ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Physiologische Versuche über binoculäres Sehen, angestellt mit Hilfe planparalleler Glasplatten.

Von **Dr. Alexander Rollett,**
Assistenten am physiologischen Institute der Wiener Universität.

(Mit 2 Tafeln.)

Als Brücke[1]) im Jahre 1841 seine Theorie des Körpersehens aufstellte, nahm er den bis dahin wenig beachteten Satz, dass sich mit verschiedenen Convergenzgraden der Sehaxen ein verschiedenes Urtheil über die Tiefendistanz des fixirten Punktes nothwendig verknüpft, als einen Hauptsatz in seine Lehre auf.

Seitdem hat jener Satz angefangen eine wichtige Rolle in der Physiologie zu spielen. Bald unterzogen ihn H. Meyer[2]) und etwas später Brewster einer experimentellen Kritik und der Erstere der genannten Forscher konnte dem bestätigenden Resultate seiner mit dem Spiegelstereoskop angestellten Versuche noch die Thatsache beifügen, dass auch unser Urtheil über die Grösse der gesehenen Gegenstände durch den Convergenzgrad der Sehaxen wesentlich modificirt wird.

Man wusste jetzt, dass Gegenstände von constanter Grösse und in constanter Entfernung von dem Augenpaare scheinbar verschieden gross und in verschiedener Entfernung gesehen werden, wenn Nichts sich ändert als der Convergenzwinkel der Sehaxen, unter welchem wir sie beschauen.

Bei grösserem Convergenzwinkel erscheinen sie angenähert und verkleinert, bei kleinerem Convergenzwinkel in die Ferne gerückt und vergrössert.

[1]) Müller's Archiv 1841, p. 439.
[2]) Poggendorff's Annalen Bd. 85, p. 198.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Die erstere dieser zwei Thatsachen hat sich eben so schön als lehrreich bei dem von Helmholtz[1]) erfundenen Telestereoskop bewahrheitet.

Ich beziehe mich hier zunächst auf die von Helmholtz empfohlene Verwendung der einfachsten Form seines Instrumentes zur Betrachtung näher gelegener Gegenstände.

Stellt man dabei die Sgiegeln so, dass man mit den Sehaxen stark convergiren muss, um die Gegenstände einfach zu sehen, so erscheinen sie, abgesehen von ihrer stärkeren körperlichen Wirksamkeit, näher gerückt und kleiner, als beim Beschauen mit unbewaffneten Augen einzig und allein darum, weil wir sie durch das Instrument eben unter einem viel grösseren Convergenzwinkel wahrnehmen, als ohne dasselbe. Die Aufgabe, einen Gegenstand unter einem andern Convergenzwinkel erscheinen zu lassen, als unter welchem er vermöge seiner Entfernung von den Augen erscheinen sollte, findet in dem Helmholtz'schen Instrumente ihre Lösung auf katoptrischem Wege. Dies wird hier bemerkt, weil ich daran erinnern muss, dass dieselbe Aufgabe, obwohl in entgegengesetztem Sinne und zu anderen Zwecken, auch schon auf dioptrischem Wege gelöst wurde.

Brücke[2]) hat sich in neuester Zeit dazu prismatischer Gläser bedient und seine prismatische Dissectionsbrille construirt, durch welche man kleine nahe Gegenstände bei schwacher Convergenz der Sehaxen wahrnimmt. Etwas später[3]) empfahl er eine ähnlich wirkende Lesebrille.

In dieser Abhandlung soll nun eine andere ebenfalls dioptrische Methode zur Regulirung der Convergenz der Sehaxen mitgetheilt werden. Sie besteht darin, dass man ein paar gegeneinander geneigter planparalleler Glasplatten vor die Augen legt.

Ich will diesen Fall darum behandeln, weil er Gelegenheit bietet mit ein und demselben Apparat den Convergenzwinkel bald zu vergrössern, bald zu verkleinern und so den Einfluss der verschiedenen Convergenzgrade auf unser Urtheil über Grösse und Tiefendistanz der Objecte leicht und anschaulich zu demonstriren.

Ausserdem werden sich einige die Lehre vom Körpersehen betreffende Versuche daran knüpfen lassen.

[1]) Poggendorff's Annalen Bd. 102. p. 167.
[2]) Archiv für Ophthalmologie Bd. 5, p. 180.
[3]) Wiener med. Wochenschrift, 1860. Nr. 23.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Es ist bekannt, dass eine planparallele Glasplatte schräg gegen die Gesichtslinie des Auges gehalten die geschehenen Gegenstände verschiebt.

Die Grösse und die Richtung der scheinbaren Verschiebung ist abhängig von der Dicke der Platte, von dem Brechungsexponenten des Glases und von der Neigung der Lichtstrahlen gegen die Flächen der Platte.

In denke mir vor die zwei Augen ein paar gleicher planparalleler Glasplatten in der in Fig. 1 dargestellten Weise. Es werde ein gerade vor dem Beobachter liegender leuchtender Punkt F vor dem einen Auge nach l, vor dem andern nach r verschoben. Fällt die Sehaxe des einen Auges mit Ll, die des andern mit Rr zusammen, so wird der Punkt F in beiden Augen auf dem centrum retinae abgebildet, d. h. durch die Platten hindurch mit zwei Augen einfach gesehen, aber unter einem andern Convergenzwinkel der Sehaxen, als mit freien Augen. Wie sich sofort ergibt, ist $< LKR$ um $\gamma + \delta = 2\gamma$ grösser als $< LFR$.

Die entgegengesetzte Wirkung, eine Abnahme des Convergenzwinkels, wird sich ergeben, wenn man sich die Platten in der in Fig. 2 dargestellten Weise vor die Augen legt. $< LK'R$ ist um $\gamma' + \delta' = 2\gamma'$ kleiner als $< LF'R$.

Ich will jetzt noch zeigen, wie man sich von der Grösse der Wirkung eines bestimmten Plattenpaares genauere Kenntniss verschaffen kann.

Es geht dies am einfachsten, wenn man für beliebig angenommene, hinter dem Plattenpaare statthabende Augenstellungen, das centrum retinae jedes Auges als leuchtenden Punkt ansieht. Der Punkt des Raumes, in welchem sich die vom centrum retinae ausgehend gedachten Sehstrahlen nach ihrer Verschiebung vor dem Plattenpaare schneiden, ist offenbar der fixirte Punkt, die scheinbare Verschiebung dieses Punktes ist aber der für die Verschiebung des centrum retinae gefundenen Grösse gleich, wie ein Blick auf Fig. 1 und 2 zeigt.

$$Fl = pq \quad , \quad Fr = st$$
$$F'l' = p'q' \quad , \quad F'r' = s't'$$

Man kann nun die Grösse der Verschiebung, den Unterschied der Convergenzwinkel und die Entfernung des fixirten Punktes vom

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Mittelpunkt der Grundlinie leicht ermitteln, unter folgenden Voraussetzungen:

1. Der Scheitel des angenommenen Convergenzwinkels fällt in das auf dem Mittelpunkte der Grundlinie errichtete Perpendikel.

2. Der Neigungswinkel der Platten gegen diese Medianlinie der Visirebene ist bekannt.

3. Die Dicke der Platten und

4. der Brechungsexponent des Glases sind bekannt.

Dann ist:

I. Wenn die Platten liegen, wie in Fig. 1

$$Fl = h \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}$$

nach einer von Helmholtz [1]) abgeleiteten Formel, in welcher h die Dicke der Platte bedeutet, α und β die aus Fig. 1 leicht ersichtliche Bedeutung haben.

Die zur Berechnung von Fl nöthigen Stücke finde ich:

A. den Winkel α aus

$$\alpha = \frac{\varphi}{2} - w + 90$$

$\frac{\varphi}{2}$ bedeutet den halben Convergenzwinkel, w den Neigungswinkel der Glasplatten gegen die Medianlinie der Visirebene, welcher ein für allemal auf beiden Seiten gleich sein soll.

B. den Winkel β aus

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n}$$

n bedeutet den Brechungsexponenten des Glases.

Ist Fl bekannt, so ergibt sich der Unterschied der Convergenzwinkel 2γ aus

$$\operatorname{tang} \gamma = \frac{Fl}{Ll}.$$

Durch Auflösung der rechtwinkligen Dreiecke FlK und KCL erhält man die zur Berechnung von tang γ nöthigen Stücke und kann den Abstand des fixirten Punktes vom Mittelpunkt der Grundlinie bestimmen.

II. Wenn die Platten liegen, wie in Fig. 2, hat man

$$F'l' = h \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}$$

[1]) Physiologische Optik p. 10 u. Fig. 2.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

A. α ergibt sich aus:

$$\alpha = 90 - \frac{\varphi}{2} - w$$

B. β aus:

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n}$$

Ist $F'l'$ bekannt, so ergibt sich $2\gamma'$ aus

$$\text{tang } \gamma' = \frac{F'l'}{Ll'}.$$

Durch Auflösung der rechtwinkligen Dreiecke $F'l'K'$ und $K'CL$ erhält man die zur Berechnung von tang γ' nöthigen Stücke und kann den Abstand des fixirten Punktes vom Mittelpunkt der Grundlinie bestimmen.

Eine Anwendung der aufgestellten Formeln wird man in Fällen machen, wo es sich darum handeln sollte, zwei Plattenpaare von verschiedenem Brechungsexponenten und verschiedenem Neigungswinkel mit einander zu vergleichen. Mir werden sie bei messenden Versuchen, welche ich in einem späteren Abschnitte mittheilen will, gute Dienste leisten.

Hat das Vorhergehende dazu gedient eine Einsicht in die Wirkung gegen einander geneigter planparalleler Glasplatten beim binocularen Sehen zu eröffnen, so soll das Nachfolgende eine Zusammenfassung derjenigen Beobachtungen und Versuche abgeben, welche mit Hilfe mässig dicker Plattenpaare anzustellen mir empfehlenswerth erscheint.

Ich habe es für alle Fälle zweckmässig gefunden, das zu benützende Plattenpaar mit einem Apparat zu verbinden, welchen ich vorerst beschreiben will.

Ein Holzrahmen 366 Millim. hoch, 234 Millim. breit, kann in einem etwas grösseren Rahmen, der, um festzustehen, auf 2 Füssen ruht, um eine verticale Axe gedreht werden (siehe Fig. 3). In der Lichtung des kleinen Rahmen ruht auf einem Querbalken das Plattenpaar.

Meine Platten haben eine Dicke von 21·5 Millim. Sie sind aus Crownglas geschliffen, dessen Brechungsindex relativ zur Luft von mir auf 1·52 bestimmt wurde [1]).

[1]) Die Wahl gerade dieser Platten ist rein zufällig. Der Optiker hatte sie eben vorräthig.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Ihr Querschnitt ist rhomboidisch, die lange Seite = 33 Millim., die spitzen Winkel = 45 Grad, die Platten werden mit ihren schmalen Seitenflächen an einander gelegt, bilden also mit einander einen rechten Winkel (Fig. 4). Das Plattenpaar befindet sich in einer dünnen Fassung aus schwarzem Blech, um die Spiegelung benachbarter Gegenstände thunlichst zu beschränken.

Die Fassung ist dem gewählten Plattenpaare angepasst im Übrigen von der in Fig. 3 *P* gezeichneten Form.

Ein Kästchen von vier Wänden begrenzt, hinten und vorne offen, durch eine verticale Scheidewand in 2 Abtheilungen gebracht.

Die obere Wand hat die Form des Durchschnittes einer biconcaven Linse. Der vordere und hintere Ausschnitt entspricht beiläufig der Wölbung der Stirne. Die untere Wand hat dieselbe Form wie die obere, ihre Dimension von vorne nach hinten ist aber grösser und zwar um die Tiefe zweier V-förmiger Einschnitte für die Nase. Der eine befindet sich vorne, der andere hinten, genau in der Mitte des betreffenden Randes.

Die punktirten Linien in der Figur vergegenwärtigen die Lage der Platten.

Der äussere grössere Rahmen des Apparates trägt ein seine obere Wand genau in der Mitte unter einem rechten Winkel kreuzendes Lineal, auf diesem ist eine Millimetertheilung angebracht. Vom Rahmen angefangen bis nahe an sein vorderes auf einem Halter ruhendes Ende ist es von einem viereckigen Spalt durchbrochen [1]).

In diesem werden mittelst passend zugeschnittener Korke die zu beobachtenden Objecte befestigt.

1. Das Object, ein vollkommen gerader Stahlstab, befinde sich in einer Entfernung von etwa 350 Millim. vor den Rahmen. Die Lage der Glasplatten entspricht dem Schema Fig. 1. Sieht man nun durch die Platten auf den Stab, so bemerkt man eine auffallende Annäherung desselben. Diese tritt sogleich in unzweifelhafter Deutlichkeit hervor, so wie man den Kopf in eine Lage bringt, bei der die eine Hälfte des Stabes frei, d. h. über die Platten hinweg, die andere Hälfte aber durch die Platten hindurch gesehen wird.

[1]) Will man dieses Lineales, dessen eigentlicher Zweck später ersichtlich werden soll, entbehren, so kann man die Objecte einfach auf Korke stecken und in bestimmten Entfernungen von der Mitte der Rahmen aufstellen.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Man sieht dann den Stab in zwei Theile zerspalten, von welchen der durch die Platten gesehene Theil um Vieles näher liegt als der über den Platten hinweg wahrgenommene.

Das Plattenpaar bewirkt in diesem Falle eben eine Vergrösserung des Convergenzwinkels und darum beurtheilen wir den durch die Platten gesehenen Theil des Stabes als uns näher gerückt.

2. Dreht man jetzt den innern Rahmen um 180 Grad, so dass also die Lage der Platten dem Schema Fig. 2 entspricht und sieht wieder auf den Stab, so zeigt sich derselbe in die Ferne gerückt und wenn man wie in 1 zum Theile durch zum Theile über die Platten hinweg sieht, so erscheint der Stab wieder in zwei Theile zerspalten, von denen der durch die Platten gesehene Theil viel weiter entfernt liegt als der andere, wie dies, da die Platten jetzt eine Verminderung des Convergenzwinkels bewirken, der bekannten Lehre zufolge der Fall sein muss.

Hat man in den früheren Versuchen auf die Dicke des Stabes geachtet, so hat man im ersten Falle eine Verdünnung, im zweiten Falle eine Verdickung des durch die Platten gesehenen Theiles wahrgenommen.

Indess sind die Unterschiede bei der überhaupt geringen Dicke des Stabes wenig auffallend. Es ist daher zweckmässig in dieser Beziehung sich noch anders einzurichten.

3. Über den Stab wurden zu dem Ende zwei genau gleich grosse oblonge Querhölzer von 103 Millim. Länge und 17 Millim. Höhe geschoben. Der Stab läuft durch eine genau in der Mitte der Hölzer angebrachte Bohrung und kreuzt dieselben rechtwinklig. Sieht man nun, während die Platten wie in 1. liegen, auf den Stab und hat die Querhölzer so weit aus einander geschoben, dass eines derselben durch das Plattenpaar, das andere über dasselbe hinweg wahrgenommen wird, so sieht man ein näher und ein entfernter liegendes Kreuz, und das erstere nimmt sich auffallend kleiner aus als das letztere (Fig. 5).

4. Dreht man jetzt den inneren Rahmen um 180 Grad, so erscheint das früher angenäherte Kreuz in die Ferne gerückt und vergrössert.

Es zeigt sich also in unseren Versuchen auch der Einfluss des Convergenzgrades der Sehaxen auf das Urtheil über die Grösse der Objecte in vollster Deutlichkeit.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

5. H. Meyer [1]) hat gezeigt, dass man die mit der Änderung des Convergenzwinkels zusammenfallenden Vergrösserungen und Verkleinerungen der Gesichtsobjecte auf keine Weise herleiten kann aus Dimensions-Änderungen der Netzhautbilder, d. h. dass man sie physikalisch nicht erklären kann, sondern, dass psychische Momente, welche sich der weiteren Analyse entziehen, hier in Betracht kommen.

Von grösstem Interesse ist nur die Consequenz in unserer Beurtheilung von Tiefendistanz und Grösse der Objecte.

Die Giltigkeit des eben erörterten kann man sich an unserem Apparate, so zu sagen, vor die Augen führen. Man braucht nur in den unter 3 und 4 beschriebenen Versuchen abwechselnd ein Auge, sei es das rechte, sei es das linke, zu schliessen und zu öffnen.

Schliesst man das eine Auge, so erscheint dem anderen das frei und das durch die Platte gesehene Kreuz sofort gleich gross, das Letztere nur entsprechend seitlich verschoben.

Öffnet man nun das Auge wieder und sieht mit beiden Augen in der unter 3 und 4 beschriebenen Weise auf das Object, so sieht man auch sofort wieder zwei durch Grösse und Entfernung auffallend verschiedene Kreuze.

Der erste Theil des Versuches beweist, dass die Netzhautbilder beider Kreuze gleich gross sind.

Der zweite Theil zeigt, dass wir uns trotz der gleichen Netzhautbilder die Kreuze verschieden gross vorstellen, so wie wir einmal urtheilen, dass das eine Kreuz uns näher liegt als das andere.

6. In den Versuchen 1 und 2 sieht man, wenn der als Object dienende Stab sich in einer grösseren Entfernung vom Rahmen befindet, beide Stücke des zerspaltenen Stabes beim unbefangenen Schauen gleichzeitig einfach. Ich muss bemerken, dass ich nur von Entfernungen spreche, bei welchen man noch vollkommen deutlich den körperlichen Effect, d. h. in unserem Falle die verschiedene Tiefendistanz der zwei Stücke des zerspaltenen Stabes wahrnimmt. Nur beim scharfen Fixiren des einen Theiles wird der andere doppelt gesehen.

Eine solche Fixation des einen Theiles mit gleichzeitig vorhandenem Doppeltsehen des anderen, gelingt immer leichter und leichter, so wie man den Stab ganz allmählich in immer geringere Entfernungen einstellt.

[1]) L. c.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Das Letztere erklärt sich leicht aus der Thatsache, dass der Umfang der Drehung, welche jedes einzelne Auge machen muss, um von dem näher gelegenen Punkt auf den entfernteren oder umgekehrt einzustellen, immer grösser wird, je näher das Object an das Auge heranrückt.

Ich konnte den Sachverhalt bei unseren einfachen obigen Versuchen nicht übergehen, muss aber jetzt hinzufügen, dass ich ihm keine allzugrosse Bedeutung für die Lehre vom einfachen, körperlichen Sehen beilege und zwar desshalb, weil die meisten mit physiologischen Versuchen Vertrauten, eben in der Perception von Doppelbildern gerade hinter einander gelegener, stabförmiger Objecte eine besondere Übung besitzen.

Ich erinnere hier an den bekannten Stecknadelversuch, der auch Meissner zum Ausgangspunkte seiner Untersuchungen über die Doppelbilder diente.

Passender sind schon die Versuche 3. und 4. Man sieht dabei zwei hinter einander stehende Kreuze, allein auch hier gelingt es noch mit geringer Mühe, die Doppelbilder des verticalen Schenkels eines der Kreuze wahrzunehmen.

Viel erheblicher erscheint mir das Folgende.

Ich stelle etwa in eine Entfernung von 350 Millim. vor dem Rahmen eine Stricknadel ein auf dieselbe Weise, wie in den früheren Versuchen den Stab.

Das untere Ende dieser Nadel liege in einer Höhe mit der oberen Wand unserer Plattenfassung, dann stecke ich lothrecht in einen Korb zwei Stricknadeln etwa 30 Millim. von einander entfernt, und stelle sie von untenher, so neben der zuerst angebrachten Stricknadel auf, dass alle drei Nadeln in einer Ebene liegen, dass ferner die obere Nadel genau in die Mitte der unteren zu liegen kommt, und dass sich endlich das obere Ende der unteren Nadeln in einer Höhe mit dem unteren Ende der oberen Nadel befindet, dann bringe ich den Kopf möglichst nahe hinter den Platten in eine solche Lage, dass die obere Nadel nur über den Platten hinweg und die unteren Nadeln nur durch die Platten hindurch gesehen werden können und festige nöthigenfalls den Kopf in seiner Lage durch eine passende Kinnunterlage.

Auf diese Weise erhalte ich von den drei Nadeln einen deutlich körperlichen Effect, indem die zwei durch die Platten gesehenen Nadeln aus der Ebene der dritten heraustreten.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Die drei Nadeln würden, dächte ich mir ihre betreffenden oberen und unteren Enden verlängert, die Kanten eines dreiseitigen Prisma vorstellen.

Dieses Prisma kehrt dem Beobachter je nach der Lage der Platten entweder eine Fläche oder eine Kante zu. Das erstere ist der Fall wenn die Platten wie in Fig. 1 liegen, das letztere wenn sie wie in Fig. 2 liegen, durch eine Drehung des inneren Rahmens um 180 Grad wird bald der eine, bald der andere Fall in die Erscheinung treten. Insbesondere für diesen Versuch in geringerem Grade, aber auch für alle übrigen ist es vortheilhaft, wenn die zu besehenden Objecte sich vor einer weissen Wand befinden. In Fig. 6 *a* wurden die Nadeln in ihrer natürlichen Lage dargestellt. *b* und *c* sollen die Lage derselben bei unseren Versuchen anschaulich machen.

Der eben beschriebene einfach körperliche Effect der drei Nadeln ist so aufdringlich, dass es mir wenigstens nur bei forcirtem Fixiren einer Nadel gelingt, das Vorhandensein von Doppelbildern wahrzunehmen. Zur Erklärung dieses Versuches bemerke ich, dass der Eindruck einer Tiefendistanz in diesem Falle offenbar ursprünglich producirt wird durch den Übergang von einem Convergenzwinkel zu einem andern. Wird aber der Eindruck der Tiefendistanz ein dauernder und werden die unter verschiedenen Convergenzwinkeln erscheinenden Objecte gleichzeitig einfach gesehen, d. h. kommt es zu einem einfach körperlichen Effect, wie in unserem Falle, so muss auch der Übergang von einem Convergenzwinkel zum anderen sich rasch auf einander immer und immer wiederholen.

Man kann nicht umhin in diesen Versuchen eine Parallelreihe zu bekannten stereoskopischen Erscheinungen zu sehen, und es scheint mir dass sie noch durchsichtiger sind als diese und noch weniger Zweifel darüber lassen, wie sie zu erklären seien.

7. Man kann mit Hilfe der früher aufgestellten Formeln leicht für verschiedene angenommene Convergenzwinkel die Entfernung des durch die Platten fixirten Punktes vom Mittelpunkte der Grundlinie berechnen.

Gibt man nun dem Mittelpunkte der Grundlinie ein für allemal eine fixe Lage, so kann man das zu beobachtende Object in die durch Rechnung ermittelte Entfernung einstellen.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Das Object sei wie in 1 ein Stahlstab. Derselbe muss vollkommen gerade sein und wird bei diesem Versuche von einem in den Ausschnitt des getheilten Lineales passenden Holzknauf getragen. Der Knauf Fig. 7 ist von unten her eingeschnitten und von einer Drathaxe durchzogen, an welcher der Stab mittelst eines Öhres aufgehängt ist, so dass er stets eine lothrechte Lage bewahrt.

Die frei auslaufenden Enden der Drathaxe dienen als Zeiger auf der Millimetertheilung des Lineales.

Während man nun den Stab wie in 1 und 2 betrachtet und den durch die Platten gesehenen Theil des Stabes entweder angenähert oder entfernt sieht, kann man vor oder hinter dem ersten Stabe einen zweiten verschiebbar anbringen.

Der zweite Stab soll kürzer sein als der erste und sein unteres Ende sich in einer Höhe mit der oberen Wand der Plattenfassung befinden. Man kann nun diesen zweiten Stab, welchen man nur über die Platten weg sehen soll, so lange hin- und herschieben, bis sein unteres Ende genau auf das obere Ende des verschobenen Stückes des ersten Stabes trifft, d. h. bis der eine in der Verlängerung des andern zu liegen scheint.

Und kann nun sehen ob die Entfernung des zweiten Stabes bei dieser Einstellung mit dem durch Rechnung ermittelten Abstand des Kreuzungspunktes der Sehaxen zusammenfällt, ob also die bekannte Voraussetzung, dass wir den scheinbaren Ort der sich deckenden Doppelbilder in den Kreuzungspunkt der Sehaxen verlegen, sich in unserem Versuch bewahrheitet.

Zunächst soll Fig. 8 zur Erläuterung des Gesagten dienen, OP sei das getheilte Lineal, C die Projection des Mittelpunktes der Grundlinie, F die Projection des ersten Stabes A, K die zusammenfallende Projection des zweiten Stabes B und des verschobenen Stückes A' des ersten Stabes auf OP, FC entspricht der Entfernung, in welcher man den Stab A einzustellen hat, KC der Entfernung des verschobenen Stückes des Stabes A.

Vor der Ausführung des Versuches handelt es sich darum, wie man dem Mittelpunkte der Grundlinie eine wenigstens annähernd constante Lage geben soll.

Dabei leitet mich folgende Betrachtung. Ich messe den Abstand meiner Pupillen bei parallelen Sehaxen und zweitens messe ich bei derselben Augenstellung den Abstand des Hornhautmittel-

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

punktes von einer genau in der Mitte des Nasenrückens angebrachten Marke.

Ich erhalte auf diese Weise zwei Grössen, mit deren Hilfe ich den Abstand der Marke vom Mittelpunkte der die Hornhautscheitel verbindenden Geraden berechnen kann.

Ich fand den Abstand der Pupillen bei parallelen Sehaxen 63 Millim., dieser ist aber gleich [1]) dem Abstand der Hornhautscheitel *ab* Fig. 9. Den Abstand der Marke vom Hornhautscheitel fand ich 35 Millim., also

$$md = \sqrt{(35)^2 - (31{\cdot}5)^2} = 15{\cdot}26.$$

Letztere Grösse vermehrt um die halbe Augenaxe, diese zu 11·32 Millim. [2]) angenommen, ergibt $mC = 26{\cdot}58$, d. i. den Abstand der Marke vom Mittelpunkte der Grundlinie.

Nachdem diese Bestimmungen gemacht sind, kitte ich in das getheilte Lineal einen unbiegsamen vollkommen geraden Stab *S* Fig. 8 (ich benutze einen Glasstab) ein, welcher lothrecht nach abwärts gerichtet ist, dessen unteres Ende in einer Höhe mit der oberen Wand der Plattenfassung 10 Millim. von der Mitte des hinteren Randes entfernt sich befindet.

Dieses untere Ende von *S* wird nun während des Versuches genau auf die Marke am Nasenrücken eingestellt, während der Kopf durch eine passende Kinnunterlage fixirt wird. 26·58 Millim. von dem Punkte, in welchem *S* durch das Lineal läuft, ist der Nullpunkt der Theilung aufgetragen, er entspricht der Projection des Mittelpunkts der Grundlinie auf *OP*. Von hier aus werden, wie es das Verfahren erheischt, die übrigen Distanzen abgelesen.

Ein nochmaliger Blick auf Fig. 8 wird das ganze Verfahren verdeutlichen, man sieht dort den Apparat mit dem Beobachter schematisch von der Seite.

Die Ausführung der Versuche selbst fordert eine grosse Genauigkeit. Der ganze Apparat muss in passender Erhöhung aufgestellt werden und man muss sich bei vollkommen ruhigem Herabhängen der Stäbe durch wiederholtes Übergehen von einer Fixation zur andern und gleichzeitiger Berücksichtigung der Doppelbilder, von

[1]) Natürlich ist hiebei die von Helmholtz nachgewiesene geringe Schiefstellung der Hornhaut vernachlässigt.

[2]) II. Axe des schematischen Auges.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

der richtigen Einstellung des verschiebbaren Stabes überzeugen. Die folgende Tabelle enthält einige für das oben beschriebene Plattenpaar gewonnene Rechnungsresultate.

Für dieses Plattenpaar hat man, wie angegeben,

$$h = 21{\cdot}5 \text{ Millim.}, \quad n = 1{\cdot}52, \quad w = 45^0,$$

die Länge der Grundlinie LR ist in den Rechnungen = 63 Millim. gesetzt, I, 2, 3 beziehen sich auf das Plattenpaar, wenn es liegt wie in Fig. I — 4, 5, 6 wenn es liegt wie in Fig. II.

Nr.	Angenommene Convergenzwinkel	Seitliche Verschiebung in Millim.		Unterschied der Convergenz-Winkel		Abzusteckende Entfernung des Stabes A in Millim.	
	φ	Fl	$F'l'$	2γ	$2\gamma'$	FC	$F'C$
1	20°	9·722	—	4°42'26"	—	234·632	—
2	16	9·180	—	3 36 20	—	290·093	—
3	12	8·659	—	2 35 6	—	382·529	—
4	18	—	5·344	—	3°39' 6"	—	164·725
5	14	—	5·731	—	3 6 0	—	209·520
6	10	—	6·134	—	2 24 42	—	289·688

Für dieselben Convergenzwinkel beträgt die Entfernung des Kreuzungspunktes der Sehaxen vom Mittelpunkt der Grundlinie.

Convergenz-Winkel	Entfernung des Kreuzungspunktes
20°	178·645
18	198·883
16	224·134
14	256·547
12	299·703
10	360·047

Ich fand nun in der That die beste Einstellung des Stabes B immer in einer Entfernung, welche von dem durch Rechnung ermittelten Abstand des Kreuzungspunktes der Sehaxen nur um 2 bis 4 Millim. differirte, über diese Grenzen hinaus machte sich nach der einen so wie nach der andern Richtung mit wachsender Deutlichkeit ein Auseinanderweichen des unteren Endes von B und des oberen Endes von A' bemerkbar, indem je nach der Richtung, in welcher B verschoben wurde, bald das untere Ende von B näher lag als das obere Ende von A', bald der umgekehrte Fall eintrat.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Es ist dies eine merkwürdige Übereinstimmung, wenn man die mannigfachen Fehlerquellen berücksichtigt, welche unser Verfahren nothwendig in sich schliesst.

Übrigens liesse sich das ganze Verfahren noch um vieles schärfer ausführen, wenn erstens der Brechungsexponent der Platten bis auf mehrere Decimalstellen genau bestimmt würde, wenn man zweitens anstatt der Stahlstäbe sehr feine, durch mikrometrische Vorrichtungen verschiebbare Fäden anbrächte und wenn man endlich drittens ophthalmometrische Bestimmungen der individuellen Augen zu Grunde legte.

Da ich die letzteren bis jetzt nicht besitze und überdies die Construction sehr complicirter Messvorrichtungen nothwendig wäre, so begnügte ich mich mit einer annähernden Genauigkeit.

8. Helmholtz[1]) hat bekanntlich die Wirkung des Telestereoskopes zurückgeführt auf eine Verlängerung der Grundlinie.

Ein Telestereoskop, dessen äussere grosse Spiegel 1 Meter von einander entfernt sind, verlängert die Grundlinie gleichsam bis zu 1 Meter Länge. Die Wirkung unseres Plattenpaares lässt sich ganz eben so zurückführen auf eine Änderung in der Länge der Grundlinie und zwar bewirkt das Plattenpaar Fig. 1, wie sich aus der Construction von selbst ergibt, gleichsam eine Verlängerung der Grundlinie, das Plattenpaar Fig. 2 hingegen eine Verkürzung.

Das Plattenpaar in seiner ersten Lage ist ein Analogon des Telestereoskopes, ohne dass es sich desshalb auch eignen würde die grossartigen Effecte jenes Instrumentes zu erzielen.

In dem Telestereoskope, dessen Wirkung sich auf eine Verlängerung der Grundlinie bis zu 1 Meter Länge zurückführen lässt, erscheint nach dieser einfachen Voraussetzung unter einem Convergenzwinkel von 20 Grad ein Punkt, der 2835·641 Millim. vom Mittelpunkte der Grundlinie entfernt liegt.

Bei unserem Plattenpaare erscheint, wie oben angeführt wurde, unter demselben Convergenzwinkel schon ein Punkt, der nur 234·632 Millim. vom Mittelpunkte der Grundlinie entfernt liegt.

Es soll hier nur auf einen Versuch hingewiesen werden, welcher jedem Beobachter die mit der verschiedenen Lage zusammenfallende verschiedene Wirkungsweise des Plattenpaares schön

[1]) L. c.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

versinnlicht. Er besteht darin, dass man vor das Plattenpaar einen Planspiegel bringt und durch die Platten sich in demselben besieht.

Liegt das Plattenpaar wie in Fig. 1, so sieht man den Kopf im Spiegelbild in allen seinen Theilen verkleinert, die hinter den Platten befindlichen Augen aber weit aus einander geschoben, also die Grundlinie gleichsam verlängert.

Das letztere darum, weil die von den Augen ausgehenden und am Spiegel reflectirten Strahlen vor ihrer Reflexion je eine der Glasplatten zu passiren hatten. Verkleinert erscheint das ganze Spiegelbild, weil es eben durch die Platten hindurch gesehen wird.

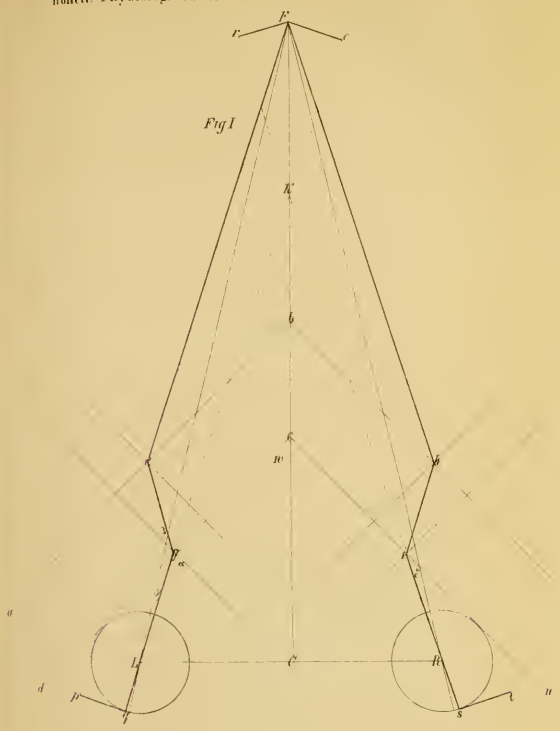
Dreht man nun das Plattenpaar in unserem Apparat um 180 Grad, so dass also die Platten liegen wie in Fig. 2, während der Spiegel in derselben Entfernung aufgestellt bleibt, so sieht man den Kopf im Spiegelbilde in allen seinen Theilen vergrössert, die hinter den Platten befindlichen Augen aber enge zusammen geschoben, also die Grundlinie gleichsam verkürzt und überdies liegt das Spiegelbild weiter entfernt als im früheren Versuche. Alles dies erklärt sich wieder leicht aus der veränderten Lage der Platten und dem Gange der Lichtstrahlen.

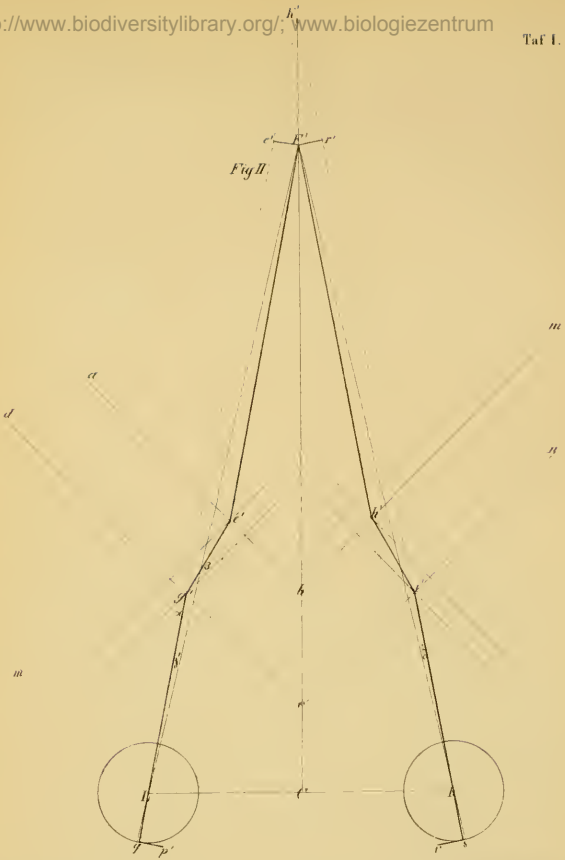
Unter dieser Nummer will ich auch noch auf eine sehr beachtenswerthe Thatsache hinweisen, welche mir sowohl aus den Versuchen, die man mit Helmholtz' Telestereoskop, als auch aus jenen, die man mit unserem Plattenpaare anstellen kann, hervorzugehen scheint.

Dass wir nämlich mit einer merkwürdigen Feinheit der Unterscheidung verschiedene Lagen der Sehaxen, die aber alle dem symmetrischen Parallelismus derselben sehr nahe kommen, als verschiedene Elemente in unsere Beurtheilung der Tiefendistanz der Objecte aufnehmen.

9. Zum Schlusse will ich nur kurz andeuten, dass vielleicht auch die Ophthalmologen aus der Anwendung von Platten oder Plattenpaaren Nutzen ziehen können und zwar, wie mir scheint, in Fällen des Schielens, wo man das methodische Vorlegen von Prismen mit wechselnder Grösse des brechenden Winkels empfahl. Ja man könnte bei den betreffenden Individuen vielleicht Schübungen mittelst drehbarer vor den Augen angebrachter Platten bei Fixation eines bestimmten Punktes vornehmen lassen.

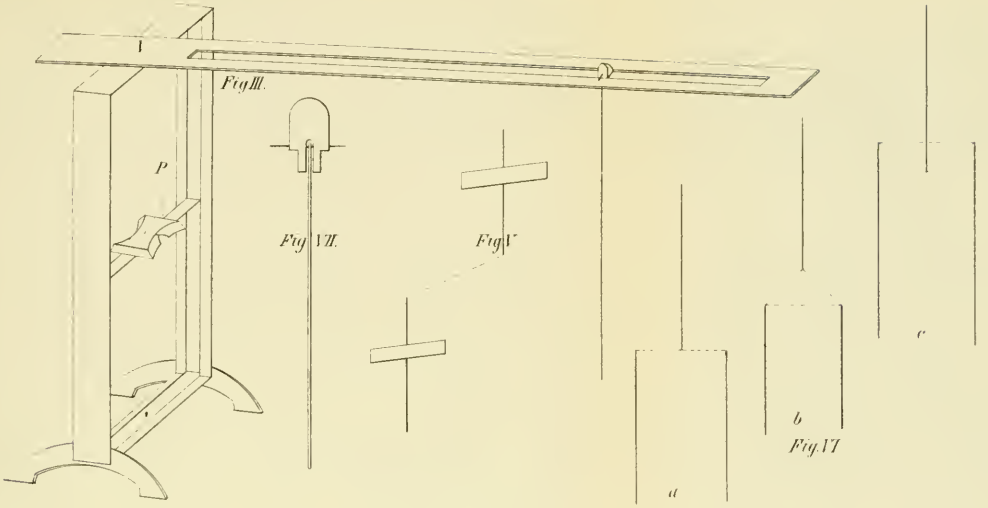
Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

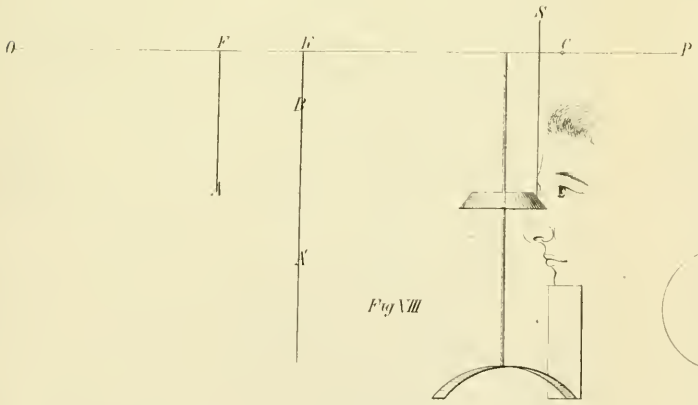


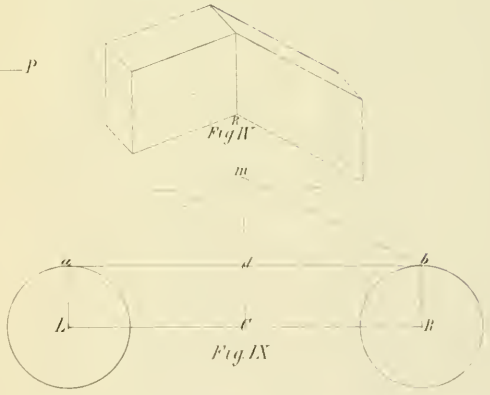


ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum







ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1861

Band/Volume: 42

Autor(en)/Author(s): Rollett Alexander

Artikel/Article: Physiologische Versuche über binoculäres Sehen, angestellt mit Hilfe planparalleler Glasplatten. 488-502