem Einfluss wird schon rasch ein Zustand herbeigeführt, in welchen das bei parallelen Gesichtslinien Fixirte, auf eine verhältnissmässig endliche Entfernung versetzt wird: wir erfahren dieses, wenn schwache Prismata, mit der Kante nach aussen, vor unser Auge gehalten, uns, behufs des Einfachsehens, zur Divergenz zwingen. Dies entspricht dann ungefähr der unendlichen Entfernung, und der Impuls zur Adduction, der erforderlich ist, um die Gesichtslinien parallel zu stellen, muss die Vorstellung der endlichen Entfernung hervorrufen. Wir werden später sehen, wie bequem auch beim Sehen in der Nähe unsere Vorstellung sich der durch Prismen veränderten Convergenz anpasst.

b. Nach dem Urtheil über die Entfernung regeln wir, umgekehrt, die Bewegungs-Innervation.

Wenn ich einen Gegenstand einen Augenblick, und sei es nur indirect, gesehen habe, und darauf die Augen schliesse, dann bin ich im Stande, dieselben vor oder beim Oeffnen so zu richten, dass ich den Gegenstand unmittelbar so gut wie einfach sehe. Sowohl die Entfernungs- als die Richtungs-Innervation entspricht der Vorstellung. Höchstens beobachtete ich eine geringe Verschiebung des Gegenstandes, was ja auch bei raschem Lidschlag während beständiger Fixation desselben Punktes nicht ausbleibt und theilweise einer durch die Augenlider mitgetheilten Bewegung zuzuschreiben ist. Helm-

holtz versuchte seinen bei schon geschlossenen Augen hingehaltenen Zeigefinger binocular zu treffen, was ihm nur dann gelang, wenn er diesen Finger mit dem Daumen rieb oder einen äusseren Gegenstand damit berührte. Bei mir wird die Vorstellung vom Orte auch ohnehin durchgehends lebhaft genug. Allein der Versuch ist ebenso beweisend, wenn man den Finger oder den betreffenden Gegenstand erst gesehen hat, darauf die Augen schliesst, sie hin und her dreht und endlich öffnet, um beim Oeffnen das primitiv Gesehene zu fixiren. Auf diese Weise kann man sich leicht überzeugen, dass man nach dem Urtheil über Richtung und Entfernung die Bewegungs-Innervation genau zu reguliren weiss.

So lehren uns die beiden Kategorieren von Versuchen, dass eine Verbindung besteht zwischen der willkürlichen Innervation und der absoluten Vorstellung von dem Orte, an welchem die Gegenstände binocular gesehen werden. Auffallend ist es nun, wie rasch sich die Vorstellung accommodirt, wenn die Verbindung auf künstliche Weise unterbrochen wird. Thut man in ein Brillengestell zwei prismatische Gläser mit der brechenden Kante nach derselben, sagen wir nach der rechten Seite, dann erscheinen die sämtlichen Gegenstände nach dieser Seite hin abgewichen. Oeffnet man nun die zuvor geschlossenen Augen, um einen Augenblick einen vor sich hingestellten Gegenstand zu betrachten, und schliesst man die Augen auf's Neue, dann wird, wie vorher zu sehen war, der Finger, welcher gerade auf den Gegenstand zugeführt wurde, an der linken Seite des letzteren vorbeigehen. Man kann den Versuch einige Male, und jedes Mal mit demselben Resultat, wiederholen. Aber befühlt man nun die Gegenstände, die im Bereich der Hände liegen, eine Zeit lang bei offenen Augen, dann lernt man sehr rasch auch bei geschlossenen Augen den zuvor gesehenen Punkt zu treffen, und legt man nach einiger Zeit die prisma-

tischen Gläser ab, so wird bei Wiederholung des Versuches der Finger den Gegenstand nicht mehr so sicher treffen, sondern zuweilen an der entgegengesetzten Seite vorbeigehen. Noch viel rascher aber als beim Aufsetzen der Gläser, wird man nun beim Abnehmen derselben seine Hände wieder orientirt finden. Czermak*) hat solche Versuche zuerst ausgeführt, und Helmholtz**), der sie wiederholte und mit anderen Erscheinungen in Verbindung brachte, endigt mit dem Bemerkten: „Alle diese Erscheinungen lassen deutlich erkennen, dass eine fort-dauernde Controlle der für die Augenstellungen und Augenbewegungen nothwendigen Innervationsstärke durch die Beobachtung ihres Erfolges an den Gesichtsbildern stattfinden muss, wenn richtige Urtheile über die Richtung der Gesichtslinie und der fixirten Gegenstände gefällt werden sollen.“ Ein gleiches Resultat erhält man, wenn sehr schwache Prismen, beide mit der Kante nach innen oder nach aussen, vor die Augen gesetzt werden. Im ersten Falle muss, um den Gegenstand binocular zu fixiren, die Convergenz schwächer, im zweiten Falle stärker sein. Oeffnet man hinter solchen Prismen die Augen, dann geht man, wenn man den Finger von der Seite her nähert, in ersterem Falle vor, in letzterem Falle hinter dem vorgehaltenen Gegenstand, einem Bleistift z. B., vorbei. Nach einigem Gebrauch der Hände bei geöffneten Augen, verliert sich auch hier das unrichtige Urtheil, um nach dem Ablegen der Prismen, zuweilen für eine kurze Zeit in entgegengesetztem Sinne, zurückzukehren.

Mit Unrecht würde man aus dieser Accommodation nach den künstlich veränderten Impulsen schliessen, dass beim gewöhnlichen Sehen das Urtheil über die Impulse

*) Sitzungsberichte XVII. 575. Wien.

**) l. c. p. 605.

kein absolutes sein kann. Mit einem absoluten Urtheil unter normalen Bedingungen verträgt sich sehr wohl eine relativ rasche Accommodation unter abnormen. Andere Muskelgruppen lehren dasselbe. Ein blinder Pianist findet sich in wenigen Minuten auf einem Klavier zurecht, mit breiteren oder schmälere Tasten, als die ihm gewohnt, und ein geübter Violinist, der auf seinem Instrument mit Sicherheit jeden Griff zu treffen weiss, hat kaum eine Bratsche in die Hand genommen und beim Setzen der Finger die Töne gehört, so accommodirt er unwillkürlich seine Griffe dem grösseren Instrument. Der Kurzsichtige, der zuerst mit neutralisirenden Gläsern schreibt, schreibt schon rasch, ohne es selbst zu wissen, so gross, dass ihm die Buchstaben nicht viel kleiner erscheinen, als früher ohne Brille, und nimmt er die Brille ab, alsdann accommodiren sich noch rascher die Bewegungen seiner Hand wieder der Grösse seiner Netzhautbilder. So ist es mit dem reinen Intouiren beim Singen auf ungewohnter Tonhöhe, mit den durch täglichen Gebrauch bekannten Impulsen, um Steine bis zu einer gewissen Höhe zu werfen u. s. w. Und in allen diesen Fällen ist doch an der absoluten Abschätzung der Innervation nicht zu zweifeln. Die Leichtigkeit der eben besprochenen Accommodation beruht wohl darauf, dass bei Ermüdung ein stärkerer Impuls erforderlich ist, um denselben Zweck zu erreichen, und dass wir also, dem Zusammenhange entsprechend, das ganze Leben hindurch gezwungenermaassen das Accommodiren erlernen.

Ebenso wenig liegt in der Veränderlichkeit des Zusammenhanges irgendwelcher Beweis, dass ein solcher nicht im allgemeinen Sinne angeboren sein sollte. Denn jeder Zusammenhang, welcher als Resultat der Uebung im weitesten Sinne unser Erbtheil geworden ist, bleibt Abänderungen durch individuelle Uebung zugänglich und wird zweifellos ihrem Einfluss um so weniger Widerstand

bieten, bei je grösserem Spielraum er sich in den früheren Geschlechtern entwickelte und je weniger die bestehende Anlage bei der Geburt bereits zu ihrer vollen Geltung gekommen ist.

8. Auf die Vorstellung von der Entfernung haben die Eigenschaften der Gegenstände (Licht und Schatten, Grösse, perspectivische Form u. s. w.) mit Einfluss. Beim gewöhnlichen Sehen entsprechen diese der wirklichen Entfernung und wirken also in gleichem Sinne, wie die Entfernungs - Innervation. Auf künstlichem Wege können sie indessen mit dieser in Conflict gebracht werden, und wo dieses geschieht, kann die Innervation die Vorstellung nicht ausschliesslich beherrschen.

Das hier Gesagte tritt nirgends deutlicher zu Tage als beim Betrachten einer Malerei, welche die richtige Perspective und die Farbe der Gegenstände, mit Licht und Schatten, wie es sich gehört, wiedergibt. Alle Punkte des Gemäldes liegen in einer Ebene und richten wir unsere Aufmerksamkeit auf die Leinwand oder auf die Farbe, dann sehen wir sie auch in derselben Ebene. Sobald wir uns aber die abgebildeten Gegenstände selbst vorstellen, so nehmen diese ihren Platz wie in verschiedenen Entfernungen vor unseren Augen ein, obgleich sie bei unveränderter Convergenz gesehen werden. Selbst im Vordergrund tritt die Illusion ein mit Bezug auf Gegenstände, die, wenn sie körperlich zugegen, einen hinreichenden Wechsel in der Convergenz erfordern würden, um dem Willensimpuls einen wirksamen Antheil zu sichern.

Inzwischen ist beim Sehen mit einem Auge die Illusion vollkommener. Und welchem Umstande ist dies zuzuschreiben? Beim Sehen mit zwei Augen, so raisonnirt man, müssten die perspectivischen Bilder des rechten

und linken Auges verschieden sein und das Gemälde gibt für beide dieselben: die Illusion muss darunter leiden. Aber wird sie denn vollkommener sein mit einem Auge, das doch gewiss nicht zwei verschiedene Projectionen wahrnimmt? Ich sehe dafür keinen Grund irgend welcher Art, denn — das Sehen mit einem Auge kennt sich selbst nicht und stellt dieselben Anforderungen wie das binoculäre. Ich glaube denn auch, dass der Grund ein anderer ist und zwar dieser: dass man, sobald das eine Auge geschlossen ist, die Convergenz, der Vorstellung von der Entfernung entsprechend, verändern kann. Man stelle sich vor ein Gemälde, sehe nach irgend einem Gegenstande im Vordergrunde, bedecke darauf das eine Auge mit einem kleinen Schirm und richte nun den Blick auf einen Gegenstand, den man sich in grösserer Entfernung vorzustellen hat, dann wird man beim Entfernen des Schirms den Gegenstand in gekreuzten Doppelbildern sehen, die sich nun rasch einander nähern, womit die Illusion zum Theil verloren geht. Auch ein Anderer kann beobachten, dass das Auge hinter dem Schirm eine Bewegung nach Aussen macht, — wenn man unmittelbar über den betrachteten nahen Gegenstand die Aufmerksamkeit auf einen entfernten richtet. So bleibt also die Entfernungs-Innervation wirksam bei der uni-oculären Betrachtung eines Gemäldes und macht die Illusion so viel vollkommener, als beim binoculären. Ich glaube, dass hiermit der einzige Grund für den Unterschied angegeben ist. Es ist also der Ausschluss der Entfernungs-Innervation, der beim binoculären Sehen der Illusion Abbruch thut.

In anderen Fällen wissen wir, dass der Gegenstand sich nicht da befinden kann, wo, unter künstlichem Zwange, die Gesichtslinien zur Kreuzung kommen. Hier hat sich mithin, unabhängig von der Bewegungs-Innervation, bereits eine Vorstellung gebildet. Dass auch

diese nicht bedingungslos den Anforderungen der Inner-
vation weicht, kann uns nicht befremden. Buchstaben
versetzen wir nicht in unendliche Entfernung, obgleich
wir sie, unter dem Einflusse von Prismen, mit parallelen
Gesichtslinien sehen, und ebenso wenig würden die Wände
des Zimmers, in welchem wir uns befinden, hierbei in's
Unendliche zurücktreten. Auch stereoskopische Figuren
sehen wir nicht, wie es der Grad der Convergenz fordern
würde, auf einem unmöglichen Abstände: wie gross der
Zwang der Convergenz auch sein möge, er nöthigt uns
nicht, an etwas Ungereimtes zu glauben. Es ist ferner
natürlich, dass man Nachbilder vorzugsweise auf einen
Schirm oder auf irgend eine andere Ebene projizirt. „Ich
erzeuge mir,“ sagt Hering, „auf den Netzhautmitten
von einer farbigen, auf complementärem Grunde liegenden
Oblate ein Nachbild, halte dann eine feine Nadel nahe
vor's Gesicht und fixire ihre Spitze, während ich ein
Blatt Papier von der Farbe der Oblate 6 — 10 Zoll da-
hinter halte. Nadel und Nachbilder scheinen einfach;
aber das Nachbild erscheint hinter der Nadel auf dem Pa-
piere.“ Ich will dies gern annehmen. Der befremdenden
Erscheinung gegenüber, dass eine Oblate in der Luft
stille stehen sollte, wird die Anzeige aus der Con-
vergenz schon bei Manchen nicht Stand halten. Allein
hierzu kommt, dass der Eindruck des auf einen Schirm
projizirten Nachbildes, obschon es von beiden Augen
ausgeht, durch seine immer diffuse Fläche und zweifel-
hafte Begränzung, sich in Nichts von dem eines Halb-
bildes unterscheidet, dessen andere Hälfte verborgen ist
oder der Beobachtung entgeht, sowie es beim gewöhn-
lichen Sehen immer und immer wieder vorkömmt. Es
giebt also Nichts, was uns hindern könnte, das Nachbild
der Oblate einem solchen Halbbilde gleich zu stellen.
Sind aber die Nachbilder scharf, dann glückt es wohl

wirklich, so sagt auch Helmholtz, dieselben im Convergenczpunkt zu sehen, obschon dieser in der Luft liegt: das Nachbild einer Flamme z. B. pflege ich auf eine nicht brennende Kerze zu versetzen und sehe es scheinbar grösser werden, sobald ich mich von der Kerze entferne und kleiner, wenn ich mich ihr nähere.

Der Schluss, zu dem wir gelangen, ist: dass beim gewöhnlichen Sehen für die Beurtheilung der Entfernung die Netzhautbilder mit der Convergenz harmonisch zusammenwirken; dass aber, bei einem künstlichen Conflict mit diesen, der Impuls zur Convergenz unsere Vorstellung gegen besseres Wissen nicht bezwingen kann und, führt er zum Ungereimten, sich verloren gibt.

Den Grund nun, weshalb die Entfernungs-Innervation der Richtungs-Innervation an absolutem Anzeigevermögen nachsteht, glaube ich in dem völligen Mangel an selbständiger Uebung suchen zu müssen. Wem immer geholfen wird, der wird sich auf diese Hülfe verlassen. Es genügt ihm, dass er mit ihr seinen Zweck erreicht. Wo sie ihn nun in Stich lässt, erreicht er sein Ziel unvollkommen, und wo sie, nach lange erprobter Treue, sich feindlich ihm entgegen wendet, da verfehlt er es völlig. Durch selbständige Uebung, mit Ausschluss jeglicher anderen Andeutung, würde die Convergenz jede Hülfe rasch entbehren lernen. Ob auch die Ermüdung, woran das lange fortgesetzte Convergiren, im Gegensatz zu der stets wechselnden Richtungs-Innervation, leidet, dabei, wie Helmholtz vermuthet, mit im Spiele ist, wage ich nicht zu entscheiden.

Uebrigens übergehe ich die Hilfsmittel, welche in dem Urtheil über die Entfernung die Convergenz unterstützen, die perspectivischen Projectionen, mit Licht und Schatten, die correspondirenden Neigungen der Meridiane und die Parallaxen, mit Stillschweigen. Ich will nur kurz auf die Accommodation hinweisen, die mit der

Convergenz regelmässig vergesellschaftet und innerhalb eines gewissen Spielraumes an sie geknüpft ist. An sich selbst lässt die Accommodation, bei Versuchen mit einem Auge, wie die Experimente von Wundt lehrten, bei den meisten Personen so gut wie gar kein Urtheil zu. Eine Veränderung der Entfernung von dem Faden, welcher als Object diente, wurde dagegen recht wohl erkannt. Mit zwei Augen empfand Helmholtz deutlich, dass er für einen rothen Lichtstreifen stärker accommodiren musste, als für einen blauen, aber nur sehr mühsam entwickelte sich daraus die Illusion von einem Unterschied in der Entfernung und sie ging auch leicht wieder verloren. Unter zwei Umständen nun war mir, ganz abgesehen von der Convergenz, der Einfluss der Accommodation auf die Vorstellung von der Entfernung bereits klar geworden. Auf eine blaue Ebene mit schwarzen Streifen zeichne man ein rothes Gitterwerk und stelle sich in einige Entfernung davon. Sogleich tritt nun das Gitterwerk stark nach vorn und so absolut ist die Illusion, dass dasselbe bei seitlichen Bewegungen des Kopfes hin und her zu gehen scheint, weil die Parallaxe fehlt, die beim Näherliegen des Gitterwerks hätte zugegen sein müssen.*) Der zweite Umstand war der einer durch ein schwaches Mydriaticum geschwächten Accommodation. Dabei sah ich Mikropsie sich entwickeln, die sich einfach dadurch erklärte, dass man, um die Gegenstände scharf zu sehen, stärker accommodiren musste und sie sich daher näher vorstellte. Während der Gesichtswinkel trotzdem der wahren Entfernung entspricht, erscheinen sie kleiner.***) Förster***) hat, unabhängig von mir, dasselbe beobachtet und ausführlich

*) Archief voor natuur-en geneeskunde. 1865. D. II. p. 212.

***) Nederl. Lancet. 1851. D. VI. p. 607.

****) Ophthalmol. Beiträge. Berlin. 1862.

beschrieben und hat sich auch an dieselbe Erklärung gehalten. Was mich hierbei besonders überrascht hat, und vom psychischen Standpunkt aus in der That merkwürdig ist, ist dieses: dass aus dem Kleiner-Sehen bekannter Gegenstände, z. B. bekannter Personen, als Folge der Accommodation für einen geringeren Abstaud, sich nun wieder unmittelbar die Vorstellung entwickelt, dass sich dieselben in einer grösseren Entfernung befinden. Hierin liegt Stoff genug, um über die Weise nachzudenken, auf welche unsere Vorstellungen entstehen. Die erste ist die des Kleinersehens, und, mit Verleugnung des unbewussten Grundes für diese Vorstellung, entwickelt sich aus ihr, auf mehr bewusste Weise (aus der kleiner gedachten Form) die der grösseren Entfernung. — Liegt in der Accommodation, wie aus dem Obigen hervorgeht, ein Mittel zur Beurtheilung der Entfernung, — so tritt sie, wo sie, wie gewöhnlich, zugleich mit der Convergenz wirksam ist, als solche, in den Hintergrund. Hervortretend ist sie nur, wo sie, als relative Accommodation, sich von der Convergenz losmachen muss, wie in den oben angeführten Versuchen, was ihr ohne beträchtliche Anspannung nicht möglich ist.

Wir erhalten also als allgemeines Resultat: ein binoculär und direct gesehener Punkt zeigt sich da, wo die willkürliche Bewegungs-Innervation die Gesichtslinien zur Kreuzung bringt.

Wir haben nun an zweiter Stelle zu handeln über die Projection beim indirecten Sehen.

Dabei ist zu unterscheiden zwischen dem, was binoculär einfach gesehen wird und dem, welches sich als Doppelbild darstellt.

9. Was indirect, binoculär, einfach gesehen wird, zeigt sich im Kreuzungspunkt der Richtungslinien.

Hier gilt derselbe Syllogismus, wie beim directen Sehen. Wir sehen die Gegenstände an dem Orte, wo sie sich wirklich befinden, wie solches daraus hervorgeht, dass wir blindlings jeden Gegenstand in unserer Nähe betasten, und aus dem Richten der geschlossenen Augen auf irgend einen Gegenstand, den wir auch nur indirect gesehen haben; in dem Gegenstande kreuzen sich die Richtungslinien: folglich sehen wir ihn in dem Kreuzungspunkt der Richtungslinien. Im Allgemeinen sind diese Prämissen und die daraus gezogenen Schlüsse richtig. Vor Allem darf dies behauptet werden mit Bezug auf den mittleren Theil des Gesichtsfeldes, welcher beim Sehen besonders in Betracht kommt. Allein wir müssen zugestehen, dass Abweichungen vorkommen.

Zuerst sehen wir, im Gegensatz zur ersten Prämisse, die verschiedenen Punkte nicht vollkommen in der Richtung, in welcher sie sich wirklich befinden mit Bezug auf unseren Körper. Wir haben es oben bereits gesagt: das scheinbare Gesichtsfeld entspricht nicht in allen Stücken dem geometrischen. Dies wird deutlich bei dem sogen. Ausmessen des Gesichtsfeldes. Alle bezüglichen Erscheinungen hat Helmholtz im § 28 seines klassischen Werkes vereinigt.

Dieses Ausmessen bezieht sich allein auf die Richtung der Projection, nicht auf die Entfernung und wir können uns mithin bei dieser Betrachtung auf ein Auge beschränken. Zunächst nun erscheinen die Gesichtswinkel in verticaler Richtung etwas grösser, als in horizontaler. Beinahe Jedem erscheinen, wie Adolf Fick bewies, die verticalen Dimensionen eines Quadrates grösser als die horizontalen, sowohl beim unbeweglichen Fixiren eines Punktes, als bei Bewegungen der

Augen. — Ferner hat Helmholtz gezeigt, dass wir im kugelförmigen Gesichtsfelde sowohl die grössten Kreise, die nicht durch den Fixationspunkt gehn, als auch die Parallelkreise eines durch den Fixationspunkt gehenden grössten Kreises gekrümmt sehen — erstere hohl, letzte nach der Seite des Fixationspunktes gewölbt; und er fand nun bei dem Versuche seine Annahme bestätigt, dass beim Fixiren des Hauptblickpunktes die von ihm so genannten Directions-Linien*) sich als gerade, mithin als die kürzesten Linien zwischen zwei Punkten zeigen müssten, wodurch sich die eben erwähnten Abweichungen erklären. Hiermit hängt zusammen, dass in den ganz seitlichen Theilen des Gesichtsfeldes die Gegenstände höher erscheinen, als wenn man sie fixirt, — welches ich bewahrheitet finde, wenn gleich nicht in dem Grade, wie es das Sehen der Directions-Linien als gerade Linien erfordern müsste. Auch an die durch Recklinghausen entdeckte scheinbare Krümmung gerader Linien in den peripherischen Theilen des Gesichtsfeldes mag hier erinnert werden. Aus dieser, sowie aus vielen anderen Abweichungen, die ich hier mit Stillschweigen übergehe, geht nun klar hervor, dass wir selbst im kugelförmig gedachten Gesichtsfelde beim indirecten Sehen nicht vollkommen richtig projiziren. Allein wir constatiren zugleich, dass wenigstens in den mehr brauchbaren Theilen des Gesichtsfeldes die Abweichungen so gering sind, dass man sie vernachlässigen darf und mithin berechtigt ist an der Behauptung fest zu halten: dass, mit jedem Auge, die indirect gesehene Gegenstände bezüglich zum Fixationspunkt in einer Richtung gesehen werden, in welcher sie sich wirklich befinden. Binocular gesehen, erscheinen sie alsdann an dem Orte, wo sie sich wirklich befinden. Es liesse sich noch die Frage auf-

*) l. c. p. 548.

werfen, ob das sogenannte Ausmessen des Gesichtsfeldes wohl in allen Stücken der unmittelbaren spontanen Projection gleich zu stellen sei. Ich würde hier auf viele Erscheinungen hinweisen können, die zum Zweifel einigermaassen berechtigen. Soviel steht fest, dass wir das indirect Gesehene mit dem Finger zu treffen und die geschlossenen Augen darauf zu richten wissen. Und das genügt, um im Allgemeinen unsere Behauptung aufrecht zu erhalten.

Auf eine Abweichung sei hier noch besonders aufmerksam gemacht. Ich meine die, welche Recklinghausen als zwischen dem scheinbaren und wahren verticalen Meridian bestehend fand, eine Abweichung, die sich bei Vielen nach dem horizontalen Meridian zu allmählig verliert. Diese Abweichung gehört nämlich zu einer ganz anderen Kategorie, als die früher genannten, weil sie auf die beiden Augen in entgegengesetztem Sinne wirkt und deshalb beim binoculären Sehen ausgeglichen werden kann. Bei mir ist die Compensation indessen unvollkommen. Es wird noch zu entscheiden sein, ob sie sich bei Einäugigen geltend macht.

An und für sich haben alle diese Abweichungen keine grosse Bedeutung, aber in der Ursache und den Bedingungen ihrer Entstehung, sowie ihres Verschwindens, zu deren Erforschung sie anregen, zeigen sie uns eine sehr wichtige Seite.

Die zweite unserer Prämissen ist die, dass das indirect Wahrgenommene sich im Kreuzungspunkt der Richtungslinien befindet. Auch diese Behauptung ist nicht allgemein bewiesen. Zunächst mag es schon zweifelhaft heissen, ob man, indem man sich auf ein und auf unendliche Entfernung gerichtetes Auge beschränkt, sagen kann, dass jeder indirect gesehene Punkt auf der Richtungslinie liegt, wenn dies anders den Sinn haben soll, dass die Linien, welche bei richtiger

Accommodation von jedem Netzhautbilde nach dem correspondirenden Gegenstand gezogen werden, für die Peripherie des Gesichtsfeldes sowohl, als für das Centrum, durch einen und denselben (vereinigten) Knotenpunkt gehen. Denn diese Behauptung harrt noch ihres Beweises und ist selbst sehr problematisch. Es ist inzwischen sehr wohl denkbar, dass das dioptrische System für die seitlichen Theile des Gesichtsfeldes andere Knotenpunkte hat und dass eine dem entsprechende Projection nach durch die Knotenpunkte gelegten Richtungslinien die abweichende Lage dieser Netzhautbilder compensirt. Daraus würde aber nur hervorgehen, dass die Netzhautbilder alsdann keine reine Reduction des kugelförmigen Gesichtsfeldes darstellen. — Von einem Kreuzungspunkt der Richtungslinien kann ferner nur die Rede sein, mit Bezug auf Gegenstände, die im binoculären Gesichtsfeld gelegen sind. Aber insofern ein Punkt sich für jedes Auge in der Richtungslinie zeigt, kann er sich alsdann auch im Kreuzungspunkt der Richtungslinien befinden.

Der Schluss daraus ist: es bestehen Abweichungen, und es ist, wie ich bemerkte, sehr wichtig ihren Ursachen nachzuforschen. Aber als Thatsachen reden sie nicht laut genug, um bezüglich der brauchbaren Theile des Gesichtsfeldes die allgemeine Behauptung zu gefährden: dass alles, was indirect, binoculär einfach gesehen wird, sich im Kreuzungspunkt der Richtungslinien darstellt.

Wir gelangen hier, ebenso wie beim directen Sehen, zu der Frage, warum wir indirect die Objecte im Kreuzungspunkt sehen. Wieder haben wir hier vorläufig nur an ein Auge und die Richtung der Projection seiner Netzhautpunkte, im Verhältniss zu dem direct gesehenen Punkt, zu denken.

Volkmann*) leitete die Richtungsvorstellung ab

*) Wagner's Handwörterbuch. Artikel Sehen. B. III. S. 340 u. ff.

aus der Muskelwirkung, welche erforderlich ist, um den directen Blick auf den indirect gesehenen Punkt zu heften. Der dazu nöthige Impuls, den wir durch Erfahrung kennen gelernt haben, würde die Richtung bestimmen, in welcher wir den ausserhalb der Gesichtslinien gelegenen Punkt sehen. Auch Helmholtz*) ist dieser Ansicht zugethan. Schon bei Herbart und Lotze findet er dazu den Weg gebahnt, auf welchem auf physiologischem Gebiet Meissner und Czermak, und mit Bezug auf die Gesichtsvorstellungen besonders Wundt, weiter fortschritten. Sie stimmt vollkommen mit seiner Theorie der ausschliesslich auf empirischem Wege entstehenden Vorstellungen. Ich kann hierin nicht ganz einstimmen. Sowie die Theorie im Allgemeinen, so scheint mir auch die Anwendung, von der hier die Rede ist, von Einseitigkeit nicht frei zu sein. Wäre jene Ansicht richtig, dann würde, ebenso wie die Projection des Gesichtsfeldes im Allgemeinen, auch die seiner einzelnen Punkte, wenigstens mittelbar, auf Impulsen zur Muskelthätigkeit beruhen. Was wir constatiren ist dies: dass ein inniger Zusammenhang besteht zwischen der Richtung, in welcher wir indirect einen Gegenstand sehen, und dem Impuls, der erforderlich ist, um den Blick direct darauf zu richten. Dieser Zusammenhang ist sehr vollkommen; denn bei der Bewegung, die dem Impuls entspricht, scheinen die Gegenstände stille zu stehen und wird mithin die Verschiebung der Bilder über der Netzhaut durch die bewussten Impulse genau compensirt. Wir begreifen auch leicht die Ursache dieses innigen Zusammenhanges; denn jede Bewegung des Blickes nach einem indirect gesehenen Punkt ist als eine Uebung aufzufassen, welche die Harmonie vollendet. Und was auf diese Weise durch Uebung im In-

*) l. c. § 28; das Historische ist auf p. 593 u. ff. zu finden.
v. Graefe's Archiv für Ophthalmologie, XVII, 3.

dividuum entstanden ist, das pflanzt sich fort auf das Nachgeschlecht und tritt bei beständiger Erneuerung als fester Typus hervor. Bei der Erblichkeit unterscheiden wir nun zwischen dem, was reell und dem, was virtuell angeboren wird. Ersteres lässt sich bei der Geburt constatiren; letzteres aber entwickelt sich erst nach der Geburt, und zwar mit fortwährenden Modificationen, unter dem Einflusse der mitwirkenden individuellen Uebung, sodass in dem Produkt die Erfahrung von Vorgeslecht und Individuum zu einem Ganzen verschmilzt. In diesen wenigen Worten liegt der Kern meiner Anschauungsweise, welcher ich seit 1848, als ich meine Inaugural-Rede hielt, treu geblieben bin. *) Für eine eingehendere Darlegung und Beweisführung ist hier nicht der Ort, doch werde ich dazu vielleicht anderswo Veranlassung nehmen. In gleichem Sinne haben sich Opzoomer **) und du Bois-Reymond ***) geäußert, mit merkwürdiger Uebereinstimmung in der Ausdrucksweise. Ich will nun nicht entscheiden, was bei der Geburt schon mehr reell geworden ist, ob die Projections-Richtung der verschiedenen Netzhautpunkte in Bezug auf die fovea centralis, ob die Abschätzung der Willensimpulse, noch wo sich bei der ferneren Entwicklung diese mehr nach jener, jene mehr nach dieser zu richten haben: ich will nur bemerken, dass schon bei der Geburt sich beide in den Erscheinungen unverkennbar offenbaren. Wenige Minuten nach der Geburt sah ich, bei einem ersten Experiment, ein Kind einen vorgehaltenen Gegenstand sehr bestimmt binoculär fixiren und

*) Vergl. Nachschrift zu den Untersuchungen von Adamük, im Archief voor natuur-en geneeskunde. 1870. D. V. p. 247.

**) De wetenschap, haar vrucht, haar gang en haar regt. Amsterdam 1867. p. 31 u. ff.

***) Leibnitzische Gedanken in der neueren Naturwissenschaft. Berlin 1870. p. 847 u. ff.

nicht allein bei seitlichen Bewegungen folgen, sondern auch bei Annäherung die Convergenz vermehren, bei Entfernung des Gegenstandes verringern. Ohne Zweifel inducirten die entstehenden Doppelbilder das erforderliche Convergiren und Divergiren. Und war dieser Zusammenhang unverkennbar vorhanden, dann lässt sich auch nicht läugnen, dass sowohl die Projection, als der Impuls, sei es auch nur in halb-bewusstem Zustande, wirksam waren. Einige Vorstellung, und sei sie noch so dunkel, musste nun hiermit verbunden sein. Oder würde diese zum zweiten Male, zum zehnten Male, zum nten Male entstehen? Das willkürliche einer solchen Annahme ist einleuchtend. Wir schliessen also: der Anfang war vorhanden, ohne vorhergehende Erfahrung, und dies ist für das, was wir hier beweisen wollen, ausreichend. Um meine Unterscheidung zwischen reell und virtuell Angeborenem wohl zu verstehen, muss man im Auge behalten, dass der Moment der Geburt, der Moment also, in welchem die individuelle Erfahrung anfängt wirksam zu sein, in gewissem Sinne zufällig ist. Blieb die Geburt länger aus, so würde das Reelle beibehalten sich aus dem Virtuellen zu entwickeln. Seine Entwicklung ist bestimmt weniger fortgeschritten bei einem Kinde, welches zu früh, als bei einem solchen, welches rechtzeitig geboren wurde. Und entschieden steht sie beim Menschen, was die Wirksamkeit des Geistes angeht, im Augenblicke der Geburt hinter der der Thiere beträchtlich zurück. Im Zusammenhang mit der langen Kindheit, erhält dadurch beim Menschen die individuelle Erfahrung das Uebergewicht. Aber selbst wenn bei der Geburt auch jegliche unmittelbare Vorstellung aus Eindrücken noch fehlte, so würde man nicht berechtigt sein, das virtuell Angeborene, das Erbliche dabei zu läugnen. — Einer nativistischen Theorie, in diesem Sinne aufgefasst, wird Helmholtz gewiss nicht vorwerfen, dass

sie die Frage nach der Entstehung unserer Vorstellungen aus den Gesichterscheinungen ausschliessen würde. Es ist klar, dass sie Alles, was der Vertreter einer exclusiv empiristischen Theorie zu Tage fördert, begierig aufnimmt. Allein sie überträgt die Factoren, die dieser angiebt, auch auf die Vergangenheit. Was jene auf das Individuum beschränkt, dehnt diese auf das ganze Phylon aus. Wenn Helmholtz „die Wahrscheinlichkeit“ anerkennt, „dass das Wachsthum der Muskeln und vielleicht selbst die Leitungsfähigkeit der Nervenbahnen sich den Forderungen, die an sie gemacht werden, im Laufe jedes individuellen Lebens und vielleicht selbst durch Vererbung im Laufe des Lebens der Gattung so anpasst, dass die geforderten zweckmässigsten Bewegungen auch die leichtesten werden“, dann besteht kein principieller Unterschied und liegt keine unüberwindliche Kluft zwischen seiner Anschauungsweise und der meinigen. Dass unsere Vorstellung vom Raume entstanden ist im Zusammenhang mit den Bedingungen, unter welchen wir leben, und unter anderen Bedingungen eine andere hätte sein können, ist von Riemann und Helmholtz nachgewiesen. Dass die Vorstellung das Resultat der Erfahrung ist, sich in gewisser Beziehung zur Erfahrung entwickelt hat, — welcher Vertreter der Abstammungslehre würde das bezweifeln? Aber das involvirt doch nicht, dass jedes Individuum sie auf's Neue aufzubauen hat, als wäre er ohne Vorfahren in's Dasein getreten. Um zu dem Speciellen zurückzukehren, so ist es für mich eine Erfahrungsthatsache, dass unmittelbar nach der Geburt die Projection in den Raum und die Willensimpulse zur Bewegung der Augen bereits in Verbindung miteinander wirksam sind. Es ist hier nicht meine Aufgabe, die fernere Entwicklung dieses Zusammenhanges Schritt vor Schritt zu verfolgen, um zu sehen, inwieweit man auf diesem Wege auch Aufschluss

geben könnte über den Unterschied zwischen dem scheinbaren und geometrischen Gesichtsfeld. Das Resultat würde uns auch nicht ganz befriedigen. Aber ich will doch darauf hindeuten, dass, wie Helmholtz bewies, die, die Augenbewegungen beherrschenden Gesetze augenscheinlich hierbei eine Rolle spielen. In diesen Gesetzen scheint der Grund zu liegen, dass in der Primärstellung alle Directions- oder Richtkreise resp. Richtlinien (cf. Helmholtz l. c. pg. 492) als gerade Linien erscheinen. Dass bei der Bewegung die Richtlinie, die durch Drehung um eine feste Axe entsteht, sich in der Vorstellung als eine gerade darstellen wird, scheint a priori nothwendig. Es ist allerdings richtig, dass wir nicht im Stande sind, das Auge um eine feste Axe zu drehen. Man fixire in einer dunkelen Nacht die Flamme einer hellen Strassenlaterne und versuche nun ohne Weiteres, auf dem kürzesten Wege, den Blick auf einen anderen Punkt zu richten: alsdann sieht man das positive Nachbild der Flamme als eine vielfach gebogene Linie, und — zwei solche Linien, falls beim Versuch beide Augen offen waren. Drehung um eine feste Axe schien also unausführbar. Aber von all diesen gekrümmten Linien wird die Gerade doch die durchschnittliche sein. Deshalb kann die wirkliche Richtlinie für uns doch die gerade Linie werden. Und nun sind wir meist gewohnt, nach verschiedenen Bewegungen in die Primärstellung zurückzukehren. Hieraus würde dann hervorgehen können, dass die Richtlinie, die beim Fixiren als gerade gesehen wird, nun auch, indirect gesehen, noch für eine gerade gehalten wurde, und dass die Richtlinien überhaupt die Bedeutung gerader Linien erhalten. Inzwischen sind diese Ergebnisse nicht absolut richtig und lässt sich aus diesem Gesichtspunkt doch auch nur ein Theil der Abweichungen zwischen dem scheinbaren und dem geometrischen Gesichtsfeld erklären.

Wird die individuelle Erfahrung um so weniger eingreifen, je mehr die ererbten Eigenschaften bereits eine reelle Form angenommen haben, so bleibt sie doch das ganze Leben hindurch thätig. Besonders wichtig sind die Fälle, in welchen unter ihrem Einfluss eine gelöste Verbindung sich wieder herstellt, oder besser, bei jeder allmählig entstehenden Wandelung der Zusammenhang sich behauptet. Die Bedingungen hierfür erforschen wir, und in den Bedingungen, die auch in früheren Geschlechtern thätig waren, finden wir den Schlüssel zur Erklärung der Harmonie, die unser Erbtheil geworden ist. Durch Ausdehnung der Membranen bei Myopie verändert sich zweifelsohne für einige Netzhautpunkte der Winkel ihrer Richtungslinien mit der Gesichtslinie. Allein damit hält auch die Projection dieser Punkte gleichen Schritt in der Weise, dass die Gegenstände, durch deren Bilder sie getroffen werden, immerfort im Kreuzungspunkt der Richtungslinien gesehen und ebenso sicher wie zuvor mit der Hand erreicht werden. Auch der Impuls zur Muskel-Contraction ist damit in Harmonie geblieben, so dass, beim Richten des Blickes auf einen vorher indirect gesehenen Punkt, alle scheinbare Bewegung ausbleibt. Allein man hat noch nicht beobachtet, dass die bei Paresen verlangten stärkeren Impulse die Vorstellung von der Lage der indirect gesehenen Punkte modificirt hätten: Allerdings muss die Bewegung der Hände zum Greifen und die des Kopfes und Oberkörpers zum Fixiren, welche sich dabei unverändert geltend machen, einer solchen Modification der Vorstellung hindernd im Wege stehen.

Der Schluss kann wohl kein anderer sein, als dass die Projection des indirect Gesehenen und die Bewegungsimpulse sich in den früheren Geschlechtern harmonisch mit einander entwickelt haben, sowie sie im Individuum einander gegenseitig modificiren, — dass der

Zusammenhang bis zu einem gewissen Grade angeboren ist, und dass es ebenso einseitig ist, die Projection aus den Willensimpulsen, als diese aus jener herzuleiten.

10. Wo Doppelbilder gegeben sind, aber in der Vorstellung zu einem Bilde verschmelzen, wird der Gegenstand ebenfalls im Kreuzungspunkt der Richtungslinien gesehen.

Doppelbilder sind gegeben, wenn die Netzhautbilder irgend eines Gegenstandes nicht auf correspondirende Stellen fallen, — im Allgemeinen also, wenn der Gegenstand nicht in derselben Entfernung vom Auge gelegen ist, wie der fixirte Punkt. Beim gewöhnlichen Sehen werden die Doppelbilder*) aber selten beachtet. Liegen sie weit von einander, dann wird entweder keines von beiden gesehen, — oder höchstens eines, falls es nicht weit ausserhalb der Richtung einer der Gesichtslinien liegt. Liegen sie dicht bei einander, dann sind sie nicht zu unterscheiden, oder fliessen, falls sie zu unterscheiden sind, in der Vorstellung zu einem Bilde zusammen. In diesen letztgenannten Fällen wird der Gegenstand gesehen — im Kreuzungspunkt der Richtlinien. Sieht man ihn ja an dem Orte, wo er sich wirklich befindet, und dieser Platz ist der genannte Kreuzungspunkt.

Ein paar Versuche mögen zunächst beweisen, dass man ihn an seinem Platze sieht.

Im physiologischen Laboratorium habe ich, nach dem Beispiel des Prof. Heijnsius, einen grossen Kasten für Spectral-Untersuchungen eingerichtet. Auf einem festen Tische stehen die Apparate, auf einigen Brettern an der Mauer ist alles Erforderliche untergebracht und vor den Tisch kann man ein paar Sessel stellen. Bei

*) Ein Fall ist mir vorgekommen von Klagen über normale Doppelbilder, welche der Betroffene, ein Geistlicher, für eine abnorme Erscheinung hielt und mit einer, eines Physiologen würdigen, Genauigkeit studirt hatte.

gewöhnlichen Untersuchungen lässt man die Thür halb offen; für genaue Bestimmungen schliesst man sie, — und nun dringt kein Lichtstrahl von aussen herein. In diesem dunkelen Raum nun lasse man einen Ungeübten, der zwei gute Augen hat, mit gestütztem Kopf, einen, aus einer Reihe allerkleinster Inductionsfunken bestehenden, Lichtpunkt binocular fixiren, und darauf in verschiedenen Entfernungen zugleich seitwärts, oben oder unten, einen Funken überspringen, der recht gut zu unterscheidende Doppelbilder gibt. Von diesen Doppelbildern hat unser Beobachter nichts gesehen: er sah einen Funken. Aber mit dem Finger weiss er sowohl den Funken, als auch den Lichtpunkt zu treffen. Den Ort des Lichtpunktes leitet er aus der Innervation der Augenmuskeln ab, den jedes Funken, bezüglich zum Lichtpunkt, aus den verschmolzenen Doppelbildern. Nur bei sehr seitlicher Lage des Funkens oder bei grosser Entfernung des Fixirpunktes, so zwar, dass die Doppelbilder wohl nicht verschmelzen, wird die Abweichung mitunter grösser (vergl. Beilage B). — Der Lichtpunkt und der Funke müssen so schwach sein, dass in dem dunkelen Raum ausserdem absolut nichts gesehen wird.

Weniger genau, aber doch entscheidend, ist der folgende Versuch. Man fixire binocular, den Kopf wieder gestützt, durch ein kurzes Rohr, vor einer gleichmässig erleuchteten Fläche den einen oder anderen Punkt, und stelle sich dabei die Lage eines indirect gesehenen kleinen Gegenstandes vor, ohne auf seine übrigens sehr gut wahrzunehmenden Doppelbilder zu achten. Schliesst man darauf die Augen, so weiss der Finger den nur indirect gesehenen Gegenstand hinreichend genau zu treffen. Auch die geschlossenen Augen, wie schon früher bemerkt wurde, sind im Stande, sich auf denselben zu richten. Der Ort, der der Gegenstand einnimmt, Entfernung sowohl, als Richtung, sind bekannt.

Nun ist es klar, dass an dem Orte, wo sich der Gegenstand befindet, sich die Richtungslinien kreuzen: sind ja diese Linien von den Netzhautbildern auf den betreffenden Gegenstand gerichtet. Es ist also der Schluss gerechtfertigt: wir sehen einen Gegenstand, dessen Doppelbilder verschmelzen, ungefähr im Kreuzungspunkt der Richtungslinien.

Wiederum fragen wir, warum er sich im Kreuzungspunkt der Richtungslinien zeigt?

Beide Augen, S und D (Fig. 1), sind auf den Punkt P gerichtet, welcher seine Bilder B^1 und B^2 in den

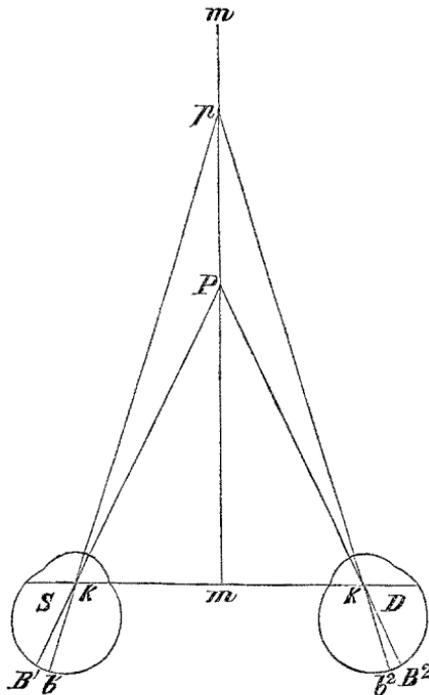


Fig. 1.

foveae centrales hat, und sie sehen desshalb beide P am selben Orte, — dem Orte, an dem sich die Gesichtslinien kreuzen. Ein anderer Punkt p, entfernter als P, liegt für S offenbar links, für D rechts von P, und zwar,

während P und p beide in der Medianebene M liegen, für S ebensoviel nach links, als für D nach rechts: die Gesichtswinkel Pkp und Pkp sind nämlich auf beiden Seiten gleich. Folglich liegt er mitten zwischen den Doppelbildern in der Medianebene und in diese Mitte versetzt sich natürlich der Gegenstand, wenn seine Doppelbilder zu einem Bilde verschmelzen. In dieser Medianebene liegt er nun wirklich, und weil sich aus den verschmolzenen Doppelbildern beim binoculären Sehen gleichzeitig eine richtige Vorstellung von der Entfernung, bezüglich zum fixirten Punkt, entwickelt, so erklärt es sich, dass wir den Gegenstand an seinem Orte sehen, d. h. dort, wo sich die Richtungslinien b^1p und b^2p kreuzen.

Denken wir uns die Augen auf p gerichtet, dann liegen die Gesichtswinkel, unter welchen P indirect gesehen wird, an der Innenseite der respectiven Gesichtslinien: für das linke Auge S ist P dann rechts, für das rechte Auge D links vom fixirten Punkt gelegen, und die Doppelbilder sind also gekreuzt. Aber sie liegen wieder symmetrisch zur Medianebene, und wir sehen mithin beim Verschmelzen der Doppelbilder den Gegenstand in dieser Ebene, dabei, wegen der Kreuzung, näher als p, und zwar an dem richtigen Ort, wo sich die Richtungslinien kreuzen.

Liegt endlich, während wir P fixiren, ein anderer Punkt p^1 seitlich von der Medianebene (und dabei auch oder nicht ausserhalb der Fixationsebene, d. h. der Ebene, auf welcher die Figur gedruckt ist), dann sind die Gesichtswinkel auf beiden Seiten nicht gleich gross und können für beide Augen auch auf derselben Seite der Gesichtslinie liegen; allein in gleicher Weise wie oben entlehnt unsere Vorstellung Richtung und Entfernung aus den verschmelzenden Doppelbildern.

Hierdurch ist erklärt, weshalb ein indirect gesehener Punkt, dessen Doppelbilder entweder nicht zu unter-

scheiden sind oder sich wenigstens in unserer Vorstellung zu dem Bilde eines Gegenstandes vereinigen, sich im Kreuzungspunkt der Richtungslinien zeigt.

11. Wo die Doppelbilder sich nicht zu dem Bilde eines Gegenstandes verbinden, machen sie den Eindruck von zwei Gegenständen. Die Richtung, in welcher sich diese bezüglich zum fixirten Punkt zeigen, ist, für jede besonders, durch den Winkel gegeben, welcher in dem respectiven Auge die Richtungslinie des Netzhautbildes mit der Gesichtslinie bildet. Die Entfernung stellen wir uns gleich der vom fixirten Punkte vor, wenn alle anderen Andeutungen ausgeschlossen sind. Beim gewöhnlichen Sehen aber kennen wir meistens die Entfernung, und dann bleibt die hierdurch gegebene Vorstellung leicht entscheidend.

Blicken wir in dem beschriebenen dunkelen Raum nach P (Fig. 1), alsdann schmelzen die Doppelbilder eines in p überspringenden Funkens zu einem Bilde zusammen. Ist aber in p nicht ein vorübergehender Funke, sondern ein bleibender Lichtpunkt, wie in P, zugegen, dann werden seine Doppelbilder viel leichter getrennt. Dieser Unterschied ist bemerkenswerth. Würde nicht das gleichzeitige Entstehen, Steigen, Abnehmen und Verschwinden der Eindrücke von einem Lichtfunken auf beiden Augen das Verschmelzen befördern? Von einem bleibenden Lichtpunkt durchlaufen die Eindrücke auf beiden Augen ihre besonderen Phasen*), und scheinen also ihre Selbstständigkeit eher geltend machen zu sollen. Wir wissen, wie auch allein die durch einen und denselben

*) Ich glaube hier noch einmal auf meine Erfahrung hinweisen zu müssen, dass, bei momentaner Erleuchtung, der Wettstreit von Farben ausgeschlossen und die Verbindung der Eindrücke vollkommen ist (s. binoculäres Sehen).

Mechanismus angeblasenen Töne der Orgel-Mixturen sich zu einem Klange verbinden.

Die getrennten Bilder des Lichtpunktes p sehen wir nun, beim unbeweglichen Fixiren von P , wie zwei ganz nahe aneinander gelegene Lichtpunkte (in diesem Falle zu jeder Seite des fixirten Punktes), und es scheint uns, als seien drei Lichtpunkte vorhanden, alle binocular gesehen. Sehr zweckmässig für diese Versuche sind die zwei Reflectionsbilder einer gefärbten Linse, von denen das eine als gefärbt, das andere als nicht gefärbt erscheint: auch von Ungeübten erhält man bei Anwendung dieser Linse sehr correcte Antworten. Dass jedes Halbbild nur mit einem Auge gesehen wird, davon hat man, auch beim freien Sehen im Raume, keine Vorstellung. Man erinnert sich, wie v. Graefe angebliche Blindheit eines Auges dadurch entlarvte, dass er ein Prisma mit der Kante nach oben vor das andere Auge hielt: der Betrüger, betrogen, glaubte die sich darstellenden zwei Bilder mit demselben Auge zu sehen. Ich habe diese Methode durch eigene Erfahrung als sehr zweckmässig kennen gelernt. Allerdings sind wir uns auch beim gewohnten Sehen nicht dessen bewusst, was wir nur mit einem und was wir mit beiden Augen sehen.

Wenn man nun die Doppelbilder für zwei einander nahe gelegene Gegenstände ansieht, dann ist es wohl gewiss, dass man keines derselben an dem Orte sehen kann, wo sich der Gegenstand wirklich befindet. Die Frage ist also: wo sieht man sie? Die Richtung ist für alle Fälle entscheidend angegeben durch die Richtungslinien: beim Fixiren von P liegt das Halbbild von p auf dem linken Auge rechts, auf dem rechten links vom Fixirpunkt, — und alles umgekehrt beim Fixiren von p . Die Gesichtswinkel sind auf der Figur abzulesen. Aber in welcher Entfernung liegen sie auf den Richtungslinien? Wenn alle weitere Andeutung (wie im dunkelen

Raume) fehlt, dann liegen sie, beim unbeweglichen Fixiren, mit dem fixirten Punkt absolut in demselben Horopter. Die Vorstellung, dass wir es mit drei in einer Reihe gelegenen Gegenständen zu thun hätten, ist so fest, dass sie beim aufeinander folgenden Fixiren unbeweglich bleiben. Man befindet sich gänzlich in dem Wahne, dass man auch die beiden Halbbilder wirklich sieht im Kreuzungspunkt der Richtungslinien des getroffenen und des correspondirenden, obgleich nicht getroffenen, Netzhautpunktes. Der Versuch gelingt ebenso gut, wenn die Lichtpunkte nicht in der Medianebene liegen und der fixirte Punkt zur Seite der zwei Halbbilder gesehen wird.

Die Illusion vom binoculären Sehen der Halbbilder ist bei diesem Versuch so vollkommen, weil, während dem Lichtpunkte vor dem einen Auge ein völlig dunkeler vor dem anderen entspricht, der Wettstreit der Gesichtsfelder hinreichend ausgeschlossen ist.

Macht man denselben Versuch beim freien Sehen, indem man sich dabei statt der Funken kleiner Gegenstände bedient, dann bleibt, wie wir schon erwähnten, die Richtungslinie jedes Netzhautbildes entscheidend für die Richtung des Sehens. Allein die Kenntniss, die man vom Gegenstande hat, ist von Einfluss auf die Vorstellung von der Entfernung. Was mich angeht, so kann ich mir alle Doppelbilder ohne Mühe, als im Horopter gelegen, vorstellen und die drei Bilder nach einander fixiren, ohne dass sie sich zu bewegen scheinen. Vielen Anderen wird der Versuch besser glücken, wenn die Halbbilder durch Form und Lage sich dem fixirten Gegenstand anschliessen. Man bringe z. B. ein eisernes Stäbchen in geringer Entfernung in die Medianebene, während man in derselben Ebene ein in grösserer Entfernung befindliches Ofenrohr sieht. Nähert man sich nun dem Stäbchen so weit, dass seine Doppelbilder

ebenso breit wie das Ofenrohr erscheinen, dann wird sich Jeder leicht vorstellen können, dass er drei gleiche Ofenrohre neben einander sieht und wird sie bei abwechselndem Fixiren in Ruhe bleiben sehen: er versetzt sie mithin in eine Ebene neben einander. Bei diesem Versuch muss der Kopf gestützt werden, um parallactische Bewegung zu vermeiden. Es ist ausserdem gut, dass der Hintergrund ziemlich dunkel und eben sei und dass ein paar kleine Schirme die äusseren Enden der Gegenstände verbergen.

Inzwischen ist es wahr, dass beim gewöhnlichen Sehen, wobei man es durchgehends mit bekannten Gegenständen zu thun hat und diese durch die Bewegungen des Kopfes je nach ihrem verschiedenen Abstände parallactisch bewegt werden, die Doppelbilder, sofern man darauf achtet, auf die wahre Entfernung von dem Gegenstande versetzt werden, dem sie angehören, sodass, wenn man vom fixirten Punkt z. B. zu einem näher gelegenen übergehen will, man sogleich ziemlich genau den erforderlichen Impuls zur Bewegung zu geben weiss, um ihn binocular zu fixiren. Gibt man dabei genau Acht, dann bemerkt man, dass sich die Doppelbilder beiderseits einander nähern. Am deutlichsten erscheint die Bewegung der Doppelbilder, wenn man zwei kleine Gegenstände, z. B. zwei Bleistifte, in der Medianebene hält und abwechselnd den mehr und weniger entfernten fixirt. Hierbei kommt der fixirte, wie man weiss, stets zwischen den Doppelbildern des nicht fixirten zu stehen. Man kann nun auch den nächstgelegenen Bleistift, ausserhalb der Medianebene, gerade zwischen eines der Augen und den entfernteren Stift einschieben: alsdann fällt das eine Doppelbild immer auf den fixirten Gegenstand, während das andere ihm respective rechts und links zur Seite steht.

Das abwechselnd Sicheinander-Nähern und Voneinander-Entfernen der Doppelbilder der abwechselnd fixirten

Gegenstände gibt nun, wenn das eine Auge geschlossen bleibt, zu einer merkwürdigen Gesichtstäuschung Veranlassung. Man sehe abwechselnd nach einem Visir und nach einem entfernten, in der Richtung des Visirs gelegenen Gegenstand. Beim Sehen nach dem Visir scheinen dann beide — Visir und Gegenstand — sich nach der Seite des geöffneten Auges, beim Sehen nach dem Gegenstande aber, nach der entgegengesetzten Seite zu verschieben. Die Erklärung ist diese. Ein direct gesehener Punkt zeigt sich an seinem Ort, im Kreuzungspunkt der Richtungslinien, gleichgültig ob er mit einem oder mit beiden Augen angeblickt wird (vergl. p. 44). Blickt man nun mit dem einen Auge nach dem Visir, dessen Entfernung man kennt, dann richtet sich darauf auch das geschlossene Auge und man sieht das Visir an seinem wahren Orte, aber der Gegenstand ist verschoben. Blickt man nach dem Gegenstand, dann richtet sich ebenfalls das geschlossene Auge auf diesen und der Gegenstand ist an seinem Platze, das Visir dagegen verschoben. Bei jeder Abwechslung verschieben sich also beide: das eine, weil es auf seinen Platz kommt, das andere, weil es diesen verlässt. Oeffnet man bei diesem Versuch auch das andere Auge, dann wird uns klar, was vor sich geht. Das Visir nämlich zeigt sich in Doppelbildern, wenn man nach dem Gegenstande blickt, der Gegenstand aber, wenn man nach dem Visir sieht, und beim abwechselnden Fixiren sieht man die Doppelbilder des einen respective von rechts und links her sich einander nähern, während die des anderen nach rechts und links auseinander gehen. Die Verschiebungen nach entgegengesetzten Seiten können sich dann in unserer Vorstellung einander aufheben, sodass Visir sowohl als Gegenstand an ihrem Platze bleiben. Macht man aber den Versuch mit einem Auge, dann sieht man jedes Mal nur eines der Doppelbilder, und seine nun

nicht compensirte Scheinbewegung macht den Eindruck einer wirklichen.

Ungefähr auf diese Weise ist der Versuch durch Helmholtz*) ausgeführt und beschrieben worden. Schon vor mehr als zehn Jahren wurde er mir von Giraud-Teulon gezeigt, der uns hier mit einem Besuch beehrte, und ich gab damals dieselbe Erklärung, die man hier gelesen hat. Eine sehr passende Manier ist, sich vor ein Fenster zu stellen und abwechselnd ein Fleckchen auf dem Glase und einen entfernten Gegenstand in derselben Richtung zu fixiren.

Helmholtz macht darauf aufmerksam, dass beim Gebrauch des rechten Auges die Verschiebung geringer erscheint, als beim Gebrauch des linken. So ist es auch bei mir und bei den Meisten. Besonders auffallend ist dieser Unterschied, wenn man durch eine sehr kleine, nach einander dicht vor das rechte und vor das linke Auge (wie bei entoptischen Untersuchungen) gehaltene Oeffnung nach entfernten Gegenständen sieht und abwechselnd die Oeffnung selbst zu sehen sucht, oder wenn man ein kleines Reflectionsbild in den vorderen Brennpunkt hält, und, bei fortgesetzter Fixation des einen Auges, seine Convergenz verändert. Auch beim Auseinanderweichen und Sich-nähern der Doppelbilder, wenn beide Augen geöffnet sind, erhalte ich leicht die Vorstellung, dass die Bewegungen des mit dem rechten Auge gesehenen Halbbildes geringer sind. Schützen, welche gewohnt sind mit dem rechten Auge zu visiren und dabei abwechselnd nach dem Visir und nach dem Gegenstand sehen, bemerken nichts von der scheinbaren Verschiebung, und denen, die seit langer Zeit das Licht des einen Auges entbehrt haben, ist die Vorstellung davon auf keine Weise beizubringen.

*) l. c. p. 607.

Aehnliche Versuche nun sind von Hering ausgeführt und mit besonderem Nachdruck hervorgehoben, um zu beweisen, dass wir die Gegenstände nicht nothwendig auf die Gesichtslinien projiciren. Und in der That, während allein das geschlossene Auge sich nach rechts und links bewegt, scheinen die durch das andere Auge unbeweglich fixirten Gegenstände ihren Ort zu verändern. Bei unveränderter Gesichtslinie also veränderte Projection!

Die Auflösung ist in Vorstehendem bereits enthalten. Wir haben nämlich gesehen, dass die binocular fixirten Gegenstände sich zeigen im Kreuzungspunkt der Gesichtslinien. Nun, dann muss die Vorstellung von der Lage, bei unveränderter Richtung der einen Gesichtslinie, durch veränderte Richtung der anderen modificirt wer-

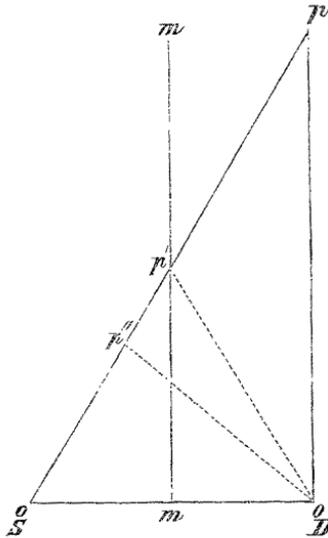


Fig. 2.

den. Sei in Fig. 2, op die unveränderte Richtung der Gesichtslinie des linken Auges S ; op , op' und op'' drei

Richtungen der Gesichtslinie des rechten Auges D, dann liegt der Gegenstand bei diesen drei Richtungen, einmal, in p, rechts von der Mediane ebene mm, bei p' gerade in der Mediane ebene und bei p'' links von dieser Ebene. Nun ist es gleichgültig für das Urtheil, ob beim Fixiren eines der Augen verdeckt wird. Man fixire einen Gegenstand scharf, binocular, und schiebe vor eines der Augen einen Schirm: der Gegenstand behält unverändert seinen Platz. Oder man bringe die Ebene eines Schirmes in die Mediane ebene: so bleibt Alles an seinem Platz und man weiss selbst nicht einmal, dass man nun fast alle Gegenstände nur mit einem Auge sieht. Bei dem Versuch, zu welchem Fig. 2 gehört, kann also das rechte Auge geschlossen bleiben: vorausgesetzt, dass es nach einander auf p, p' und p'' gerichtet werde, wird der in der Gesichtslinie von S gelegene Punkt ebensowohl von der rechten Seite durch die Mediane ebene nach der linken Seite verschoben werden. Eigentlich müsste, falls nur ein Gegenstand auf der rechtseitigen Gesichtslinie liegt, z. B. p, da die Doppelbilder ausbleiben, dieser Gegenstand sich hierbei zugleich dem Auge nähern. Allein das thut er nicht, oder wenigstens unvollkommen, da der Gesichtswinkel, unter welchem er erscheint, fast derselbe bleibt. Man würde sich also zugleich vorstellen müssen, dass der Gegenstand in demselben Maasse kleiner wird, als man sich ihn näher denkt, und einer solchen Forderung gegenüber gibt sich die Entfernungs-Involution verloren.

Dies, was die Gesichtslinien betrifft.

Was die übrigen Richtungslinien angeht, so halte man daran fest, dass diese auf jedem Auge den Gesichtslinien folgen. Sie projectiren unveränderlich unter demselben Winkel mit den Gesichtslinien. In dem oben beschriebenen Versuch ist dieser Winkel = 0: deshalb wurde beim Fixiren des Visirs der Gegenstand in der-

selben Richtung gesehen und umgekehrt das Visir beim Fixiren des Gegenstandes*). Aber was daneben liegt, macht bei den Bewegungen des geschlossenen Auges dieselbe seitliche Ortsveränderung mit.

Man wird nun noch deutlicher einsehen, weshalb wir nicht sagen können, dass die Doppelbilder im absoluten Sinne auf den Richtungslinien erscheinen. Stets folgen ihre Projectionen in jedem Auge derjenigen der Gesichtslinie, und auch diese ist für jedes Auge nicht absolut, sondern im Gegentheil, wie wir sahen, abhängig von der Richtung der Gesichtslinie des anderen Auges.

Wollen wir die Lage der Doppelbilder graphisch darstellen, dann müssen wir die Richtungslinien verlängern bis auf die Entfernung, wo der Kreuzungspunkt der Gesichtslinien liegt. Erst dort haben die Gesichtslinien einen gemeinsamen Punkt im Raume, und — nehmen also auch die Punkte, die auf den Richtungslinien, gleichgültig welchen Auges, gelegen, bezüglich zu einander und zum fixirten Punkte den Platz ein, der die Richtung vergegenwärtigt, in welcher sie gesehen werden. Diese graphische Darstellung von der Entfernung des Kreuzungspunktes der Gesichtslinien ist also, wenigstens bei gekreuzten Doppelbildern (vergl. Fig. 2), nothwendig für Appreciation der bezüglichen Richtung und präjudicirt nichts, was die Entfernung betrifft.

Am Ende dieser ausführlichen Betrachtung sehen wir uns zu unserem alten Satze zurückgeführt: dass wir die Gegenstände direct da sehen, wo die Bewegungs-Innervation die Gesichtslinien zur Kreuzung bringt, und indirect mit jedem Auge unter einem Winkel mit der Gesichtslinie

*) Von dem Unterschied zwischen Gesichtslinien und Visirlinien darf ich hier wohl abstrahiren.

linie, welcher durch die Richtungslinie des getroffenen Netzhauptpunktes bestimmt wird.

Dies ist es, was wir zu beweisen wünschten. Das Resultat ist leicht zu fassen und das Prinzip seiner Entstehung ebenso leicht zu begreifen. Ich darf deshalb hoffen, dass die gegebene Darstellung Eingang finden wird.

Zum Schluss muss ich noch einmal auf Hering's Cyclophen-Auge zurückkommen.

Dass es thatsächlich richtig ist, zu sagen: wir sehen einen fixirten Punkt, sowohl mit jedem Auge für sich, als mit beiden Augen zugleich, in einer Richtung, in welcher ein auf diesen Punkt gerichtetes Auge, mitten zwischen beiden Augen liegend, ihn erblicken würde, — liegt in meiner Darstellung enthalten. Wenn, wie ich behaupte, der fixirte Punkt im Kreuzungspunkt der Richtungslinien gesehen wird, dann liegt er ja auch gewiss auf der Linie, die den Winkel, unter welchem sie einander schneiden, halbirt. Aber um von einem Kreuzungspunkt reden zu können, der nicht nur die Richtung, sondern auch die Entfernung bestimmt, sind zwei Augen erforderlich. Die Reduction zu einem Cyclophenauge verzichtet hierauf. Das imaginäre Cyclophenauge gibt also nicht, was es geben müsste: es ist ungenügend.

Von dem Cyclophenauge ist inzwischen noch ein weiterer Gebrauch gemacht worden. „Ich habe gefunden,“ sagt Helmholtz*), „dass auch für die scheinbare Lage des Netzhauthorizonts eine ähnliche Abhängigkeit von den Raddrehungen beider Augen besteht, wie für die scheinbare Richtung der Gesichtslinie.“ Habe ich

*) l. c. p. p. 608—612.

Helmholtz richtig verstanden, dann möchte ich glauben, dass das Gesagte einiger Einschränkung bedürfe (vergl. Beilage C). Es ist vollkommen richtig, dass auch bezüglich der Raddrehung die beiden Augen sich zu einer mittleren Wirkung combiniren. Eine solche Combination zu einem Mittel kommt unter allen Umständen vor. Fixiren wir z. B. mit starker symmetrischer Convergenz einen ausgespannten Faden oder noch besser einen horizontalen Lichtstreifen, dann sehen wir diesen wirklich horizontal; allein wir können uns doch unschwer überzeugen, dass sich uns eigentlich, zwei, sich im Fixirpunkt kreuzende Bilder darstellen, die, durch jedes Auge besonders gesehen, in entgegengesetzten Richtungen von der Horizontalen abweichen, deren Mittel aber horizontal ist.

Bei asymmetrischer Convergenz sind die Abweichungen weniger gleich, aber wir nehmen binoculär wieder ungefähr das Mittel, die wahre Horizontale.

Eine richtige Anzeige über die Stellung verticaler und horizontaler Linien würde also ein Cyclopenauge geben, welches das Mittel der Axendrehung ausgeführt hätte. Dieses Cyclopenauge würde sehen wie beide Augen zusammengenommen. Man kann aber nicht sagen, dass es sehen würde wie jedes Auge für sich. Dies ist schon deshalb unmöglich, weil jedes Auge eine verschiedene Neigung sieht. Für die Gesichtslinien ist es etwas ganz anderes. Man sieht den fixirten Punkt mit jedem Auge im Kreuzungspunkt der Richtungslinien. Dieser Kreuzungspunkt verschiebt sich nach derselben Seite, nach welcher das verdeckte Auge sich dreht: die Richtung der Drehung theilt sich mithin der Vorstellung mit, welche vom geöffneten Auge ausgeht. Bei der Raddrehung aber entsteht die Vorstellung als das Mittel zwischen zwei Neigungen, von welchen, mit dem Schliessen eines Auges, die eine ausfällt. Sie hört also auf compensi-

rend zu wirken mit Bezug auf die andere. Wir sehen dann mit dem einen Auge nothwendig eine Neigung, die in Wirklichkeit vorhanden sein müsste, um auf beiden Augen das als Mittlere herbeizuführen, was auf dem einen anwesend ist, denn — was mit einem Auge gesehen wird, glauben wir mit beiden zu sehen.

In der That verhält sich die Sache ebenso mit der scheinbaren Neigung, die den verticalen Meridianen zukömmt. Wenn man mit beiden Augen durch einen Cylinder gegen eine weisse Fläche ansieht, so stellt man einen Faden vertical ein. Ein Auge sieht seine eigene Neigung, welche, unter allen Umständen, um so mehr von der binoculären abweichen wird, je mehr das andere Auge beim binoculären Sehen compensirt haben würde.

Für die Raddrehungen scheint mir also das Cyclo-penauge aus einem anderen Grunde unzureichend zu sein, als für die Richtungen der Blicklinien: bei diesen weil es vom Kreuzungspunkt abstrahirt, bei jenen, weil es nur ein Mittel gibt von Vorstellungen, welche für das eine Auge verschieden sind von den des anderen.

Bezweckt das Cyclo-penauge nichts weiter als eine Verschmelzung der getrennten Vorstellungen, dann liesse es sich noch des Weiteren anwenden. Man würde dann sagen können, dass es die Farben combinirt: bei momentaner Erleuchtung wenigstens erhält man ungefähr die Vorstellung der Mischfarbe, ohne eine Spur von Wettstreit, und es ist mithin, als ob ein Cyclo-penauge das Licht von beiden Augen erhielte. Dasselbe gilt in gewissem Grade für die Grösse des Gesichtswinkels, unter welchem wir einen Gegenstand sehen. Einen kleinen, seitlich vom Gesicht gehaltenen Gegenstand sieht man grösser mit dem Auge derselben, kleiner mit dem Auge der entgegengesetzten Seite, mit beiden Augen in seiner mittleren Grösse — und zwar etwa so gross, wie ihn ein Cyclo-penauge sehen würde.

Aber ich vermeide doch gern den Ausdruck „Cyclo-
popenauge,“ weil man eine ungenaue oder ungenügende
Vorstellung damit verbinden könnte und es doch wahr-
lich nicht schwer zu begreifen ist, dass man eine Vor-
stellung empfängt, die ungefähr dem Mittel aus den
Eindrücken beider Augen entspricht.

Später kommt Helmholtz^{*)} noch einmal auf das
Cyclo-
popenauge zurück, um darauf aufmerksam zu machen,
dass die davon ausgehenden „Sehrichtungen“ sich niemals
schneiden können, und dass die Beschwerden, welche die
gekreuzten Doppelbilder der beiden Augen in dieser Be-
ziehung machen, damit fortfallen. Man hat aber nur, wie
dies durch Helmholtz^{**)} sachgemäss beachtet wurde,
jede Richtungslinie auf die Gesichtslinie ihres eigenen
Auges zurückzuführen, um alle Beschwerde aus dem
Wege zu räumen. Und verlängert man die Richtungs-
linien für die gekreuzten Bilder bis auf die Entfernung
des Kreuzungspunktes der Gesichtslinien, wo beide einen
und denselben Punkt im Raume vergegenwärtigen, dann
zeigt das Diagramm auch die richtige Lage der Doppel-
bilder an.

Wir wollen also lieber Hering's Doppelaugē nicht
cyclopisch verbinden.

B e i l a g e n.

A. Abschätzung der Entfernung der Con-
vergenz bei directem Sehen.

a. Der Beobachter befindet sich in einem vollkommen
dunkeln Kasten, in stehender Haltung, die Stirn unbe-

^{*)} l. c. p. 745.

^{**)} l. c. p. 696.

weglich gegen zwei Stützpunkte anlehnend, und sieht nach einem in veränderlicher Entfernung hervorgebrachten Lichtpunkt, der aus schnell auf einander folgenden, sehr kleinen Inductionsfunken besteht. Nach ein paar Sekundenlanger Fixirung hat er mit seinem, mit Kautschuk bekleideten Zeigefinger der rechten Hand den Funken zu treffen. Unmittelbar nach der Bewegung wird das Tageslicht hereingelassen und der Abstand des Lichtpunktes und der Fingerspitze vom Auge in Millimetern abgelesen. Um alle aus der Stärke des Lichtpunktes hervorgehende Andeutung über die Entfernung auszuschliessen, wird die secundäre Rolle ab und zu verschoben. Beständig aber wird der Lichtpunkt so schwach gehalten, dass selbst die Electroden und was sonst noch in dem Kasten zugegen ist, vollkommen unsichtbar bleiben.

Entfernung von Lichtpunkt.	Fingerspitze.	Fehlweisung.	Entfernung der Rolle.
400	397	— 3	20
510	510	0	"
360	351	— 9	"
560	569	+ 9	"
450	447	— 3	"
450	459	+ 9	0
400	381	— 19	10
200	207	+ 7	"
260	268	+ 8	40
140	136	— 4	"
360	388	+ 28	30
210	217	+ 7	"
430	465	+ 35	0
530	514	— 16	0
200	209	+ 9	5
200	205	+ 5	5
450	476	+ 26	10

Entfernung von		Fehlweisung.	Entfernung der Rolle.
Lichtpunkt.	Fingerspitze.		
230	231	+ 1	10
115	124	+ 9	10
450	448	- 2	30
110	114	+ 4	0
460	475	+ 15	0
300	310	+ 10	20
460	476	+ 16	15
350	343	- 7	15
580	580	0	25
120	140	+ 20	20
390	412	+ 22	0
65	70	+ 5	35
470	474	+ 4	35
610	576	- 34	15

Mittlere Fehlweisung . . . 10,8.

b. Der Kasten bleibt offen. Alle Gegenstände sind erleuchtet. Man öffnet die Augen, sieht die Electroden, schätzt die Entfernung, schliesst die Augen wieder und hat nun mit dem Finger den Punkt zwischen den Electroden zu treffen. Die Resultate sind:

Entfernung von		Fehlweisung.
Lichtpunkt.	Fingerspitze.	
420	422	+ 2
260	280	+ 20
230	255	+ 25
150	146	- 4
460	470	+ 10
250	251	+ 1
80	105	+ 25
490	478	- 12
330	327	- 3
600	610	+ 10
210	227	+ 17

Entfernung von		Fehlweisung.
Lichtpunkt.	Fingerspitze.	
420	442	+ 22
80	110	+ 30
540	544	+ 4
330	227	— 3
130	130	0
450	465	+ 15
630	527	— 3
130	133	+ 3
130	135	+ 5
330	344	+ 14

Mittlere Fehlweisung . . . 10,7.

c. Eine andre Reihe mit dem Lichtpunkt im dunkeln Kasten, wie sub a.

Entfernung von		Fehlweisung.	Entfernung der Rolle.
Lichtpunkt.	Fingerspitze.		
330	314	— 16	20
480	503	+ 23	"
510	522	+ 12	"
390	402	+ 12	0
300	311	+ 11	0
155	161	+ 5	0
70	95	+ 25	30
540	580	+ 60	15
600	602	+ 2	"
220	235	+ 15	"
80	80	0	25
510	538	+ 28	20
610	629	+ 19	"
380	376	— 4	"
150	159	+ 9	5
60	60	0	5
107	111	+ 4	10
200	211	+ 11	10
580	578	— 2	15

Mittlere Fehlweisung . . . 12,9.

Man sieht, dass bei geöffnetem Kasten, während alle Gegenstände bei Tageslicht gesehen werden, die Fehlweisung fast ebenso gross ist, als bei einem einzelnen sichtbaren Lichtpunkt. Das Urtheil über die Entfernung eines Lichtpunktes innerhalb des Bereiches der Hand ist für den, welcher zwei gute Augen hat, also beinahe ebenso vollkommen, als wenn alle andere Factoren zur Beurtheilung der Entfernung zugleich gegeben sind. Der von der Entfernung des Cylinders abhängige Unterschied in der Helligkeit des Lichtpunktes blieb ohne Einfluss.

Verschiedene meiner Freunde haben diese Versuche wiederholt und keine grössere Fehlweisung bekommen als ich, Hr. Abrahamsz sogar nur 9,7 Millimeter.

B. Abschätzung der Entfernung bei indirectem Sehen.

Während der Lichtpunkt im Kasten in einer festen Entfernung von 300 Millimeter fixirt wurde, liess man einen einzelnen stärkeren Inductionsfunken überspringen, bald in grösserer, bald in geringerer Entfernung vom Fixirpunkt und mehr oder weniger nach rechts oder links, immer im Bereich der Hände: der Ort, wo der Funken übersprang, musste nun wieder mit dem Finger angewiesen werden.

Ich bekam folgende Resultate:

Fixirpunkt auf 300 Millimeter.

Entfernung von Funken.	Fingerspitze.	Fehlweisung.	Anmerkungen.
530	590	+ 60	
300	310	+ 10	
600	560	- 40	
240	237	- 3	
440	468	+ 28	
220	213	- 7	
580	520	- 60	

Entfernung von Funken.	Fingerspitze.	Fehlweisung.	Anmerkungen.
410	455	+ 45	
220	277	+ 57	sehr stark rechts.
550	628	+ 78	id. id.
240	234	— 6	id. id.
210	202	— 8	
580	512	— 68	
450	490	+ 40	sehr stark links.
240	233	— 7	
500	466	— 34	
540	506	— 34	
290	380	+ 90	id. id.
250	250	0	id. id.
290	299	+ 9	
340	365	+ 25	id. id.
520	504	— 16	
350	352	+ 2	
520	471	— 49	
400	520	+ 120	sehr stark rechts.
240	254	+ 14	id. links.
410	434	+ 24	
223	250	+ 27	id. links.
330	285	— 45	id. rechts.

Mittlere Fehlweisung = 35.

Mittlere Entfernung = 380.

Die Fehlweisung beträgt mithin ungefähr $\frac{1}{11}$ der Entfernung. Offenbar wird sie am grössten, wenn der Funke weit vom Fixirpunkt entfernt oder stark seitwärts überspringt. Im ersteren Falle liegen seine Doppelbilder weit auseinander, im letzteren wird gewiss manchmal, wegen der im Wege stehenden Nase, der Funke nur mit einem Auge gesehen. Schliessen wir diese Fälle aus und beschränken wir uns auf Entfernungen von 200 bis

400 Millimetern, so wird die durchschnittliche Fehlweisung nur 6 Millimeter betragen.

Auf einen Punkt verdient noch aufmerksam gemacht zu werden, dass nämlich, wenn der Funke stark seitwärts überspringt, und zwar ungefähr in gleicher Entfernung mit dem Fixirpunkt, die Entfernung regelmässig zu gross geschätzt wird. Dies stimmt mit den Resultaten, welche Hering und Helmholtz (l. c. p. 654) beim directen Sehen von verticalen Fäden erhielten.

C. Schätzung der Richtung fixirter Linien bei verschiedener Stellung der Augen.

Diese Versuche bestanden in dem möglichst genauen Vertical- oder Horizontal-Einstellen eines Fadens, der durch einen kurzen Cylinder gesehen und auf eine gleichmässige Fläche projizirt wird, und in dem jedesmaligen Feststellen der Abweichung von der Verticalen, resp. der Horizontalen. Diese Methode wurde von Hering und Anderen angewandt. Mir war es hier besonders um Bestimmungen in den Fällen zu thun, in welchen das eine Auge unveränderlich in einer Richtung, parallel zur Medianebene, zu fixiren fortfuhr, während das andere (entweder verdeckt oder nicht) nach innen gedreht wurde. Der Einfachheit halber beschränkte ich mich auf Bewegungen in der Horizontalebene, bei verticaler Kopfhaltung. Dabei führte die Convergenz bereits hinreichende Neigung der Medianen mit sich, um die Frage, auf welche es ankam, zu untersuchen. Hierzu gehört vorzugsweise die Reihe c. Zur Vergleichung mussten aber auch die übrigen Resultate mitgetheilt werden. Ich beschränke mich auf die Mittheilung der Durchschnittswerthe von 10 oder 12 Beobachtungen, mit dem Bemerken, dass, abgesehen von sehr forcirten Convergenzen, der Wahrscheinlichkeitsfehler ein geringer war.

Dreht sich das Auge nach links um die Gesichtsaxe (man kann dies zwischen zwei Fingern bequem be-

werkstelligen), alsdann sieht man alle Linien sich nach rechts um den Fixirpunkt drehen, — wie der Zeiger einer Uhr: eine Linie, die in Wirklichkeit nach links überneigt, wird also dabei horizontal erscheinen können. Hieraus folgt, dass, wenn wir den Faden im Cylinder nach links hinüberneigen, das Auge auch nach links um seine Axe gedreht ist: diese Richtung nennen wir die negative. Positiv ist die Drehung des Auges, wenn wir einen nach rechts geneigten Faden für vertical halten.

a. Beim Verdecken von einem Auge wird, abwechselnd mit dem rechten und linken, der Faden vertical, darauf horizontal gestellt und die Abweichung von der wirklichen Verticalen und Horizontalen abgelesen. Das Einstellen geschieht bei verticaler Kopfhaltung und horizontal gerichteten

parallelen Gesichtslinien.

	Vertical.	Horizontal.	Unterschied.
Rechtes Auge	+ 0 ^o .22	— 0 ^o .69	0 ^o .91
Linkes Auge	— 3 ^o .86	— 3 ^o .25	0 ^o .61
<hr/>			
Winkel <i>m</i>	= 4 ^o .08	2 ^o .56	1 ^o .52.

Zu anderen Zeiten gaben neue Reihen mir folgende Werthe:

	Vertical.	Horizontal.	Unterschied.
Rechtes Auge	— 0 ^o .93	*)	
Linkes Auge	— 4 ^o .30		
<hr/>			
Winkel <i>m</i>	= 3 ^o .37	2 ^o .71	0 ^o .66.
Ferner:			
Rechtes Auge	+ 0.53		
Linkes Auge	— 3.38		
Winkel <i>m</i>	= 3 ^o .97		

*) Ich hatte keine absolute Horizontale zur Vergleichung und konnte also nur den Winkel *m* aus dem Unterschiede zwischen rechtem und linkem Auge herleiten.

Aus diesen Resultaten geht hervor, dass, wenn man beim binoculären Sehen der durchschnittlichen Anweisung der beiden Meridiane folgt, die Verticale als nach rechts hinüberneigend erscheinen muss, und zwar, unter den bei der ersten Versuchsreihe bestehenden Bedingungen, $0^{\circ}.22 + 3^{\circ}.86 : 2 = 2^{\circ}.04$, die Horizontale $0^{\circ}.69 + 3^{\circ}.25 : 2 = 1^{\circ}.97$. Eine Abweichung in diesem Sinne kömmt wirklich bei mir vor: mit dem rechten Auge allein beurtheile ich bei diesen Versuchen die Richtungen von Linien richtiger, als mit beiden Augen.

b. Abwechselnd wurde eines der Augen verdeckt, unmittelbar nach dem Verdecken der Faden vertical gestellt, die Deckung aufgehoben und das Resultat als richtig angesehen, wenn es sich ergab, dass während des Verdeckens die Convergenz unverändert geblieben war.

Symmetrische Convergenz nach einem in der Medianebene gelegenen Punkt, in Ctm.

	Unendlich	30	19	10	6	4
R. Auge	— $0^{\circ}.93$	— $0^{\circ}.81$	— $0^{\circ}.16$	+ $1^{\circ}.44$	+ $1^{\circ}.86$	+ $1^{\circ}.79$
L. Auge	— $4^{\circ}.3$	— $3^{\circ}.53(?)$	— $5^{\circ}.34$	— $6^{\circ}.45$	— $7^{\circ}.44$	— $9^{\circ}.5$
Wink. <i>m</i>	= $3^{\circ}.37$	$2^{\circ}.72(?)$	$5^{\circ}.18$	$7^{\circ}.89$	$9^{\circ}.30$	$11^{\circ}.29$
Berechnete binoculäre Neigung	— $2^{\circ}.61$	— $2^{\circ}.17(?)$	— $2^{\circ}.7$	— $2^{\circ}.5$	— $2^{\circ}.79$	— $3^{\circ}.58$
Beobachtete	— $1^{\circ}.76$	— $1^{\circ}.72$	— $1^{\circ}.21$	— $1^{\circ}.26$	— $1^{\circ}.7$	

Es ist klar, dass bei zunehmenden Convergenzen der verticale Meridian des rechten Auges mehr und mehr nach rechts, der des linken Auges mehr und mehr nach links hinüberneigt. Die durchschnittliche Neigung bleibt links. Auf die durchschnittliche (beobachtete) macht sich die Neigung des rechten Auges stärker geltend, als die des linken.

In einer früheren Reihe von Versuchen nahmen die

Neigungen, sowohl für das rechte, als für das linke Auge, bei gleichen Convergenzen wie oben fast um $\frac{1}{4}$ weniger zu. Auch in einer anderen Reihe, bei welcher die Beobachtungen mit horizontalen Linien ausgeführt wurden, wurden kleinere Werthe gefunden.

Horizontale Stellung.

Symmetrische Convergenzen.

	Unendlich.	Mässige.	Sehr starke.
R. Auge	— 0°.69	+ 0°.83	+ 1°.99
L. Auge	— 3°.25	— 4°.8	— 5°.55
Winkel m	2°.56	5°.63	7°.54.

c. 1. Gesichtslinie des rechten Auges bleibt unverändert parallel der Medianebene, während die des linken sich nach innen drehend, die des rechten schneidet in asymmetrischer Convergenz, in Ctm.

	30	19	10	6	max.
Rechtes Auge	— 1°.35	— 0°.33	+ 1°.3	+ 1°.85	+ 1°.25
Linkes Auge	— 5°.87	— 5°.66	— 7°.07	— 8°.16	— 9°.81
Winkel m	4°.52	5°.33	8°.37	10°.01	11°.96
Berechnete bino- culäre Neigung	} 3°.61	2°.99	2°.89	bleiben Doppel-	
Beobachtete		2°.98	2°.69	2°.33	id.

Hieraus geht auf's Deutlichste hervor, dass, während bei zunehmender Convergenz der verticale Meridian des linken Auges mehr und mehr nach links überneigt, der des rechten Auges eine Neigung nach rechts erhält. Bei einer Convergenz von 30 bis 6 ctm. beträgt dieselbe hier nicht weniger als $1°.35 + 1°.85 = 3°.2$. Mag auch die wirkliche Neigung der scheinbaren nicht ganz entsprechen, so geht jedenfalls daraus hervor, dass die zunehmende negative Neigung im linken Auge am rechten keine scheinbare Neigung in gleichem Sinne hervorbringt, wie dieses Helmholtz vermuthete. — Er macht

allerdings darauf aufmerksam, dass er sich der Versuche mit starker Convergenz enthalten musste, weil sie ihm Kopfschmerz verursachten.

Ich habe durch Uebung meine Augen in vielen Hinsichten beherrschen gelernt und dabei auch eine grosse Virtuosität darin erlangt, die eine Gesichtslinie vollkommen unbeweglich zu erhalten, während die andre selbst bis zum Maximum nach innen gedreht wird. Dabei ist nicht das Geringste von dem Zucken zu sehen, welches Hering für damit verknüpft hält. Um inzwischen sicher zu sein, dass die Gesichtslinie des rechten Auges beim Fixiren des Fadens der Medianebene parallel war und blieb, wurde an einem starken Brillengestell ein biegsamer Metalldraht mit glänzendem Ende befestigt und, bei fester Lage des Gestelles auf der Nase, so gebogen, dass beim Sehen in der Entfernung bei aufrechter Kopfhaltung und horizontalen Gesichtslinien, parallel der Medianebene, das diffuse Bildchen des glänzenden Endes den fixirten Punkt deckte. Bei den obigen Bestimmungen wurde nun abwechselnd vor das eine und vor das andere Auge ein kleiner Schirm gehalten und die Stellung des Drahtes als richtig angenommen, wenn beim Fortnehmen des Schirmes die Richtung der Gesichtslinie sich als unverändert zeigte. Bei den höchsten Graden der Drehung nach Innen konnten beide Augen offen bleiben, weil die Doppelbilder alsdann weit genug auseinander standen, um bei der Stellung des Drahtes vor das eine, von dem andern Halbbild zu abstrahiren: diese Beobachtungen versprechen gerade die grösste Exactheit.

2. Gesichtslinie des linken Auges unverändert. Hierbei wurden einfach beim Maximum der Einwärts-Drehung des rechten die Stellungen beobachtet und verglichen:

Asymmetrische Convergenz.

	Parallele Gesichtslinien.	Maximum der Einwärts- Drehung des rechten Auges.
Rechtes Auge	— 0°.93	+ 4°.95
Linkes Auge	— 4°. 3	— 5°.31
Winkel m	3°.43	10°.26.

In diesem Falle wurde die positive Neigung am rechten Auge viel mehr gesteigert, als die negative am linken. Aber unzweifelhaft nimmt doch auch die letztere zu und in keinem Falle entwickelt sich scheinbar eine Neigung, wie die des rechten Auges.

Die Versuche wurden zu verschiedenen Zeiten wiederholt, unter anderem in obigem Falle, wo bei parallelen Gesichtslinien das rechte Auge eine positive Stellung des verticalen Meridians zeigte. Gesichtslinie des rechten Auges unverändert.

Asymmetrische Convergenz.

	Parallele Gesichtslinien.	Maximum der Einwärts- Drehung des linken Auges.
Rechtes Auge	+ 0°.53	+ 2°.48
Linkes Auge	— 3°.38	— 6°.06
Winkel m =	3°.91	9°.54.

Auch bei horizontaler Stellung des Drahtes wurden dieselben Versuche gemacht und zwar zwei Reihen I und II. Gesichtslinie des rechten Auges unverändert.

	Parallele Gesichtslinien.	Maximum der Einwärts- Drehung des rechten Auges.
Rechtes Auge	— 0°.69	+ 2°.9
Linkes Auge	— 3°.25	— 4°.78
Winkel m =	2°.56	7°.68

Endlich bei horizontaler Stellung noch eine Reihe, wobei die Gesichtslinie des linken Auges, unverändert, gerade nach vorn gerichtet blieb.

	Parallele Gesichtslinien.	Maximum der Drehung des rechten Auges.
Rechtes Auge	— 0°.69	+ 2°.9
Linkes Auge	— 3°.25	— 4°.78
Winkel $m =$	2°.56	7°.68.

Alle diese Versuche, obgleich etwas auseinandergehend, liefern den positiven Beweis, dass bei asymmetrischer Convergenz, während das eine Auge unverändert parallel der Medianebene gerichtet bleibt, sein Meridian sich in entgegengesetztem Sinne neigt zu dem des andern, stark nach innen gerichteten Auges.

Ein paar Bemerkungen mögen hier noch Platz finden. Zuerst will ich hinweisen auf die Abweichungen der Lage bei horizontalen parallelen Gesichtslinien an verschiedenen Tagen. Für das rechte Auge waren die grössten Differenzen $0.53 + 0.9 = 1°.43$. Auch die binoculäre Einstellung lief ziemlich auseinander. Es ist allerdings, selbst beim freien Sehen, unser Urtheil über die verticale Stellung ziemlich schwankend. In Amsterdam gibt es eine enge Gasse, deren Hausgiebel sich etwas gegen einander neigen. Würde man dort nun ein Haus mit senkrechtem Giebel bauen, so würde sich dieser sehr ausgesprochen hintenüber zu neigen scheinen. Sollte unser Urtheil über die Verticale nicht besonders beeinflusst werden durch die letzten Beobachtungen von Linien, die wir für verticale halten zu müssen glaubten? — Gleichwohl werden wir nicht immer der Ursache der Abweichungen unseres Urtheils auf die Spur kommen können.

Demnächst ist es die Frage, ob, natürlich bei gleicher Stellung des Kopfes und bei Bewegung der Augen in der Horizontalebene, die scheinbare Neigung der Meridiane als die wahre angesehen werden darf. Zwar ist der Winkel m , den z. B. die scheinbar verticalen Meri-

diane der beiden Augen miteinander machen, wie ich glaube, aus der Neigung der mit beiden Augen gleichzeitig nahe bei einander gesehenen Bilder, mit gutem Recht herzuleiten. Aber auf das Urtheil über die Stellung jedes besonderen Bildes, würde die Muskelwirkung, besonders wenn sie forcirt ist, verändernd eingreifen können. Sicherheit würden hier nur Nachbilder geben, eines farbigen Bandes z. B., welche man vorher bei parallelen Gesichtslinien gesehen hätte. Allein ich finde, dass diese, wenigstens bei den stärksten Graden der Convergenz, wobei die veränderte Neigung erst recht deutlich zu constatiren sein sollte, sich sehr unvollkommen entwickeln und also im Stiche lassen. Dies war mir schon klar geworden, als mein, zu früh dahin gegangener, junger Freund Bloemert Schuerman (vergl. Vijfde jaarlijksch Verslag van het Nederl. Gasthuis voor ooglijders, — met wetenschappelijke bijlagen, p. 23 u. ff., Utrecht 1864) zu finden glaubte, dass bei jenen forcirten Bewegungen sogar die correspondirenden Punkte der beiden Netzhäute ihre Beziehungen veränderten. Dies gewiss höchst sonderbare Resultat wagte ich nicht zu acceptiren, allein es machte auf mich doch einigen Eindruck, dass Schuerman sich so positiv davon überzeugt zu haben meinte.
