

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Königsberg i. Pr.).

Das Verhalten der Accommodation beim stereoskopischen Sehen.

Von

Dr. Otto Weiss,
Erstem Assistenten und Privatdocenten.

(Mit 1 Textfigur).

Es war mir schon seit langer Zeit aufgefallen, dass ich beim stereoskopischen Sehen, wenn der Blick von im stereoskopischen Bilde ferner gelegenen Punkten zu näheren überging, das Gefühl einer Accommodationsanstrengung hatte. Da Fachleute und Laien, welchen ich diese Beobachtung mittheilte, sie an sich selbst bestätigt fanden, unternahm ich es, dieselbe einer experimentellen Prüfung zu unterziehen zum Zweck des objectiven Nachweises einer Aenderung der Accommodation. Diese Versuche machte ich gemeinschaftlich mit meinem Kollegen, Herrn Dr. Wachholtz, indem wir abwechselnd einander beobachteten. Da es uns beiden nicht möglich war, mit Sicherheit lange Zeit, wie es die Versuche erforderten, ohne optische Hilfsmittel durch Parallelstellung der Sehaxen zu stereoskopiren¹⁾, benutzten wir ein Brewster'sches Stereoskop von der Form, wie sie gegenwärtig im Handel als amerikanische Stereoskope zu haben sind. Zum Unterschiede von den gewöhnlich zum Verkauf kommenden hatte das zu unseren Versuchen verwendete Stereoskop nicht Prismen mit sphärischen, sondern mit planen Flächen. Um eine bequeme Beobachtung der Augen der Versuchsperson zu ermöglichen, wurde der vor den Prismen angebrachte, zur Abblendung seitlich in die Augen fallenden Lichtes bestimmte Schutzschirm abgenommen.

1) Wenn man sich durch Vorschaltung von Convexlinsen vor die Augen künstlich myopisch macht, so gelingt das Stereoskopiren ohne Prismen ohne Schwierigkeit; daher fällt es auch Myopen besonders leicht.

Zunächst beobachteten wir das Verhalten der Pupille beim Uebergang des Blickes von fernen zu näher erscheinenden Punkten¹⁾. Es ergab sich meistens eine deutliche Verengung der Pupille. Bei den Versuchen, welche an Bildern von Landschaften angestellt wurden, zeigte sich aber zuweilen auch ein umgekehrtes Verhalten der Pupille. Dies traf jedoch nur dann ein, wenn der zunächst fixirte Hintergrund hell und die dann beobachteten näheren Punkte dunkler waren, so dass also in diesem Falle der Einfluss der Helligkeit das Verhalten der Pupille beherrschte. Wir wendeten darnach theils selbstentworfenen stereometrischen Figuren an, die den Eindruck von abgestumpften oder hohlen Kegeln je nach dem Entwurf der Zeichnung hervorriefen, theils bedienten wir uns solcher Landschaftsbilder, bei denen der erwähnte störende Einfluss auf die Pupille nicht stattfinden konnte. Die ersten Bilder wurden so construirt, dass die Figuren im stereoskopischen Bilde in der Richtung der Blicklinien möglichst ausgedehnt erschienen. Die Mittelpunkte der Endflächen dieser Körper waren durch gekreuzte Linien markirt, deren Schnittpunkte als Fixationspunkte dienten. Bei Verwendung aller dieser Objecte war das Verhalten der Pupille constant, Verengung beim Uebergang vom fernen zum näheren Punkt.

Ausserdem wurde das Verhalten des Pupillarrandes der Iris und des vorderen Linsencontoures bei seitlicher Betrachtung in der von Helmholtz²⁾ angegebenen Weise geprüft. Es zeigte sich eine deutliche Vorwölbung beider beim Uebergang des Blickes von ferner erscheinenden Punkten zu näheren, sowohl bei Verwendung von Landschaftsphotographien wie von stereometrischen Figuren.

Wenn schon diese Erscheinungen das Vorsichgehen einer Accommodation so gut wie sicher machen, so wird es erst erwiesen durch Versuche, bei denen die Spiegelbildchen zweier leuchtender Objecte auf der vorderen Linsenfläche beobachtet wurden. Es waren zwei Bildchen gewählt worden, um eventuelle Veränderungen des Abstandes derselben, — welche man sehr genau wahrnehmen kann, viel genauer als Veränderungen der Grösse eines Bildes, — beobachten, und um die Grösse der Accommodationsanstrengung mit dem Ophthalmometer messen zu können. Besonders mit Rücksicht

1) Gemeint ist hier und im Folgenden immer im stereoskopischen Bilde näher oder ferner erscheinend.

2) H. Helmholtz, Handbuch der physiol. Optik, 1. Aufl., S. 103. 1867.

auf den letzteren Zweck wurden die Lichtquellen möglichst hell gewählt; es dienten dazu zwei Auerlampen, deren Lichtflächen dadurch eine quadratische Form gegeben wurde, dass die Cylinder mit einer dicken, für das Glühlicht undurchlässigen Russschicht überzogen waren, aus welcher ein quadratisches Feld abgewischt wurde. So waren wir zugleich vor störenden Lichtreflexen in dem Dunkelmzimmer, dessen wir uns bei den Versuchen bedienten, geschützt. Die Beleuchtung der stereoskopischen Bilder geschah durch eine Kerze, deren Licht lediglich auf die zu beleuchtenden Bilder fallen konnte. Es zeigte sich beim Versuch, dass beim Ueberspringen des Blickes vom fernen zum näheren Punkt sowohl der Abstand der Bilder als auch diese selbst kleiner wurden. Hiermit ist also der Nachweis des Stattfindens einer Accommodationszunahme beim Uebergehen des Blickes von ferner erscheinenden Punkten zu näheren erbracht.

Es bleibt noch übrig, zu erweisen, dass nicht etwa die Art des angewendeten Apparates eine Accommodation in dem nachgewiesenen Sinne nothwendig machte. Einmal spricht hiergegen die Thatsache, dass man auch beim Stereoskopiren mit parallelen Sehaxen ohne Zuhülfenahme von Prismen eine Accommodationsempfindung hat, und dass auch hier die beschriebenen Veränderungen am Auge wahrzunehmen sind. Auf die optische Wirkung der Prismen die Erscheinung zurückzuführen, scheint schon theoretisch nicht möglich; ausgeschlossen wird es durch folgenden Versuch. Wenn man anstatt zweier für die Erzeugung eines stereoskopischen Eindrucks construirter Bilder zwei gänzlich gleiche nimmt, so rufen diese, durch die Prismen des Stereoskops in eines verschmolzen, niemals einen körperlichen Eindruck hervor. Die optische Wirkung der Prismen ist aber ganz die gleiche, als wenn durch die Vereinigung der beiden Bilder der Eindruck des Körperlichen hervorgerufen wird, so dass die Augen also beim Umherschweifen des Blickes auf dem ebenen Bilde ebenfalls Accommodationsänderungen zeigen müssten. Dieses tritt niemals ein; nur wenn der Eindruck eines Körpers durch die Vereinigung der beiden oberen Bilder mittelst des Apparates erzeugt wird, verändert sich die Accommodation.

Es wird also der Grund der Accommodationsänderung nicht im Apparat, sondern im Versuchsobject zu suchen sein. Es fragt sich nun, wodurch sich das Verhalten der Versuchsperson in beiden Fällen unterscheidet.

Die beiden Bildhälften stereoskopischer Bilder müssen bekannt-

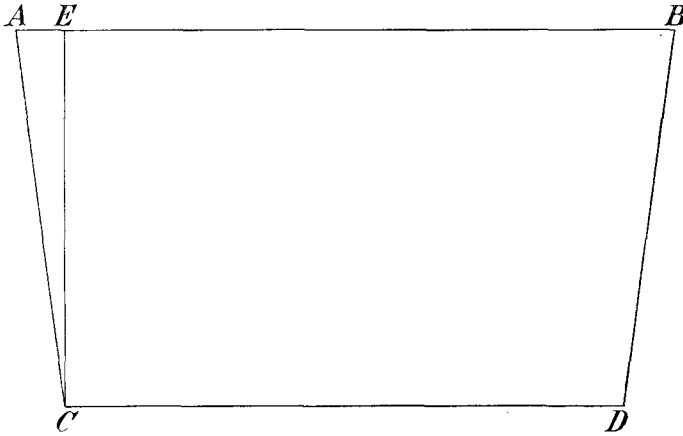
lich so hergestellt sein, dass sie die Ansichten wiedergeben, welche jedes Auge von dem Object gewonnen haben würde. Daher würden sich die Bilder beim Aufeinanderlegen nicht decken, „vielmehr würden“, wie Helmholtz¹⁾ bemerkt, „verglichen mit den Bildern unendlich entfernter Punkte die Bilder näherer Punkte in der Zeichnung für das rechte Auge desto mehr nach links hin, in dem Bilde für das linke Auge desto mehr nach rechts hin liegen, je näher die Objecte dem Beobachter sind. Denkt man sich die Zeichnungen so auf einander gelegt, dass die Bilder unendlich entfernter Gegenstände auf einander fallen, so werden die Bilder der näheren Objecte desto weiter aus einander fallen, je näher sie sind“. Es müssen demnach die Sehaxen sich um so stärker kreuzen, je näher erscheinende Punkte fixirt werden. Beim Betrachten ganz gleicher Bilder im Stereoskop fällt dieses Moment der stärkeren Convergenz zur Verschmelzung beider Eindrücke weg; die Sehaxen bleiben gleich geneigt gegen einander. In der Veränderung des Grades der Convergenz der Sehaxen könnte also die Accommodationsänderung ihren Grund haben. Es wäre in der That bei dem bekannten synergischen Wirken des Convergenz- und Accommodationsmechanismus kein Wunder, wenn auch beim stereoskopischen Sehen zugleich mit der nothwendigen Vermehrung der Convergenz eine nicht nothwendige Zunahme der Accommodation stattfände.

Um dieses zu entscheiden, ist zu prüfen, erstens, ob die in Folge der stereoskopischen Parallaxe nothwendige Convergenzzunahme der Augenaxen verbunden sein kann, mit einer deutlichen Verengerung der Pupille, zweitens, ob eine in Folge der Convergenzzunahme eintretende Accommodationsvermehrung hinreichend gross sein würde, um eine merkliche Vorwölbung der vorderen Linsenfläche zu bewirken und ebenso ein deutliches Kleinerwerden und Zusammenrücken der Spiegelbildchen der vorderen Linsenfläche.

Für die Entscheidung dieser Fragen wählte ich ein Bild, bei welchem die drei oben erwähnten Erscheinungen sehr ausgesprochen waren, eine Landschaft. Es soll im Folgenden durch Rechnung ermittelt werden, ob die Aenderung der Accommodation in diesem Falle als eine der Convergenzänderung synergische angesehen werden kann.

1) H. Helmholtz, Handbuch der physiol. Optik, 1. Aufl., S. 637 bis 638. 1867.

Zwei correspondirende Punkte der zur Vereinigung durch Stereoskopiren¹⁾ bestimmten Bildhälften hatten eine Distanz von $2v = 54,6$ mm. Nach der Vereinigung der Bilder erschien der aus diesen beiden Punkten hervorgegangene eine ganz im Vordergrunde der Landschaft. Zwei nach der Vereinigung einen im Hintergrunde liegenden Punkt darstellende correspondirende Punkte hatten eine Distanz von $2h = 56,0$ mm. Die Punkte lagen so, dass beim Uebergehen des Blickes von einem zum anderen keine Auf- oder Abwärtsbewegungen, auch nicht erhebliche Seitwärtsbewegungen²⁾ des Schnittpunktes der Blicklinien nöthig waren; d. h. die beiden Punkte lagen in einer durch sie gelegten horizontalen Ebene in der Richtung der Blick-



linien weit von einander entfernt, dagegen war die Distanz derselben nach Projection auf eine zur Primärlage der Gesichtslinien senkrechte Ebene sehr klein. Die Differenz der stereoskopischen Parallaxen beider Punkte ist daher ebenfalls gering, nur 1,4 mm in diesem Falle.

Um nun die für die Betrachtung der vorderen und hinteren Punkte nöthigen bezüglichen Convergenzwinkel der Augenachsen berechnen zu können, wurde noch die Distanz der Hornhautscheitel meiner Augen $2a = 67$ mm bestimmt. Diese Distanz ist auch die

1) Da die Erscheinungen beim Stereoskopiren ohne Zuhülfenahme von Prismen die gleichen waren wie bei Verwendung eines Stereoskopes, ist bei den folgenden Rechnungen auf eine (übrigens bei den getroffenen Anordnungen unwesentliche) Beeinflussung des Ganges der von den Bildhälften ausgehenden Lichtstrahlen durch Prismen keine Rücksicht genommen.

2) Die Vermeidung der genannten Augenbewegungen erleichtert die Beobachtungen sehr.

der Drehpunkte meiner Augen, deren Abstand vom Hornhautscheitel beiderseits $d = 14,430$ mm beträgt. Der Abstand der Bildfläche vom Hornhautscheitel der in Primärlage befindlichen Augen betrug $b = 250$ mm.

Wenn in der vorstehenden Figur $AB = 2a$ der Abstand der beiden Drehpunkte, ihm parallel $CD = 2h$ im Abstände $b + d$, wobei die Winkel CAB und ABD gleich seien, so ist bei Betrachtung der Ecken C und D der Convergenzwinkel 2φ der Augenachsen, deren Richtung AC und BD wiedergeben, offenbar das Doppelte des Winkels ACE , wenn CE auf AB senkrecht steht, das heisst:

$$\operatorname{tg} ACE = \frac{AE}{EC};$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{a - h}{b + d}.$$

Für die vorderen Ecken würde nach Einführung der entsprechenden Zeichen der Convergenzwinkel $2\varphi_1$ aus der Gleichung zu ermitteln sein:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{a - v}{b + d}.$$

Es wäre also die Zunahme des Convergenzwinkels, welche durch das Uebergehen des Blickes von den hinteren Ecken auf die vorderen erfolgt, ausgedrückt durch

$$2(\varphi_1 - \varphi).$$

Aus den angegebenen Daten ergibt sich ein Winkel von $18' 11'', 52$.

Bei einer Zunahme der Convergenz um diesen Betrag zeigt sich niemals eine deutliche Pupillenverengerung, wie noch durch besondere Versuche nachgewiesen wurde. Die beim Stereoskopiren beobachteten Verengerungen der Pupille waren sehr erheblich, so dass also die Erscheinung nicht auf einem der Convergenz synergischen Wirken beruhen kann.

Es fragt sich weiter, ob eine der Convergenzzunahme entsprechende Accomodationsvermehrung eine hinreichende Aenderung der Linsendicke zur Folge haben würde, so dass man die Zunahme der Vorwölbung der vorderen Linsenfläche durch diese Aenderung erklären könnte. Es wurde angenommen, dass Linsendicke und Radius der vorderen Linsenfläche sich proportional veränderten. Die Aufgabe ist demnach folgende:

Es ist zunächst zu ermitteln die Länge des Radius der vorderen Linsenfläche bei der Accommodation auf einen um $AC = s + d$ von jedem der Augendrehpunkte entfernten Punkt.

Die Länge dieses Radius wurde auf Grund folgender Formel berechnet:

$$a_1 = \frac{f_1 f_2}{\frac{\varphi_1 \varphi_2}{\frac{\xi_1 \xi_2}{a_2 - \xi_2} + \mathcal{A}_2} + \mathcal{A}_1} + f_1.$$

In dieser Gleichung ist a_1 der Abstand des Objectes vom Hornhautscheitel, f_1, f_2 die Brennweiten der Hornhaut, φ_1, φ_2 die der vorderen Linsenfläche, ξ_1, ξ_2 die der hinteren, \mathcal{A}_1 das zwischen Hornhaut und vorderer Linsenfläche, \mathcal{A}_2 das zwischen dieser und der hinteren Linsenfläche gelegene optische Intervall, a_2 endlich der Abstand des von den brechenden Medien des Auges entworfenen Bildes von der hinteren Linsenfläche. Mit jeder Aenderung des Radius der vorderen Linsenfläche ändern sich $\varphi_1, \varphi_2, \xi_1, \xi_2, \mathcal{A}_1, \mathcal{A}_2, a_2$, während f_1 und f_2 constant bleiben. Für die Rechnung wurden die von Helmholtz¹⁾ für die Brechkraft der Medien und zur Charakterisirung der Flächen des brechenden Systems gefundenen Mittelwerthe zu Grunde gelegt. Die Länge des Radius der vorderen Linsenfläche wurde um Intervalle von 0,1 mm variirt. Für diese Längen wurde dann der Werth von a_1 errechnet und in einer Tabelle²⁾ die zu den Radien gehörenden Werthe von a_1 zusammengestellt. Angenommen wurde dabei, dass bei gleichen Aenderungen des Radius der vorderen Linsenfläche auch die übrigen in der Gleichung vorkommenden Variablen sich um gleiche Grössen ändern. Zwischen den errechneten liegende Werthe wurden durch Interpolation bestimmt unter der Voraussetzung, dass in diesem Intervall gleichen Aenderungen von a_1 gleiche Aenderungen des Radius entsprechen.

Es ist nun zu bestimmen, um wie viel sich die Länge des Radius der vorderen Linsenfläche ändern würde, wenn der zum Fixiren der Punkte C und D nöthige Convergenzgrad sich um $2(\varphi_1 - \varphi)$ ändert. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass bei der Fixation der genannten Punkte bereits eine Accomodationsanstrengung besteht, welche grösser ist als die dem zugehörigen Convergenzgrade

1) Handbuch der physiol. Optik S. 111.

2) Die Tabelle ist im folgenden Aufsatz entwickelt.

entsprechende. Es muss dieses also auch in der Rechnung berücksichtigt werden. Die Aufgabe ist demnach eine doppelte. Erstens ist zu bestimmen, um wie viel der Radius der vorderen Linsenfläche sich ändert bei successiver Fixirung zweier Punkte, für welche der Convergenzwinkel der Augenaxen bezüglich 2φ und $2\varphi_1$ beträgt. Die Entfernung dieser Punkte e und e_1 von dem Hornhautscheitel jedes Auges findet man aus den Gleichungen

$$e = \frac{a}{\sin \varphi} - d,$$

$$e_1 = \frac{a}{\sin \varphi_1} - d.$$

Die diesen Entfernungen zugehörnden Radienwerthe findet man aus der Tabelle.

Die Grösse des Radius bei Accommodation auf einen Punkt von der Entfernung s vom Hornhautscheitel wird ebenfalls aus der Tabelle bestimmt, nachdem die zugehörige Distanz s aus der Gleichung

$$s = \frac{a - h}{\sin \varphi} - d$$

ermittelt ist.

Für den zweiten Theil der Aufgabe ist zunächst der zur Accommodation auf einen um s von den Hornhautscheiteln beider Augen entfernten Punkt nöthige Convergenzwinkel 2ξ aus der Gleichung

$$\sin \xi = \frac{a}{a - h} \sin \varphi$$

zu ermitteln. Bei einer Zunahme des Convergenzwinkels 2ξ um $2(\varphi_1 - \varphi)$ würde die Entfernung p eines bei dem Convergenzgrade $2\xi + 2(\varphi_1 - \varphi)$ scharf gesehenen Punktes vom Corneascheitel jedes Auges sich ergeben:

$$p = \frac{a}{\sin (\xi + \varphi_1 - \varphi)} - d.$$

Die Auswerthung ergibt, wenn man die den Entfernungen e , e_1 , s , p zugehörigen Radien mit r_e , r_{e_1} , r_s , r_p bezeichnet:

$$r_e = 9,51;$$

$$r_{e_1} = 9,44;$$

$$r_s = 7,46;$$

$$r_p = 7,43;$$

Die Differenz $r_e - r_{e_1}$ ist gleich 0,07, also grösser als $r_s - r_p = 0,03$. Selbst wenn wir der folgenden Betrachtung den grösseren Werth zu

Grunde legen und annehmen, r_s nähme um $r_e - r_{e_1}$ ab, so würde die Dicke der Linse unter der Voraussetzung, dass sie sich in gleichem Verhältniss mit dem Radius ändert, nur um 0,007 mm zunehmen, und um diesen Betrag würde sich auch der Contour ihrer vorderen Fläche in die vordere Kammer vorwölben. Eine solche Aenderung würde keinesfalls mit blossem Auge wahrnehmbar sein, so dass also die Erklärung der Accommodation als einer synergischen nicht hinreicht.

Würde endlich eine Accommodationsänderung von der berechneten Grösse genügen, um die Verkleinerung der Spiegelbildchen der vorderen Linsenfläche sowie ihre Annäherung an einander zu erklären? Die Grösse der Bildchen wie ihre Distanz lässt sich leicht aus den für spiegelnde sphärische Flächen geltenden Gesetzen berechnen. Berücksichtigen muss man dabei, dass vor und nach der Spiegelung durch die vordere Linsenfläche die Strahlen eine Brechung an der Hornhaut erleiden.

Nennt man die Distanz des zu spiegelnden Objectes, dessen Grösse V_{α_1} sei, vom Hornhautscheitel α_1 , den Abstand des Scheitels der vorderen Linsenfläche von dem der Hornhaut d , die Distanz des Bildes V_{α_2} von V_{α_1} vom Hornhautscheitel α_2 , ferner die Entfernung des von der vorderen Linsenfläche entworfenen Spiegelbildes V_{β_2} von V_{α_2} vom Hornhautscheitel β_2 ; endlich den Abstand des von V_{β_2} nach der Brechung durch die Hornhaut entworfenen Bildes V_{β_1} vom Hornhautscheitel β_1 ; f_1 , f_2 die Brennweiten der Hornhaut, $2q$ den Radius der vorderen Linsenfläche, so ist:

$$\begin{aligned} 1) \quad & \frac{f_1}{\alpha_1} + \frac{f_2}{\alpha_2} = 1, \\ 2) \quad & -\frac{1}{d - \alpha_2} + \frac{1}{\beta_2 - d} = \frac{1}{q}. \\ 3) \quad & \frac{f_1}{\beta_1} + \frac{f_2}{\beta_2} = 1. \end{aligned}$$

Die Grösse des Objectes und der bezüglichen Bilder ist mit V_{α_1} , V_{α_2} , V_{β_2} und V_{β_1} bezeichnet; also ist:

$$\begin{aligned} 4) \quad & \frac{V_{\alpha_1}}{V_{\alpha_2}} = -\frac{\alpha_1 - f_1}{f_1}, \\ 5) \quad & \frac{V_{\alpha_2}}{V_{\beta_2}} = -\frac{d - \alpha_2}{\beta_2 - d}, \\ 6) \quad & \frac{V_{\beta_1}}{V_{\beta_2}} = -\frac{f_1}{\beta_1 - f_1}. \end{aligned}$$

Setzt man in Gleichung 6 die aus den übrigen Gleichungen zu ermittelnden Werthe ein, so ist die Grösse der Spiegelbildchen:

$$V_{\beta_1} = \frac{f_1 f_2 q}{(d - f_2) [(f_1 - d) \alpha_1 + (d - q) f_1] + d f_1 q} V_{\alpha_1}.$$

Setzt man in dieser Gleichung die von Helmholtz¹⁾ für das Auge gefundenen Mittelwerthe ein, so ist für den Fall, dass die Distanz der leuchtenden Quadrate vom Hornhautscheitel gleich 500 mm, der gegenseitige Abstand derselben gleich 400 mm, ihre Fläche (40)² qmm betrug, die Distanz und Grösse der Spiegelbildchen der vorderen Linsenfläche

für $r = 7,46$

Distanz: 2,91 mm,

Grösse: (0,291)² qmm;

für $r = 7,39^2$)

Distanz: 2,89 mm,

Grösse: (0,289)² qmm,

so dass also ein sichtbarer Unterschied in Grösse und Distanz der Spiegelbildchen nicht eintritt.

Betrachten wir nun noch das Bild, dessen Parallaxendifferenz die grösste von allen bei den Versuchen vorkommenden war, ein Pentagon-Dodekaeder. Hier betrugen $2v = 53,3$ mm; $2h = 66,0$ mm, also die Parallaxendifferenz 12,7 mm. Die übrigen Werthe waren die gleichen. Wenn man diese Zahlen in die obigen Gleichungen einsetzt, so ergibt sich eine Zunahme der Convergenz um $2^\circ 51' 41'',6$. Die dieser Convergenzzunahme entsprechenden Pupillenverengung würde wahrnehmbar sein.

In diesem Falle würde sein:

$$r_e = 9,89,$$

$$r_{e_1} = 9,39,$$

$$r_s = 7,46,$$

$$r_p = 7,07.$$

Wieder unter der Annahme, dass r_s um $r_e - r_{e_1}$ abnimmt, ergibt sich für die Zunahme der Linsendicke 0,06 mm und folgende Aenderung der Distanz und Grösse der Spiegelbildchen:

1) Helmholtz, Handbuch der physiol. Optik, 1. Aufl., S. 111.

2) Auch bei dieser Rechnung ist angenommen, dass r_s um $r_e - r_{e_1}$ abnimmt, so dass also die Rechnung unter den für den Nachweis einer Aenderung günstigsten Bedingungen angestellt ist.

für $r = 7,46$

Distanz: 2,91 mm,

Grösse: $(0,291)^2$ qmm;

für $r = 6,96$

Distanz: 2,72 mm;

Grösse: $(0,272)^2$ qmm.

Also auch hier sind die Veränderungen an der Grenze der Wahrnehmbarkeit, während die beobachteten auffallend waren. Die Aenderung der Linsendicke würde nicht wahrnehmbar sein. Die Accommodationszunahme ist also offenbar auf einen durch die Vortäuschung des körperlichen ausgelösten Impuls zurückzuführen. Die Vorstellung beherrscht hier die Reaction. Es ist dieses in dem gegebenen Falle um so bemerkenswerther, als die Beeinflussung des Accommodationsapparates durch den Willen von den meisten Menschen nur durch lange Uebung erlernt werden kann, ja vielen niemals gelingt. Möglich wäre es jedoch auch, dass der durch die Vorstellung des Körperlichen ausgelöste Impuls sich sowohl auf die Convergenzzunahme bezieht als auf die der Accommodation. Nur könnte vielleicht die Convergenzbewegung schneller gehemmt werden als der Accommodationsact, was bei dem Unterschiede der Muskulatur der beiden nichts Wunderbares hätte. So wäre die Accommodation doch eine synergische, ohne dass die Convergenz zu Stande käme. Bemerkt sei noch, dass man durch den Willen nach einiger Uebung die Aenderung der Accommodation beim Stereoskopiren unterdrücken kann. Dies gelang sowohl dem Verfasser, wie auch den Herren Dr. Wachholtz und Dr. Gildemeister.

Unerklärt würde nunmehr noch bleiben, warum trotz der Aenderung der Accommodation die stereoskopischen Bilder scharf erscheinen, was, wie Jedermann bekannt, der Fall ist. Dieser Widerspruch — von vornherein aufgeworfen und zu der vorliegenden Untersuchung veranlassend — löste sich bei den Versuchen, die Grösse der Accommodationsveränderung zu messen; es zeigte sich, dass dieselbe nicht bestehen bleibt, sondern wieder nachlässt bis zu dem vorher bestehenden Grade. Bei aufmerksamer Beobachtung kann man die Wiedererschaffung des Accommodationsapparates subjectiv am Gefühl¹⁾ wahrnehmen; objectiv ist sie am Sicherweitern der Pupille,

1) Für Aenderungen des Accommodationszustandes seiner Augen hat der Verfasser ein sehr feines Gefühl, welches im Auge selbst localisirt wird. Dasselbe beobachteten die Herren Dr. Wachholtz und Dr. Gildemeister an sich selbst.

dem Nachlassen der Vorwölbung der vorderen Linsenfläche und am besten am Verhalten der Spiegelbildchen dieser Fläche zu erkennen. Das Nachlassen der Accommodation erfolgt jedoch langsamer als der Eintritt derselben, so dass es weniger klar in die Augen fällt als die schnell vor sich gehende Zunahme der Accommodation. Naturgemäss scheiterte an diesem Wiedererschaffen der Accommodation der Versuch, die Grösse der Veränderung ophthalmometrisch zu messen, was sonst bei der Lichtstärke der Bilder vielleicht möglich gewesen wäre. Diese Grösse nach der von Helmholtz¹⁾ verwendeten Methode des Vergleichens der Grösse der Linsenbilder mit der von zwei durch besondere Lichtquellen auf der Hornhaut entworfenen zu messen, konnte wegen der dadurch eintretenden Complicirung des Apparates nicht vorgenommen werden, so interessant es auch gewesen wäre, den Grad der Accommodations- und Convergenzzunahme mit einander zu vergleichen.

Für ihr Mitwirken bei den Versuchen sage ich auch hier meinen Freunden und Collegen, den Herren Dr. Wachholtz und Dr. Gildemeister, meinen herzlichen Dank.

1) A. a. O. S. 113.
