

Ueber stereoskopische Lupen und Brillen.

Von

Dr. EMIL BERGER in Paris,

corresp. Mitglied der Kgl. Belgischen und der Kgl. Spanischen Akademien
der Medicin.

(Mit 7 Fig.)

Bekanntlich verfügen wir über eine Reihe von Hilfsmitteln für die Wahrnehmung, oder richtiger gesagt, für die Beurtheilung des Reliefs: die Ueberkreuzung der Contouren, die Schlagschatten, das Gefühl der nothwendigen Accommodationsanstrengung, die parallaxische Verschiebung der untersuchten Gegenstände bei Bewegungen derselben, welche insbesondere beim Sehen Einäugiger¹ von großer Bedeutung ist. Keiner dieser Behelfe gestattet jedoch eine so feine Wahrnehmung eines Gegenstandes in seinen drei Dimensionen, wie die Verschiedenheit der beiden Netzhautbilder desselben, deren hohe Bedeutung für die Beurtheilung der Tiefendimensionen erst seit der Erfindung des Spiegelstereoskopes durch WHEATSTONE (1833) und des Linsenstereoskopes durch DAVID BREWSTER (1843) entsprechend gewürdigt wurde.

HELMHOLTZ² verdanken wir erst eingehende Untersuchungen über die Bedingungen, unter welchen die beiden stereoskopischen Aufnahmen eines Gegenstandes im Stereoskope die Illusion eines mehr oder weniger deutlichen Reliefs hervorrufen. „Zwei Bilder, welche einen stereoskopischen Effect machen sollen, müssen also

¹ Vgl. REIMAR, Ueber parallaxische und perspectivische Verschiebung zur Erkennung von Niveaudifferenzen, bezw. das monoculäre körperliche Sehen. *Arch. f. Augenheilkunde* (2), 163. 1900. Enthält die gesammte Literatur über diese Frage.

² HELMHOLTZ, Handbuch der Physiologischen Optik. 1867. S. 637.

zwei verschiedenen perspectivischen Ansichten desselben Gegenstandes entsprechen, welche von verschiedenen Gesichtspunkten aus aufgenommen sind. Sie dürfen einander also nicht gleich sein, vielmehr müssen, 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 der unendlich entfernten Gegenstände auf einander fallen, so werden die Bilder der näheren Objecte desto weiter aus einander fallen, je näher sie sind. Ihre Distanz kann man die stereoskopische Parallaxe nennen.“

„Nennen wir den Abstand der Augen $2a$, den Abstand der Zeichnung von den Augen b , den Abstand des Objectes von einer parallel der Zeichnung durch die Augen gelegenen Ebene q , und e die stereoskopische Parallaxe, so ist diese

$$e = \frac{2ab}{q},$$

wird also desto kleiner, je entfernter das Object, und für unendlich entfernte Objecte gleich Null.“

Es ergibt sich aus der Formel für die stereoskopische Parallaxe, daß die letztere desto größer ist, je größer der Abstand der Augen ist und thatsächlich erhält man mit dem Stereoskope eine desto deutlichere Darstellung des Reliefs, je weiter von einander die beiden photographischen Aufnahmen des betreffenden Objectes gemacht worden waren. Im Allgemeinen haben Leute mit einem großen Pupillenabstande eine feinere Reliefwahrnehmung, als solche mit kleinem Augenabstande.¹

Es geht ferner aus der HELMHOLTZ'schen Formel für die stereoskopische Parallaxe hervor, daß dieselbe desto größer wird, je näher die Gegenstände zu den Augen des Beobachters liegen. Entfernte Gebirgsketten erscheinen deshalb ohne deutliches Relief. Myopen, welche Gegenstände in geringerer Entfernung zu sehen

¹ Der Nachweis hierfür ergibt sich aus dem Ikonoskope von JAVAL, welches die Verschiedenheit der beiden Netzhautbilder so vermindert, als wenn der Pupillenabstand bedeutend kleiner wäre. Die Gegenstände erscheinen dadurch ohne Relief (vgl. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 63, 927).

gewohnt sind, haben nach meinen Untersuchungen im Allgemeinen eine feinere Wahrnehmung des Reliefs, als Hypermetropen. Ich werde später noch hierauf zurückkommen.

Es war naheliegend, die längst bekannten und schon von LEONARDO DA VINCI¹ richtig erklärten Vorthelle der feineren Reliefwahrnehmung beim binoculären Sehen auch der Beobachtung mit den gebräuchlichsten optischen Apparaten zu Theil werden zu lassen. Dementsprechend wurden schon vor etwa drei Jahrhunderten die ersten Versuche für die Construction binocularer Fernrohre² und Mikroskope gemacht; sonderbarerweise wurde der Operngucker erst relativ sehr spät (1827) in das jetzt allgemein übliche binoculäre Instrument umgewandelt.

HELMHOLTZ gebührt das Verdienst, eine neue Vervollkommnung unserer gebräuchlichsten optischen Apparate angeregt zu haben. Nachdem er an seinem Telestereoskope nachgewiesen hatte, daß eine virtuelle Erweiterung des Pupillenabstandes des Beobachters eine ebenso starke Verfeinerung der Reliefwahrnehmung der Außenwelt zur Folge habe, wie beim Stereoskope die Illusion des Reliefs durch die Vermehrung des Abstandes der beiden photographischen Aufnahmen eines Gegenstandes gesteigert wird, schuf er das erste stereoskopische Fernrohr, welches in seinem Handbuche der Physiologischen Optik (Taf. IV, Fig. 3) 1867 bereits beschrieben und abgebildet ist.

Auf Grundlage des Erfindungsgedankens von HELMHOLTZ wurden insbesondere in letzterer Zeit stereoskopische Instrumente: Mikroskope, zusammengesetzte Lupen und Fernrohre construiert, welche letzteren bekanntlich für die Armee und die Marine von höchster Bedeutung sind.

Nur die einfache Lupe, welche in der Wissenschaft, der Kunst und der Industrie eine so zahlreiche Anwendung findet, bei welcher eine feine Wahrnehmung des Reliefs sehr wünschenswerth wäre, ist bisher ein monoculäres Instrument geblieben. Die zahlreichen Uebelstände, welche die lange anhaltende Arbeit mit der Lupe zur Folge haben, sind: die Ueberanstrengung des bei der Arbeit verwendeten Auges, die Ermüdung des Schließmuskels der Lider des anderen zum Sehen nicht

¹ LEONARDO DA VINCI. Trattato della pittura. Rom 1651.

² Binoculäre Teleskope wurden schon 1609 von LIPPERSHEY construiert. Vgl. HESSLER-PISKO, Lehrbuch der technischen Physik. 3. Aufl. 2. Bd. S. 1616.

benützten Auges; wenn das Netzhautbild des letzteren bei offen gehaltener Lidspalte psychisch unterdrückt wird, so entfällt zwar dieser letztere Uebelstand; allein dadurch kann das binoculäre Sehen Schaden erleiden, indem auch ausserhalb der Lupenarbeit dieses Auge beim Seheacte unverwendet bleibt, d. h. sein Netzhautbild erst nach dem Schliessen des anderen Auges zur Wahrnehmung gelangt und in vielen Fällen (vergl. z. B. die Untersuchungen von LAWRAJTJEV¹) sich Strabismus durch Ablenkung des nicht bei der Arbeit benützten Auges entwickelt. Die Anzahl dieser Art von Einäugigen ist jedenfalls eine grössere, als im Allgemeinen vermuthet wird. Unter Naturforschern, welche anhaltend nur ein Auge beim Mikroskopiren verwenden, Astronomen u. dergl. m. findet man gleichfalls Fälle, in welchen nur das bei der Arbeit benützte Auge auch beim Sehen ohne monoculäre optische Instrumente allein verwendet wird. Ich konnte diese Erscheinung bei mehreren Herren des Institut Pasteur und der Pariser Sternwarte constatiren. Es erklärt uns dieselbe auch, warum ARAGO² stets behauptete, man sehe im Stereoskope nur mit einem Auge.

Nicht minder wichtig ist die Schädigung der technischen Leistungsfähigkeit beim Arbeiten mit nur einem Auge. v. ZEHENDER³, MAGNUS⁴, GROENOW⁵ u. A. haben diese Frage sehr eingehend geprüft, haben jedoch für die Schädigung, welche ein Arbeiter durch den Verlust eines Auges erleidet, sehr verschiedene Werthe angegeben. Nach den Entscheidungen des Deutschen Reichsversicherungsamtes⁶ wird angenommen, daß Arbeiter, welche ein Auge verloren haben, um 25 % in ihrem Verdienste geschädigt sind. Die jährlich zu gewährende Entschädigung ist jedoch je nach dem Berufe des Arbeiters ver-

¹ LAWRAJTJEV, Die technische Ausbildung und ihr Einfluss auf das Sehvermögen. *Petersburger Medicin. Wochenschr.* (33). 1890.

² Nach einer persönlichen Mittheilung der Herren PAUL und PROSPER HENRY, Astronomen der Pariser Sternwarte.

³ v. ZEHENDER, citirt bei MASCHKE, Die augenärztliche Unfallpraxis. Wiesbaden 1899. S. 86.

⁴ MAGNUS, Die Einäugigkeit in ihren Beziehungen zur Erwerbsfähigkeit. 1895.

⁵ GROENOW, Anleitung zur Berechnung der Erwerbsfähigkeit bei Sehstörungen. 1896.

⁶ Vgl. MASCHKE, loc. cit.

schieden hoch; so wird z. B., nach BORBRIK's¹ Zusammenstellung, Feinmechanikern nach dem Verluste eines Auges im Durchschnitte 34,4 % des früheren Verdienstes von Unfallversicherungsgesellschaften als Jahresrente bewilligt. Wenn man in Betreff der Ansprüche an technische Fertigkeiten den Uhrmacher, den Kupferstecher, den Graveur, den Miniaturmaler u. dgl. m. mit dem Feinmechaniker auf eine gleiche Stufe stellt, so wird man zugeben, daß alle diese Berufsarten sehr bedeutend in ihrer technischen Leistungsfähigkeit gewinnen würden, wenn ihre bisherige Lupe für ein Auge durch einen binoculären, sonst die gleichen Verhältnisse (Vergrößerung, Brennweite d. i. Arbeitsabstand, Gesichtsfeld) wie die bisher angewandte Lupe aufweisenden Apparat ersetzt werden könnte.

Die Nothwendigkeit, diese bisher üblichen Bedingungen aufrecht zu erhalten, ist auch der Grund, warum die bisher bekannten binoculären Lupen, welche sämtlich zusammengesetzte Lupen sind, für obige Berufsarten nicht verwendbar sind. Ihr Gesichtsfeld ist zu klein und ihre Vergrößerung zu stark. Diese binoculären Lupen sind bekanntlich nach zwei verschiedenen Systemen construiert. Entweder werden vor jedes Auge in einer der Convergenzstellung der Sehlinien beim Nahesehen entsprechenden Neigung Mikroskope (CHERUBIN² 1678) oder nach dem Principe des GALILEI'schen Fernrohres gebaute Lupen (v. ZEHENDER-WESTIEN³ 1887, EILHARDT SCHULZE⁴) mithin optische Apparate von großer Brennweite gestellt, oder es werden bei zusammengesetzten Lupen mit kurzer Brennweite Prismen zwischen dem Oculare und dem Objective angebracht (RIDELL⁵ 1853, NACHET⁶ 1854, GIRAUD-TEULON⁷ 1867, WENHAM⁸ 1867,

¹ BORBRIK, Ueber Erwerbsverminderung bei Augenverletzungen. Diss. Berlin 1897.

² CHERUBIN, citirt bei HESSLER-PISKO, loc. cit. S. 998.

³ LAQUEUR, Die v. ZEHENDER-WESTIEN'sche Corneallupe. *Bericht der Ophthalmologischen Gesellschaft in Heidelberg*. 1887.

⁴ F. EILHARDT SCHULZE, bisher nicht publicirt. Construiert bei LEITZ, Berlin.

⁵ RIDELL, citirt bei HESSLER-PISKO, loc. cit. S. 998.

⁶ NACHET, citirt bei WUNDT, Handbuch der medicin. Physik. 1867. S. 289.

⁷ GIRAUD-TEULON, beschrieben und abgebildet bei MAUTHNER, Lehrbuch der Ophthalmoskopie. Leipzig 1867. S. 116.

⁸ WENHAM, beschrieben und abgebildet bei HESSLER-PISKO, loc. cit. S. 999 Fig. 707.

CZAPSKY¹ 1899). Allein mit diesen Instrumenten kann kein Uhrmacher arbeiten, kein Paläograph eine Handschrift entziffern. Man hat auch nie diese Verwendung der zusammengesetzten Lupen beabsichtigt.

Die bisherigen Versuche, die prismatische Wirkung decentrirter Convexlinsen (BRÜCKE's² Dissectionsbrille, R. LIEBREICH's³ decentrirte Brillen) zur Construction von binoculären Lupen mit der bei Uhrmachern, Graveuren u. dergl. m. bisher üblichen kurzen Brennweite zu verwenden, haben noch nicht das gewünschte Resultat ergeben. Die Untersuchung der Ursache, warum dieses Resultat nicht erzielt wurde, führte mich eigentlich in der einfachsten Weise zur Lösung des hier vorliegenden Problem.

Die prismatische Ablenkung, welche eine Convexlinse bewirkt, ist im Centrum derselben Null, sehr gering in der Umgebung des letzteren, wird nach der Peripherie hin immer stärker und ist am Randtheile derselben, den man jedoch bei nicht aplanatischen Linsen wegen der sphärischen Aberration nicht verwerthen kann, am stärksten.

Wenn man nun decentrirte Convexlinsen von kurzer Brennweite vor jedes Auge setzt, so werden wegen des Pupillenabstandes beider Augen von einem in der Mittellinie und dem gemeinsamen Focus gelegenen Gegenstande *A* (vergl. Fig. 1) nur die nasalen Theile der Linsen durch-

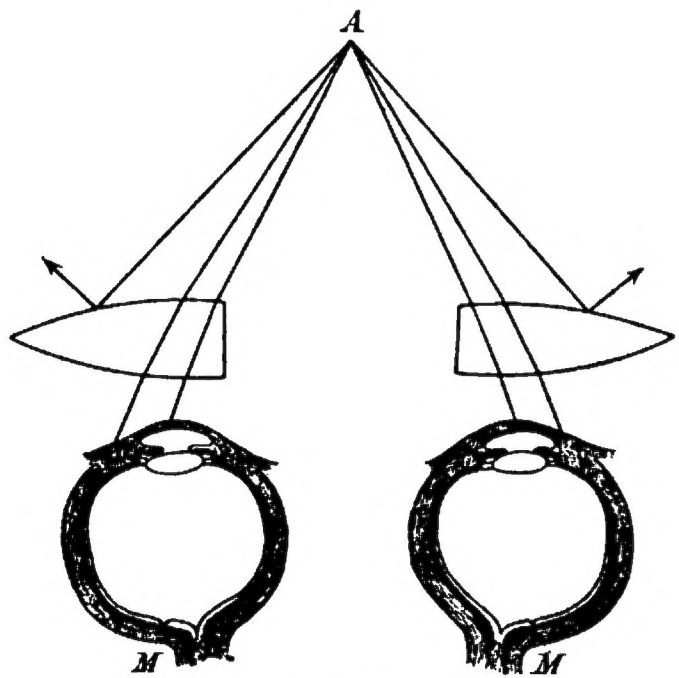


Fig. 1.

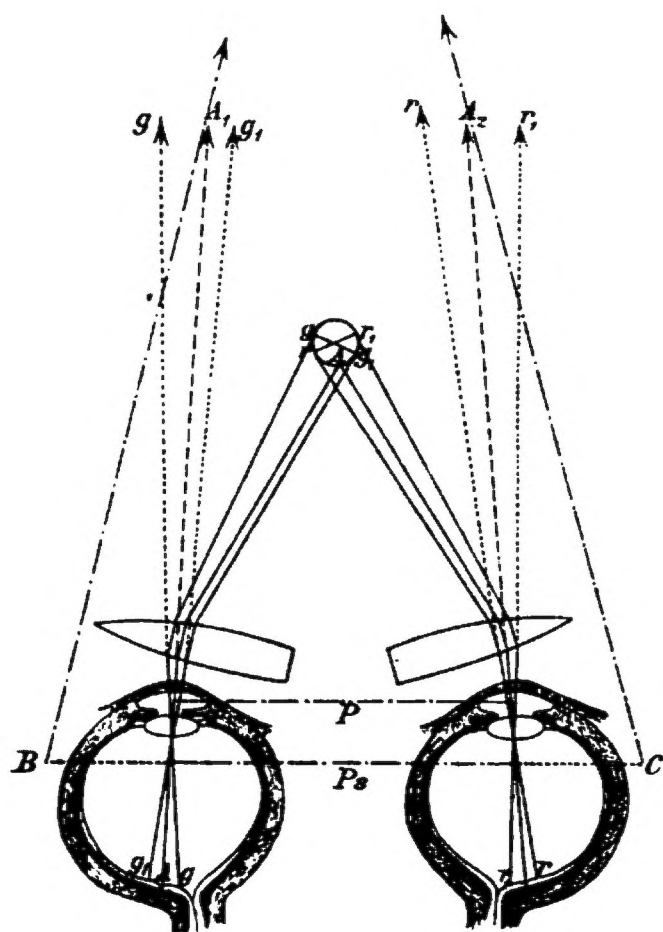
Schema des Strahlenganges in decentrirten Convexlinsen.

¹ CZAPSKY, v. GRAEFE'S *Archiv für Ophthalmologie* 48, I. Abth.

² BRÜCKE, Vorlesungen über Physiologie. II. Bd. S. 184.

³ LIEBREICH, v. GRAEFE'S *Archiv für Ophthalmologie*. 1861.

abgelenkt, daß sie nach dem Austritte aus den Linsen nicht ins Auge oder nicht auf die Macula lutea gelangen können. Die Lichtstrahlen jedoch, welche auf die unmittelbar vor den Pupillen gelegenen Zonen der decentrirten Linsen auffallen, treffen dieselben schon unter einem so großen Auffallswinkel, daß derselbe den Grenzwinkel überschreitet und gehen deshalb durch Reflexion verloren.



In das rechte Auge gelangen die Strahlen des Kugelsegmentes rr_1 , welches in der Netzhaut im umgekehrten Bilde r_1r erscheint; letzteres entspricht einem virtuellen Bilde rA_2r_1 . — Das Kugelsegment gg_1 wird vom linken Auge wahrgenommen; Netzhautbild g_1g , scheinbare Lage d. Bildes gA_2g_1 . — Ist die Lupe genau für den Punkt A der Kugel eingestellt, so erscheinen die Punkte g, g_1, r und r_1 in Zerstreuungskreisen, welche jedoch, wenn die Kugel nur klein ist (Beobachtung eines Stecknadelkopfes) das genaue Erkennen nicht stören.

Fig. 2.

Schema des Strahlenganges
bei der Untersuchung eines kugelförmigen Körpers mit der
stereoskopischen Linse.

Um nun zu erreichen, daß auch die kräftig prismatisch wirkenden Theile einer decentrirten Convexlinse in Verwendung kommen, suchte ich die Stellung derselben zu ermitteln, in welcher für den Einfalls-, Brechungs- und Ausfallswinkel die relativ günstigsten Bedingungen sich ergeben und fand, daß dies nur dann der Fall sei, wenn diese Linsen, wie dies die Fig. 2 darstellt, relativ stark zu einander geneigt sind.

Der Strahlengang in der von mir verwandten decentrirten und im horizontalen Meridiane zu einander geneigten Convexlinsen ist in der beistehenden Abbildung (Fig. 2) dargestellt. Beide Linsen entwerfen von dem im gemeinsamen Focus gelegenen Gegenstande A je ein aufrechtes, vergrößertes, weiter (als der Gegenstand) entferntes virtuelles Bild (A_1 A_2) für jedes Auge. Da diese Bilder auf identische Netzhautstellen projicirt werden, so werden dieselben im Gehirn als einfach wahrgenommen.

Der Neigungswinkel der Linsen ist je nach der Brennweite derselben verschieden groß; derselbe darf jedoch wegen der astigmatischen Wirkung schief gestellter Linsen eine gewisse Grenze nicht überschreiten. Die astigmatische Wirkung geneigter Linsen ist schon lange bekannt. Bereits THOMAS YOUNG¹ corrigirte (1801) den Astigmatismus seines eigenen Auges mittels eines schief gestellten Brillenglases. Seitdem ich darauf achtete, wie die mit einer einfachen Lupe Untersuchenden dieselbe vor dem Auge halten, konnte ich mich davon überzeugen, wie häufig letztere vom Untersucher mehr oder weniger schräge zum Gegenstande gehalten wird. Die einzelnen Beobachter finden leicht selbst die Stellung heraus, bei welcher dieselben mit der Lupe am genauesten die Linien eines Kupferstiches z. B. sehen, d. h. die Stellung, in welcher der Astigmatismus der schief gehaltenen Linse jenen des menschlichen Auges corrigirt.

Ueber die astigmatische Wirkung schief gestellter Linsen sind insbesondere eingehende Arbeiten von SWAN BURNETT², JOHN GREEN³ und MONOYER⁴ veröffentlicht worden. Man hat auch versucht, den Astigmatismus des Auges mittels derselben zu corrigiren; dies ist jedoch nach meinem Erachten nur bei physiologischem Astigmatismus und nur mit relativ starken Linsen praktisch durchführbar. Ich werde auf die Gründe, warum geneigte Linsen zur Correction des pathologischen (höhere Grade aufweisenden) Astigmatismus nicht geeignet sind, später noch zurückkommen.

¹ THOMAS YOUNG, *Philosophical Transactions* 1801, 1, 43.

² SWAN BURNETT, *A Theoretical and Practical Treatise of Astigmatisme*. St. Louis, Chambers, 1887.

³ JOHN GREEN, *Transactions of the American Ophthalmological Society*. 1895.

⁴ MONOYER, *Archives d'Ophthalmologie* (Mars). 1898.

Der Astigmatismus der schräg gestellten Linsen meiner Lupe ist, so paradox dies auch erscheinen mag, kein Fehler, sondern ein Vortheil derselben. Der Brechwerth der in dieser Weise geneigten Linsen ist am stärksten im horizontalen Meridiane und am schwächsten im verticalen Meridiane. Mithin ist die Lage der Hauptmeridiane dieser astigmatischen Linsen entgegengesetzt jener der größten Anzahl (90—94 % nach NORDENSON¹, KNAPP², STEIGER³ u. A.) der menschlichen Augen. Zunächst dachte ich daran, in Fällen, in welchen der Astigmatismus der Lupenlinsen jenen des Auges des betreffenden Untersuchers übercorrigirt, diese Uebercorrection durch hinter den Convexlinsen anzubringende Cylindergläser zu corrigiren. Es ergab sich jedoch eine bei Weitem einfachere Lösung, bei welcher jede einzelne Lupe für verschiedene Untersucher verwendbar bleibt, nämlich: die Uebercorrection des Astigmatismus des Auges durch jenen der Lupenlinsen dadurch zu corrigiren, daß eine zweite Neigung der Lupenlinsen im verticalen Sinne vorgenommen wird.

Als Beispiel hierfür will ich das Exemplar meiner binoculären Lupe anführen, welches Herr Prof. LIPPMANN in meinem Namen⁴ in der Pariser Akademie der Wissenschaften demonstirte. Dasselbe hat eine Brennweite von $+10 D$; die astigmatische Wirkung ist bei derselben $= \frac{1}{18}$ ihres Brechwerthes, mithin $= \frac{3}{4} D$, der stärkst brechende Meridian derselben ist horizontal gelagert. Bei meinen Augen besteht ein Astigmatismus nach der Regel von $\frac{1}{4} D$, der mithin durch diese Lupe übercorrigirt und in einen Astigmatismus gegen die Regel von $\frac{1}{2} D$ umgewandelt wird, den ich an Proben zur Untersuchung auf Astigmatismus, wenn ich durch meine Lupe blicke, auch nachweisen kann; letzterer Astigmatismus wird durch eine ganz geringe verticale Drehung der Lupe in tadelloser Weise corrigirt.

¹ NORDENSON, *Annales d'Oculistique* (Mars, Avril). 1883.

² KNAPP, *Transactions of the American Ophthalmological Society*. 1892.

³ STEIGER, *Beiträge zur Physiologie und Pathologie der Hornhaut*. Wiesbaden 1896.

⁴ E. BERGER, *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences* (20. November). Paris 1899.

In den meisten Fällen genügt es, nur den Astigmatismus des hauptsächlich beim binoculären Sehen in Verwendung kommenden Auges (*œil directeur*, TSCHERNING¹) zu corrigiren; man kann aber auch beiden Linsen eine dem Astigmatismus jedes Auges entsprechend verschiedene Verticalneigung geben und in dieser Weise wird die neue binoculäre Lupe zu einem Präcisionsinstrumente, welches den individuellen Astigmatismus des Untersuchers, falls derselbe einen gewissen Grad nicht überschreitet, corrigirt. Im Falle der Astigmatismus des Auges größer und entgegengesetzt jenem der Lupenlinsen ist, hat man ein Cylinderglas hinter dem letzteren anzubringen, dessen Brechwerth der Differenz beider entspricht. Besteht beim Untersucher ein Astigmatismus gegen die Regel (stärkst brechender Meridian horizontal), so wird das corrigirende Cylinderglas durch die Addition des Astigmatismus des Auges und jenes der Lupenlinsen gefunden. In gleicher Weise erfolgt die Correction durch Cylindergläser in den gleichfalls sehr seltenen Fällen von Astigmatismus mit schräge gerichteten Hauptmeridianen.

Die stärkste Neigung, welche ich den Lupenlinsen im horizontalen Meridiane gebe, beträgt 15°; der durch diese Neigung hervorgerufene Unterschied im Brechwerthe des horizontalen und des verticalen Meridianes beträgt nur $\frac{1}{13}$ des Brechwerthes der Linsen. Man kann allerdings durch eine stärkere Neigung der Linsen auch die astigmatische Wirkung derselben beträchtlich steigern. SWAN BURNETT, insbesondere aber MONOYER, Professor der Physik an der Medicinischen Facultät in Lyon, empfehlen, offenbar aus theoretischen Gründen, die Anwendung derartiger stark geneigter Linsen zur Correction höherer Grade von Astigmatismus. Letzterer führt als Beispiel eine Neigung von 45° an. Im Sprechzimmer des Arztes mag beim Vorsetzen derartiger Linsen sich eine Besserung für die Sehschärfe des hochgradig astigmatischen Auges ergeben, aber nicht beim täglichen Gebrauche derselben. Denn, wenn z. B. das rechte Auge so corrigirt wäre, daß die Neigung der Linse von der Nasenseite nach vorn und schläfenwärts gerichtet ist, so wird bei der Bewegung beider Augen nach rechts das rechte Auge neben dem Glase nach aussen blicken; bei der Blickrichtung beider Augen

¹ TSCHERNING, *Optique physiologique*. S. 288. Paris 1898.

nach links hingegen wird die Neigung des Brillenglases zur Gesichtslinie bei Weitem geringer und mithin wird der Astigmatismus in dieser Stellung nicht mehr vollständig corrigirt sein. Bei der Parallelstellung der Sehlinien wird, insbesondere im Freien, eine so stark schief geneigte Linse an ihrer hinteren Fläche ein Reflexbild von den umliegenden Gegenständen entwerfen, welches dem Sehen dieses Auges weit mehr hinderlich ist, als der uncorrigirte Astigmatismus. Praktisch haben sich daher stark geneigte Brillengläser, die zur Correction von Astigmatismus in Amerika und England versucht wurden, nicht bewährt.

Am empfehlenswerthesten halte ich es, bei der ersten Untersuchung mit meiner Lupe sich mit der Frage des persönlichen Astigmatismus des Untersuchers und seiner Correction durch den Lupenastigmatismus nicht zu befassen; zumeist bedarf es erst der Aufmerksamkeit des Untersuchers, um bei der Lupenuntersuchung astigmatische Erscheinungen an geeigneten Proben nachzuweisen und gelingt es in wenigen Minuten, die Stellung der Lupe zu finden, bei welcher der Untersucher in einer tadellosen Weise die feinsten Proben auf Astigmatismus besichtigen kann, ohne letzteren nachweisen zu können.

Wichtiger ist es, keine Convergenz- oder Accommodationsanstrengungen beim Beobachten mit meiner Lupe zu machen. Man blicke durch die Lupengläser nach abwärts, als würde man in der Tiefe einen Gegenstand suchen, nähere dann langsam ein geeignetes Object, z. B. das Räderwerk einer Taschenuhr, oder aufgefaserter Watte, bis dasselbe im Focus erscheint. Man sieht dann plötzlich das Bild in grosser Klarheit. Hat man den Gegenstand zu stark genähert, so erscheint derselbe doppelt; man muß mithin dann denselben wieder entfernen, bis derselbe einfach gesehen wird. Das Betrachten eines nahen Gegenstandes, ohne die Sehlinien stark convergiren zu lassen, ist einzelnen Beobachtern im Beginne etwas schwierig, wird jedoch rasch erlernt. Von einzelnen Gelehrten erhielt ich z. B. die Mittheilung, daß die erste Untersuchung mit meiner Lupe dieselben etwas ermüdet hätte, dieses „Ermüdungsgefühl“ sei jedoch nach „erlernter“ Lupenarbeit nie mehr vorgekommen. Die ersteren Schwierigkeiten bestehen eben, wenn dieselben, was sehr selten ist, vorkommen, nur in der Nothwendigkeit der Unterlassung überflüssiger Convergenzanstrengungen.

Die Bilder, welche vom untersuchten Gegenstande für jedes Auge von den Lupenlinsen entworfen werden, sind desto mehr schläfenwärts deplacirt und desto mehr von einander verschieden, je kürzer die Brennweite derselben ist. Erstere Erscheinung erklärt, warum lange andauerndes Beobachten mit der neuen Lupe ohne Convergenzanstrengung möglich ist. Auf der letzteren Erscheinung, der starken Verschiedenheit der beiden Netzhautbilder, beruht der starke stereoskopische Effect, die verfeinerte Wahrnehmung der geringsten Details des Reliefs der untersuchten Gegenstände. Die beiden Netzhautbilder sind so sehr von einander verschieden, als sie wären, wenn unsere beiden Augen weiter von einander entfernt wären, als sie es wirklich sind.

Hätte z. B. der untersuchte Gegenstand (vergl. Fig. 2) die Form einer Kugel, so wird das linke Auge die Kugelhälfte gg_1 , das rechte Auge hingegen die Kugelhälfte rr_1 sehen; mithin erhält ein Sehorgan, dessen Pupillenabstand P ist, so sehr von einander verschiedene Bilder, als würde ein Sehorgan mit dem Pupillenabstand P_s diese Kugel in dem Kreuzungspunkte der Linien BA_1 und CA_2 sehen.

Die verfeinerte Reliefwahrnehmung macht sich jedoch erst nach einiger Uebung geltend. Das Gehirn muß erst die Beurtheilung der feineren Reliefunterschiede aus der größeren Verschiedenheit der Netzhautbilder erlernen. Eine Reihe von Gelehrten, welchen ich meine Lupe demonstirte, waren davon überrascht, daß sie nach einigem Gebrauche derselben Details an den untersuchten Gegenständen erkannten, welche ihnen bei der ersten Untersuchung entgangen waren. Herr Prof. LIPPMANN demonstirte diese ungemein interessante Erscheinung in der Pariser Akademie der Wissenschaften an verschiedenen Papierproben. Nach einigen Untersuchungen erscheint selbst das glatteste Papier mit einer großen Anzahl von ungleichmäßigen Unebenheiten versehen.

Zumeist erfolgt das Erlernen der Wahrnehmung der feinsten Reliefunterschiede ziemlich rasch; doch zeigen sich hierbei zahlreiche individuelle Verschiedenheiten. Im Allgemeinen nehmen Myopen, in deren Sehorgan aus Anlaß der größeren Annäherung der Gegenstände zwei stärker verschiedene Netzhautbilder der letzteren entworfen werden, als bei Emmetropen viel rascher

mit meinen Lupen ein sehr feines Relief wahr, als Emmetropen und Hypermetropen. Selbstverständlich vergleiche ich einen Myopen von 5 *D*, der mit einer Lupe von +10 *D* untersucht, bei meinen Untersuchungen mit einem Emmetropen, welcher mit einer Lupe von +15 *D* untersucht. Diejenigen, welche stereoskopische Fernrohre zu benützen pflegen, deren Gehirn mithin an die Beurtheilung des Reliefs durch Darstellung sehr stark verschiedener Netzhautbilder gewöhnt ist, machen mit meinen Lupen sofort oder nach sehr kurzer Uebung Beobachtungen, die eine ungemein verfeinerte Reliefwahrnehmung beweisen.

Nach einer Reihe von Untersuchungen von verschiedenen Pulversorten, Papierproben, abgestempelten Postmarken u. dgl. m. wird z. B. von vielen Beobachtern wahrgenommen, daß in der englischen Postkarte der Stempel durch eine ungemein feine Schichte von holzigem Papier von der Marke getrennt ist; auf manchen geographischen Karten erscheinen die Linien an den Ueberkreuzungsstellen körperlich u. dergl. m.

Nach den Untersuchungen der Herren Dr. GUILLAUME, Director des Internationalen Bureaus für Maafs und Gewicht und PAUL und PROSPER HENRY, Astronomen der Pariser Sternwarte, lassen sich mit meiner Lupe von Geübten Niveauunterschiede von $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{100}$ mm deutlich wahrnehmen, mithin Unterschiede, welche früher nur mittels mikroskopischer Untersuchung an Schnittpräparaten möglich waren.

Von grossem theoretischen Interesse sind die Ergebnisse der Untersuchungen über die Beurtheilung relativ gröfserer Distanzen mit meinen Lupen. Läßt man nämlich einen Untersucher, der mit Lupen nicht zu arbeiten gewöhnt ist, rasch mit einer Pincette einen (nicht von ihm selbst) im Focus gehaltenen Gegenstand, dessen Gröfse ihm nicht bekannt ist, z. B. ein Papierstückchen, fassen, so führt derselbe die Pincette zu meist hinter den Gegenstand. In Folge der geringen Convergenzanstrengung, welche die Lupenuntersuchung erfordert, wird die Entfernung des Gegenstandes gröfser geschätzt, als sie wirklich ist. Während also die feinsten Niveaudifferenzen durch die grofse Verschiedenheit der beiden Netzhautbilder auf das Genaueste beurtheilt werden, schätzt man die relativ gröfseren Distanzen durch das Innervationsgefühl der nöthigen Convergenzstellung. Es kann, wie obiger Versuch beweist,

unser Urtheil über die feinsten Niveaudifferenzen eine erhebliche Steigerung erfahren und wir über relativ gröfsere Distanzen mangelhaft orientirt sein.

Ich hatte obigem Versuche eine so grofse Bedeutung beigemessen, dafs ich die Fabrikanten meiner Apparate anwies, auf den Gebrauchsanweisungen anzuempfehlen, Werkzeuge, die zur Arbeit dienen, ohne die Lupe zum bearbeiteten Objecte mit freiem Auge zu bringen und dann erst mit der Lupenarbeit zu beginnen.

Allein ich hatte die Bedeutung der Convergenz für die Beurtheilung der Entfernung überschätzt. Auf zahlreiche Anfragen, ob bei dem Einführen von Instrumenten während der Lupenuntersuchung nicht im Beginne Schwierigkeiten beobachtet wurden, wurde mir von allen Seiten — und mir sind hier insbesondere die Aussagen der Schweizer Uhrenindustriellen, die ich aus Anlaß der Weltausstellung hier sah und welche mir mit grofser Offenheit ihre Erfahrungen bei der Anwendung meiner Lupen in ihren Fabriken mittheilten, sehr maafsgebend — mitgetheilt, dafs dies nicht der Fall sei. Thatsächlich konnte ich in meiner Gegenwart den Director einer Uhrmacherschule, einen Delegirten eines Staates, welcher zum Studium der Uhrenindustrie auf der Weltausstellung hier war, einen Medailleur u. A., welche meine Lupe zum ersten Male anwandten, sofort ohne Schwierigkeit mit derselben arbeiten sehen. Abgesehen von dem Muskelgefühl, welches den Arbeiter, wenn er das Object in der Hand hält, über dessen Entfernung orientirt, kommt hier auch die Beurtheilung der letzteren aus der scheinbaren Gröfse desselben wesentlich in Betracht. Letztere ist allein maafsgebend bei den Arbeiten (z. B. jener des oben genannten Medailleurs), bei welchen der Gegenstand nicht in der Hand gehalten wird. Da der Uhrmacher, der Graveur u. dergl. m. aus der langjährigen Erfahrung mit der monoculären Lupe die Schätzung der relativ gröfseren Distanzen aus der scheinbaren Gröfse, welche der mit seiner Lupe vergröfserte Gegenstand darbietet, längst zu beurtheilen gelernt hat, so hat die Beurtheilung derselben durch das Innervationsgefühl der Convergenz keine Bedeutung mehr. Dafs die Beurtheilung der Entfernung eines Gegenstandes durch dessen scheinbare Gröfse sehr erleichtert wird, wenn dessen Gröfse bekannt ist oder mit jener eines

daneben befindlichen Gegenstandes verglichen werden kann, ist längst bekannt.

In dieser Weise erkläre ich mir auch, daß Naturforscher, welche mit meinen Lupen arbeiten, auch ohne durch die Convergenzinnervation richtig über die Entfernung des untersuchten Gegenstandes orientirt zu sein, sehr geschickt präpariren (Prof. RAMON Y CAJAL und Naturforscher, über welche Prof. HALTENHOFF mir berichtete), daß Augenärzte mit meinen Lupen Fremdkörper aus der Cornea entfernen (Prof. HALTENHOFF, Genf) oder feinere Operationen, wie die Extraction des Nachstaares mit denselben ausführen (Primararzt Dr. ADLER, Wien).

Es kommt jedoch nicht nur eine Urtheilstäuschung in Betreff der Entfernung bei richtig beurtheilter Gröfse des untersuchten Gegenstandes beim ersten Gebrauche mit meinen Lupen vor, sondern es kann auch umgekehrt die Entfernung mit meinen Apparaten richtig beurtheilt werden, aber der Gegenstand als gröfser geschätzt werden. Letztere Erscheinung beobachtete ich insbesondere bei Leuten, welche meine stereoskopischen Brillen, auf welche ich später zu sprechen kommen werde, benützen; z. B. constatirte Herr Dr. DE CHRISTMAS (vom Institut Pasteur in Paris), daß er mit stereoskopischen Concavbrillen, welche genau dieselbe Nummer haben, als jene, welche er stets bisher benützt hatte, die Gegenstände nicht so stark verkleinert sehe, als mit letzteren.

Jedenfalls empfehle ich Allen, welche meine stereoskopischen Lupen benützen wollen, zuerst das Beobachten mit denselben und dann das Arbeiten mit denselben zu erlernen. Beides geschieht sehr rasch. Ueber die bisherigen praktischen Erfahrungen bei der Anwendung der stereoskopischen Lupen in den verschiedenen Zweigen der Wissenschaft, der Kunst und der Industrie habe ich in einer Monographie¹ eingehend berichtet.

Für die Beurtheilung der Schädigung des Sehens bei Einäugigen ergiebt sich aus obigen Beobachtungen, daß denselben die Befähigung der Wahrnehmung der feinsten Niveauverschiedenheiten durch die Verschiedenheit der beiden Netzhautbilder (stereoskopisches Sehen), sowie die Schätzung gröfserer Distanzen durch die Innervationsgefühle der Convergenz fehle.

¹ E. BERGER, Loupe binoculaire simple et lunette stéréoscopiques. Paris, Schleicher frères, 1900.

Sie können jedoch, wie u. A. REIMAR¹ nachgewiesen hat, durch die parallaxische und perspectivische Verschiebung das Erkennen von Niveaudifferenzen verbessern und können aus der scheinbaren Gröfse der gesehenen Gegenstände die relativ gröfseren Entfernungen beurtheilen. Inwieferne die beiden letzteren Hilfsmittel, welche durch Uebung jedenfalls eine erhöhte Bedeutung erlangen, den Verlust der beiden anderen so wichtigen Behelfe für das richtige körperliche Sehen, theilweise zu ersetzen im Stande sind, mufs für jede Berufsart und selbst mit Rücksicht auf die individuellen Anlagen des Einäugigen verschieden beurtheilt werden.

Die Beurtheilung des Reliefs aus der Verschiedenheit der beiden Netzhautbilder desselben Gegenstandes ist eine Function der höheren corticalen Centren. Es scheint, dafs nur die centralen Theile des Gesichtsfeldes beider Augen beim stereoskopischen Sehen in Betracht kommen. Eine Reihe von Fällen von Centralscotom oder Veränderungen in der Macula lutea, welche ich mit meinen Lupen prüfte, ergab, dafs die Untersuchten verschiedenere Bilder für jedes Auge, wie ohne die Lupe hatten; dieselben konnten jedoch keinen vermehrten stereoskopischen Effect mit derselben erhalten. Unter den von mir Untersuchten befanden sich auch ein Mitglied des Französischen Institutes und ein sehr bekannter Landschaftsmaler. Letzterer konnte auch mit stereoskopischen Fernrohren keine gesteigerte Reliefwirkung erhalten. Ersterer kann seit Jahren zum Lesen von Handschriften nur die paracentralen Netzhautstellen, sei es des einen, sei es des anderen Auges verwenden.

Allein auch bei ganz normalem peripheren Sehorgane kann der starke stereoskopische Effect meiner Lupe fehlen, sei es, dafs das Gehirn die Beurtheilung des Reliefs aus der Verschiedenheit der beiden Netzhautbilder nicht erlernt hat, sei es, dafs dieselbe durch Functionsstörungen der höheren corticalen Centren verloren wurde.

In ersterem Sinne erkläre ich mir eine allerdings geringe Anzahl von Gelehrten, welche mit meiner Lupe keine vermehrte Reliefwirkung erhalten. Ich sehe hier selbstredend von den Fällen ab, in welchen in Folge von lange andauerndem Gebrauche eines monoculären Instrumentes das Netzhautbild eines

¹ REIMAR, loc. cit.

Auges psychisch unbeachtet bleibt. Solche Leute beurtheilen das Relief gemäß der Ueberkreuzung der Conturen oder der Schlagschatten.

Bei einer Anzahl von Hysterischen, sowie in einem Falle von beginnender progressiver Paralyse konnte ich gleichfalls mit meiner stereoskopischen Lupe keinen vermehrten Reliefeffect hervorrufen; Neurastheniker hingegen hatten mit derselben eine sehr gesteigerte Reliefwahrnehmung.

Die Befähigung der Beurtheilung des Reliefs ist bei Hysterischen auch für die Tastempfindung nicht selten gestört (CLAPARÈDE¹). Sehr interessant sind auch die Fälle von Hysterie, in welchen im Stereoskope Druckschrift gelesen, aber zwei Bilder, welche körperliches Wahrnehmen erfordert, nicht vereinigt werden konnten.² Es fehlt mithin bei manchen Hysterischen die Fähigkeit der Wahrnehmung des Reliefs und da die zwei verschiedenen Bilder eines Gegenstandes nicht zur Beurtheilung der körperlichen Beschaffenheit desselben verwandt werden können, so wird das Bild eines Auges psychisch unterdrückt.

Das Gesichtsfeld der stereoskopischen Lupe ist selbstverständlich gröfser, als jenes einer monoculären Lupe von gleicher Brennweite. Das beiden Augen gemeinsame Gesichtsfeld ist verhältnismäfsig sehr grofs (vergl. Fig. 2, *ag*₁), es wird jedoch um so kleiner, je kürzer die Brennweite der angewandten Linsen ist. Es können jedoch binoculäre stereoskopische Lupen nach meinem Systeme mit allen allgemein in der Wissenschaft, der Kunst und der Industrie gebräuchlichen Brennweiten construiert werden.

Die neue Lupe behält mithin die Brennweite, den Arbeitsabstand und die Vergröfserung der bisher üblichen Lupen bei; ihr Gesichtsfeld ist gröfser, als jenes der letzteren; sie ermöglicht die gleichzeitige Verwendung beider Augen bei der Arbeit, giebt einen vermehrten stereoskopischen Effect, gestattet eine lang andauernde Untersuchung ohne Convergenzanstrengung; die Ueberanstrengung des einen allein bei der Arbeit benützten Auges, die Ermüdung des Schließmuskels der Lider des anderen nicht zur

¹ CLAPARÈDE, *Intermédiaire des Biologistes*. 1899.

² Näheres hierüber in meiner im Druck befindlichen Abhandlung der *Encyclopédie française d'Ophtalmologie* von LAGRANGE und VALUDE. T. II. Paris, Doin.

Arbeit verwandten Auges, sowie die Schädigung des binoculären Sehens in Folge anhaltender Nichtbenützung eines Auges entfallen bei der neuen Lupe, welche auch in der großen Mehrzahl der Fälle den Astigmatismus des Auges des Untersuchers zu corrigiren gestattet.

Wie der in Fig. 2 dargestellte Gang der Lichtstrahlen ergibt, unterscheidet sich meine neue Lupe wesentlich vom Stereoskope. Während das Letztere zwei Abbildungen eines Gegenstandes zu einem gemeinsamen Bilde vereinigt, welches diesen Gegenstand körperlich darstellt, wenn diese Abbildungen verschieden sind, entwirft meine Lupe von einem Gegenstande zwei verschiedene Bilder, je eines für das rechte und für das linke Auge. Das Stereoskop giebt dem Beobachter die Illusion eines Reliefs, das nicht besteht, während meine Lupe nur das wirklich bestehende Relief zur Ansicht bringt. An Photographien z. B. sieht man mit der stereoskopischen Lupe die Unebenheiten des Papiers und der Silberniederschläge, weshalb dieselbe auch von Astronomen zur Untersuchung von photographischen Aufnahmen des Sternenhimmels mit Erfolg benützt wird, da sich deutlich mittels derselben ergibt, ob ein heller Punkt der Photographie einem Fehler des Papiers oder einem Sterne geringerer Größe entspricht.

Die Untersuchungen mit meiner Lupe ergeben beim Untersucher schliesslich eine Besserung der Reliefwahrnehmung auch ohne Benützung derselben; dies konnte ich z. B. an mir selbst constatiren; bei mir hatte wahrscheinlich in Folge langjährigen Mikroskopirens das Reliefsehen gelitten. Auch Uebungen mit dem Stereoskope, wenn die Besichtigung von Reliefunterschiede darstellenden Abbildungen mit demselben vorgenommen werden, haben eine Besserung der Reliefwahrnehmung zur Folge. Herr ROZAT-SANDOZ, Uhrenindustrieller im Locle (Schweiz), theilte mir mit, daß er und einzelne seiner Collegen regelmässig derartige Uebungen mit stereoskopischen Ansichten vornehmen und eine Besserung der durch das anhaltende Arbeiten mit der monoculären Lupe abgeschwächten Reliefwahrnehmung durch dieselben constatiren konnten.

Das Betrachten von Photographien mit der stereoskopischen Lupe giebt allerdings, ebenso wie mit den großen zum Besichtigen von photographischen Abbildungen verwandten Convexlinsen, einige Illusion des Reliefs, die jedoch nie so deut-

lich ist, wie beim Stereoskope. Es werden nämlich mit beiden Apparaten nur in der Mittellinie gelegene Theile der Photographie zwei ganz identische Bilder in beiden Augen hervorrufen, für alle nach rechts oder nach links von der Mittellinie gelegenen Theile der Photographie erhält jedes Auge Bilder, welche um so verschiedener von einander sind, je kürzer der Focus der Linse ist. Das Undeutlichwerden der peripheren Theile der Photographie in Folge der sphärischen Aberration der angewandten Linsen mag wohl mit zur Illusion des Reliefs beitragen, indem dadurch Verhältnisse geschaffen werden, wie sie unser peripheres Gesichtsfeld darbietet.

Die stereoskopische Lupe wird in zwei verschiedenen Formen hergestellt. Für wissenschaftliche und technologische Untersuchungen sind die decentrirten geneigten Linsen in die vordere Wand einer Dunkelkammer eingefügt (Fig. 3), welche nach hinten offen ist und daselbst mit ihrem Rande sich den Unebenheiten der Stirn, Schläfe, Wange und Nase des Untersuchers möglichst anschmiegt. Die Lupe wird bei Untersuchungen in einer Hand gehalten; für die Benutzung zu Arbeiten ist dieselbe mittels eines Bandes am Kopfe befestigt oder mit einem Fußgestelle versehen.

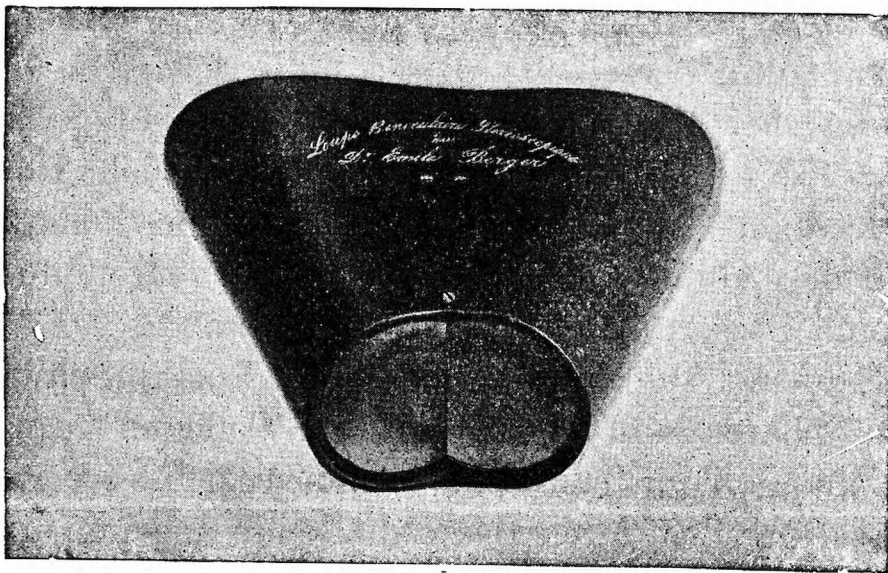


Fig. 3. Stereoskopische Lupe.

Für Berufsarten, wie Uhrmacher, Miniaturmaler u. dgl. m., welche eine häufige Unterbrechung der Lupenuntersuchung bei der Arbeit erfordern, ist es praktischer, die gleichen Linsen in

der Fassung einer Brille oder eines Kneifers zu verwenden (Fig. 4). Die angewandten Linsen haben eine geringe Größe,



Fig. 4. Lupenbrille.

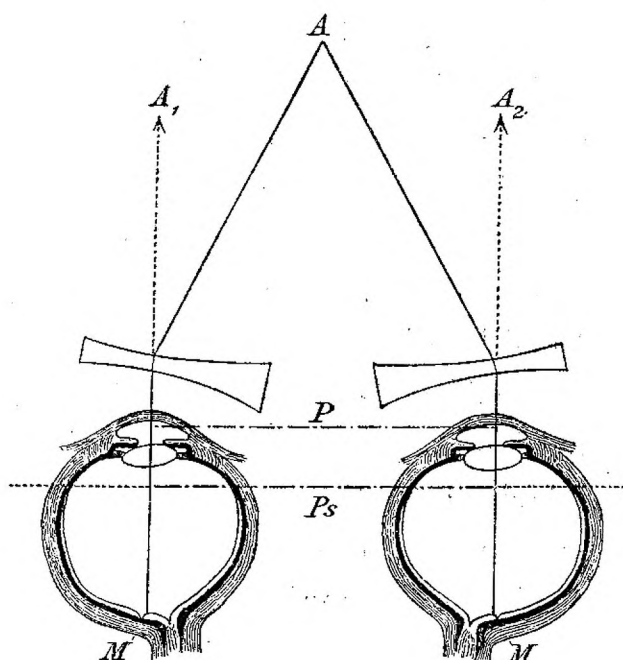


Fig. 5.

Schema des Strahlenganges der stereoskopischen Concavbrillen für die Nähe.

welche aber genügt, damit der Uhrmacher reichlich das Gesichtsfeld einer Taschenuhr erhalte. Beim Blicke nach abwärts sieht der Beobachter den Gegenstand durch die Lupengläser vergrößert, beim Blicke über die Lupe hinweg ist der grössere Theil des Gesichtsfeldes für die Arbeit ohne Lupe frei.

Die Convexbrille für die Nähe ist nichts Anderes, als eine binoculäre Lupe von grösserer Brennweite und so war es denn naheliegend, auch für erstere durch die Anwendung decentrirter und geneigter Convexlinsen dieselben Vortheile, welche die stereoskopische Lupe darbietet, nämlich der Verminderung der Convergenzanstrengung und des stärkeren stereoskopischen Effectes, anzuwenden.

Auch decentrirte zu einander geneigte Concavgläser geben analoge Resultate der verminderten Convergenzanstrengung und des gesteigerten stereoskopischen Effectes. Wie aus dem Schema des Strahlenganges (Fig. 5) zu entnehmen ist, entwerfen

derartige Concavgläser von einem nahe gelegenen Gegenstande A je ein aufrechtes, virtuelles und näher (als der Gegenstand) gelegenes, verkleinertes Bild (A_1 und A_2) für jedes Auge. Da diese Bilder auf identische Netzhautstellen (M) fallen, so werden dieselben im Gehirn als einem Gegenstande angehörig wahrgenommen. Die abducirende Wirkung, sowie der stereoskopische Effect sind desto stärker, je kürzer die Brennweite der Concavgläser ist. Aus dem bereits früher aus Anlaß der Convexgläser auseinandergesetzten Grunde ist die Verschiedenheit der beiden Netzhautbilder des beobachteten Gegenstandes so groß, als würde die Beobachtung mittels eines Sehorganes mit vergrößertem Pupillenabstande (P_s) vorgenommen werden.

Eine Reihe von auf dem Gebiete der Optik thätigen Fachmännern (Myopen), wie die Herren PAUL und PROSPER HENRY (Pariser Sternwarte), JARRET (Fabrikant optischer Apparate) u. A. waren von dem starken stereoskopischen Effecte derartiger Concavbrillen überrascht.

In ca. 250 Fällen habe ich stereoskopische Brillen für die Nahearbeit anwenden lassen und haben die bisherigen Resultate die großen Vortheile derselben im Vergleiche zu der bisher üblichen Brille für die Nähe ergeben. Unangenehme Erscheinungen traten bei der Anwendung der ersteren überhaupt nicht auf. Eine Störung durch Reflexbilder der hinteren Fläche der Linsen kommt wegen der relativ geringen Neigung der Linsen nicht vor.

Der Vortheil der verfeinerten Reliefwahrnehmung wird manchmal erst nach einige Zeit dauernder Anwendung der stereoskopischen Brillen constatirt; die Vortheile der vermindernten Convergenzanstrengung bei der Nahearbeit machen sich bei stärkeren Gläsern sofort geltend, bei der Anwendung von schwächeren Linsen wird angegeben, daß eine längere Andauer der Arbeit mit denselben ohne Ermüdungsgefühl möglich sei, als mit den bisher angewandten Brillen.

Selbstverständlich werden in erster Linie Künstler, Gelehrte und manche feinere Arbeiten erfordernde Berufsarten von einer gesteigerten Reliefwahrnehmung Vortheile ziehen. Für gewisse Untersuchungen werden stereoskopische Lupen und Brillen unentbehrlich sein; z. B. für die Beurtheilung der Dicke der Schichte, die bei Edelsteinen abzuschleifen ist. Ein Fachmann erkannte erst mit meiner stereoskopischen Lupe, daß auf

einem alten Bilde der Name des angeblichen Autors desselben über einer Firnißschichte aufgetragen war.

Die Verwendung stereoskopischer Brillen für die Presbyopie bringt mit dem Alter fortschreitend eine immer geringere Inanspruchnahme der Convergenz und eine Steigerung des stereoskopischen Effectes mit sich, wodurch das Erkennen der Formen der Gegenstände erleichtert wird. Beim Myopen kann durch die stereoskopische Wirkung einigermaßen das ersetzt werden, was er durch die Verkleinerung der Netzhautbilder durch die Concavgläser verliert. Viel wichtiger halte ich die starke Verminderung der Convergenz, welche es ermöglicht, bei hochgradiger Myopie auch für geringere Abstände, als gewöhnlich (33 cm) Nahebrillen in Anwendung zu bringen, ohne hierbei eine Ermüdung der Musculi recti interni zu verursachen.

Den jetzt üblichen Brillen für die Nähe haften zwei Fehler an, die bisher nicht die entsprechende Beachtung fanden, und welche bei den stereoskopischen Brillen vermieden werden.

I. Wir verlangen von jedem optischen Instrumente, daß die Hauptebenen der dasselbe zusammensetzenden Linsen senkrecht zur Gesichtslinie stehen, und daß letztere mit den optischen Axen dieser Linsen genau übereinstimme.

Bei der Nahearbeit sind die Gesichtslinien nach abwärts gerichtet und hat man längst beobachtet, daß Diejenigen, welche einen Kneifer bei der Nahearbeit verwenden, denselben desto mehr geneigt (zur Verticalen) aufsetzen, je mehr der Blick nach abwärts gesenkt wird. Dementsprechend gab man eine analoge Neigung den Linsen der Brille für die Nähe. Amerikanische und englische Fabrikanten haben sogar Mechanismen ersonnen, welche gestatten, Brillengläser, welche gleichzeitig für die Ferne und für die Nähe verwendet werden, entweder vertical oder geneigt zu stellen.

Da bei der Nahearbeit die Gesichtslinien convergiren, so stehen die jetzt üblichen Brillengläser nicht senkrecht zu letzteren; sie sind eigentlich schief gestellt und diese Schiefstellung steigert, wenigstens bei der Verwendung stärkerer Linsen, den physiologischen Astigmatismus der großen Mehrzahl der menschlichen Augen.

Die Untersuchung der Krümmungsverhältnisse der menschlichen Hornhaut ergaben (vgl. die Untersuchungen von LEROY¹,

¹ LEROY, citirt bei E. MEYER, *Revue générale d'Ophtalmologie* (7). 1890.

ED. MEYER¹ und SULZER²), daß der nasale horizontale Radius derselben den stärksten Brechwerth aufweist, während letzterer im temporalen horizontalen Radius am schwächsten ist; die Mittelwerthe ergaben sich für die beiden Hälften des verticalen Meridianes. Der Gesamtwert des Brechwerthes des letzteren übertrifft jedoch, wie bereits früher angegeben wurde, jenen des horizontalen Meridianes. Die Schiefstellung der menschlichen Linse corrigirt nur einen geringen Theil des Astigmatismus der Hornhaut (TSCHERNING³).

Neigt man ein Convexglas in gleichem Sinne, in welchem die jetzt gebräuchlichen Brillengläser für die Nähe zur Gesichtslinie schief stehen, mithin im horizontalen Meridian von aussen hinten nach vorn und innen, so wird dasselbe im nasalen Radius dieses Meridianes die stärkste, im temporalen Radius die schwächste Brechkraft haben. (Eine schief geneigte Linse hat an jenen Theilen die stärkste Brechkraft, welche vom Gegenstande am weitesten entfernt sind.) Mithin werden derartig geneigte Convexlinsen den Astigmatismus des menschlichen Auges steigern; die von mir angewandten Convexlinsen hingegen corrigiren, wie bereits früher erwähnt wurde, denselben.

Von diesen beiden Erscheinungen kann man sich leicht experimentell durch Beobachten von feineren Proben für die Untersuchung auf das Bestehen von Astigmatismus mit Linsen in diesen verschiedenen Neigungen überzeugen.

II. Wichtiger als diese relative Schiefstellung der jetzt üblichen Brillengläser für die Nähe ist die für beide Augen ungleichmäßige adducirende Wirkung derselben während des Lesens.

Wir wissen durch die Untersuchungen von LAMARE⁴, daß beim Lesen einer Zeile 4 bis 5 saccadenartige Bewegungen von beiden Augen ausgeführt werden und daß am Ende jeder Saccade die Augen auf einen Punkt der Zeile eine bestimmte Zeit⁵ lang fixirt bleiben müssen. Würden unsere Augen gleichmäßig über

¹ ED. MEYER, *Revue générale d'Ophtalmologie* (7). 1890.

² SULZER, in E. JAVAL, *Mémoires d'Ophtalmométrie*. Paris 1891.

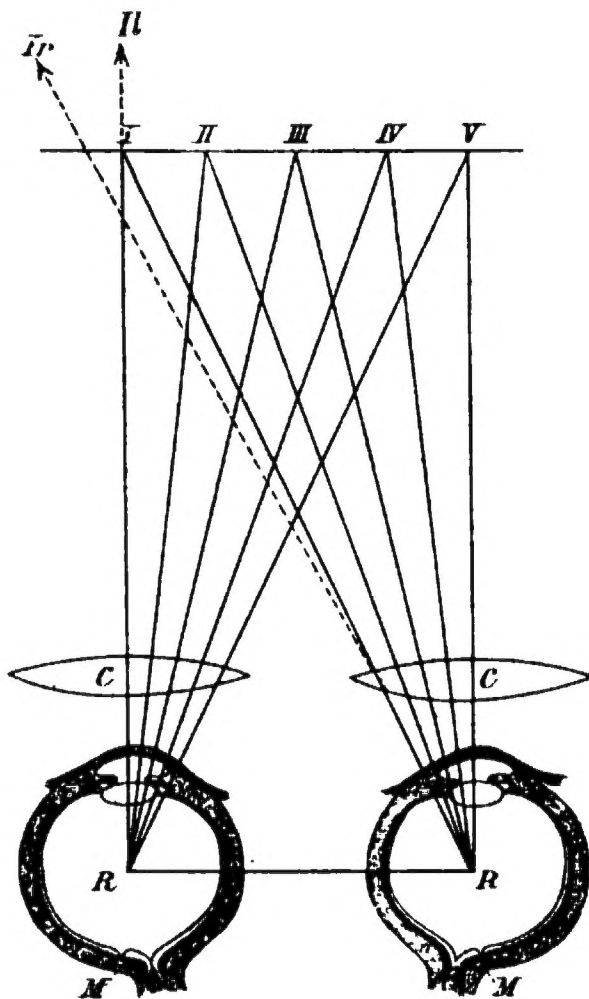
³ TSCHERNING, loc. cit. S. 119.

⁴ LAMARE, Les mouvements des yeux pendant les lectures. *Bulletin de la Société française d'Ophtalmologie* 354. 1892.

⁵ Dieselbe wird von BEAUNIS (citirt bei LAMARE, loc. cit. S. 355) auf ⁷/₁₈ einer Secunde geschätzt.

die Zeilen hinweggleiten, so wäre ein Erkennen der Buchstaben unmöglich, da eine gewisse Andauer des Netzhautbildes nothwendig ist, um einen Gegenstand zu erkennen. Die beim Lesen und Schreiben ausgeführten saccadenförmigen Augenbewegungen sind coordinirte Bewegungen, bei welchen am Ende jeder Saccade (vgl. Fig. 6) die beiden Gesichtslinien genau in demselben Punkte der Zeile sich kreuzen müssen.

Es geht nun aus dem nebenstehenden Schema (Fig. 6) hervor, daß beim Lesen mit den bisher üblichen, genau mit den



II, III, IV, V, Endpunkte der Bewegungssaccade, beim Lesen ohne Brillengläser. — I'r und Il, aufrechte virtuelle Bilder der Anfangsstelle I der mit genau mit den Pupillenmitten centrirten Convexbrillen gelesenen Zeile.

Fig. 6.

Schema der coordinirten Augenbewegungen während des Lesens einer Zeile.

Pupillenmitten centrirten Convexgläsern an jeder Endstelle der saccadenförmigen Bewegungen für jedes Auge verschieden starke prismatische Wirkungen des Brillenglases sich geltend machen. Es sei z. B. die gelesene Zeile, wie bei den meisten deutschen und französischen Tagesblättern, ungefähr gleich dem Pupillenabstande, so wird am Beginne der Zeile die prismatische Wirkung des Convexglases des linken Auges Null,

jene des rechten Auges jedoch sehr stark sein; die virtuellen aufrechten Bilder von *I* werden für das linke Auge in *II*, für das rechte jedoch in Folge der prismatisch adducirenden Wirkung des Convexglases in *Ir* liegen. Nur in der Mittellinie der Zeile (*III*) werden beide Convexlinsen eine für beide Augen gleich starke prismatische adducirende Wirkung haben.

Man hat bisher die Beschwerden, welche insbesondere Convexgläser im Beginne oder auch anhaltend hervorrufen, irrthümlicherweise auf die eingewurzelten Beziehungen zwischen der Convergenz und der Accommodation zurückführen wollen. So erklärt dies z. B. NAGEL¹, indem er sagt, daß der „Hypermetrop für alle Abstände zu stark accommodirt, und diese zu starke Accommodation bei der Nahearbeit wird nicht rasch aufgegeben“ (beim Gebrauche von Brillen). „Hypermetropen gewöhnen sich daher schwer an das Brillentragen.“

Gegen diese Erklärung der Beschwerden, welche Brillen hervorrufen, die in sämtlichen Handbüchern der Augenheilkunde ungefähr so, wie bei NAGEL, dargestellt wird, spricht die von DONDERS² gefundene Thatsache, daß für dieselbe Convergenz verschiedene Accommodationsanstrengungen möglich sind (relative Accommodationsbreite) und umgekehrt für einen bestimmten Accommodationszustand ein gewisser Spielraum der Axenconvergenzen gestattet ist (relative Convergenzbreite).

Gegen die Richtigkeit der obigen Erklärung spricht ferner die Thatsache, daß dieselben Beschwerden auch bei nicht oder nur in geringem Maasse accommodirenden Augen auftreten, z. B. bei Myopen, ja sogar in ganz auffällig lästiger Weise bei mit Accommodationslähmung behafteten Diabetikern sich manifestiren (SCHMIDT-RIMPLER³).

Die Beschwerden, welche die bisher üblichen Brillen für die Nähe hervorrufen, bestehen thatsächlich in einer Störung der coordinirten Augenbewegungen beim Lesen, ganz analog jenen, die man auch ohne Brillen bei Tabes dorsalis beobachten kann. Die Kranken klagen darüber, daß sie mit den Brillen zwar größer sehen, aber nicht lesen können, da ihnen die

¹ NAGEL, in GRAEFE und SAEMISCH, Handbuch der Augenheilkunde. II. Band, S. 501.

² DONDERS, Anomalies of the Refraction of the Eye. London 1869.

³ SCHMIDT-RIMPLER, Die Erkrankungen des Auges im Zusammenhange mit anderen Krankheiten. S. 367. 1898.

Gegenstände vor den Augen verschwimmen, die Buchstaben sich durch einander bewegen, u. dgl. m. Bei Leuten, die genauerer Selbstbeobachtung fähig sind, erfährt man, daß während des Lesens Doppelbilder, insbesondere an den Endtheilen der Zeilen, auftreten. Man kann übrigens sehr leicht durch Vorsezen von starken Convexgläsern sich selbst von dem Entstehen dieser Doppelbilder beim Lesen überzeugen. Alle unangenehmen Erscheinungen der Brille für die Nähe (insbesondere bei Convexgläsern), welche um so peinlicher sich bemerkbar machen, je stärker die angewandten Linsen sind, lassen sich in dieser Weise am einfachsten erklären.

In den ophthalmologischen Handbüchern heißt es, man müsse sich erst nach und nach an den Gebrauch der Brillen gewöhnen, d. h. nach meiner Auffassung, der zur Nahearbeit Brillen Benützende muß erst neue coordinirte Augenbewegungen, welche die ungleichmäßige prismatische Wirkung der Brillen an den einzelnen Stellen der gelesenen Zeile erfordert, erlernen.

Daß das Erlernen dieser neuen coordinirten Augenbewegungen nicht leicht, ja manchmal gar nicht gelinge, beweist die tägliche Erfahrung. STELLWAG¹ z. B. empfiehlt „die Brille Anfangs nur ganz kurze Zeit mit vielen Unterbrechungen gebrauchen und sogleich wieder weglegen zu lassen, sobald sich ein Gefühl von Unbehaglichkeit einstellt“, giebt jedoch zu, daß manchmal „nichts übrig bleibe, als das corrigirende Glas mit Prismen von 2—3°, Basis nach innen, zu combiniren, ohne daß gerade in diesen Fällen eine Insufficienz der Recti interni vorläge“.

Eine wie hohe Bedeutung den prismatischen Wirkungen der bisher üblichen Brillengläser zukommt, beweist die Erfahrung an Staaroperirten. Die letzteren beurtheilen Distanzen selbst schlechter als Einäugige (SCHMIDT-RIMPLER²), doch ist dies nicht der fehlenden Accommodation des Auges in Folge des Mangels der Linse zuzuschreiben, wie letzterer Autor annimmt, sondern dem Zusammenwirken mehrfacher Ursachen: der langjährigen Nichtbenützung des binoculären Sehens, der im Vergleiche zum

¹ STELLWAG, Lehrbuch der Augenheilkunde. S. 811.

² SCHMIDT-RIMPLER, Deutsche Naturforscherversammlung 1899, Ophthalmologische Section.

früheren Sehen grösseren Netzhautbilder und der beim Nahe-sehen adducirend-prismatischen Wirkung der Brillengläser. Aus beiden letzteren Gründen schätzt der Staaroperirte die Gegenstände im Beginne näher, als sie wirklich sind; oft besteht eine gewisse Unsicherheit, insbesondere beim Gehen auf der Strasse,

ja es wurden sogar Erscheinungen von Schwindelgefühl u. dgl. m. beobachtet (KÖNIGSTEIN¹).

Bei der Anwendung von decentrirten Linsen bei Brillen für die Nähe treten diese Coordinationsstörungen der Augenbewegungen beim Lesen nicht auf. Es war jedenfalls ein großes Verdienst LIEBREICH's², durch klinische Erfahrungen die Vortheile derselben richtig erkannt zu haben, wenngleich eine theoretische Begründung der letzteren zur Zeit einer Untersuchungen über diese Frage noch nicht möglich war. Von den Ophthalmologen wurden die decentrirten Linsen fast gar nicht beachtet, jedoch in letzter Zeit deren Vortheile von einem Anatomen, TRIEPEL³, von Neuem richtig beurtheilt. Der Letztere hat

hat insbesondere durch eingehende Berechnungen und durch schematische Darstellungen den Nachweis geliefert, daß de-

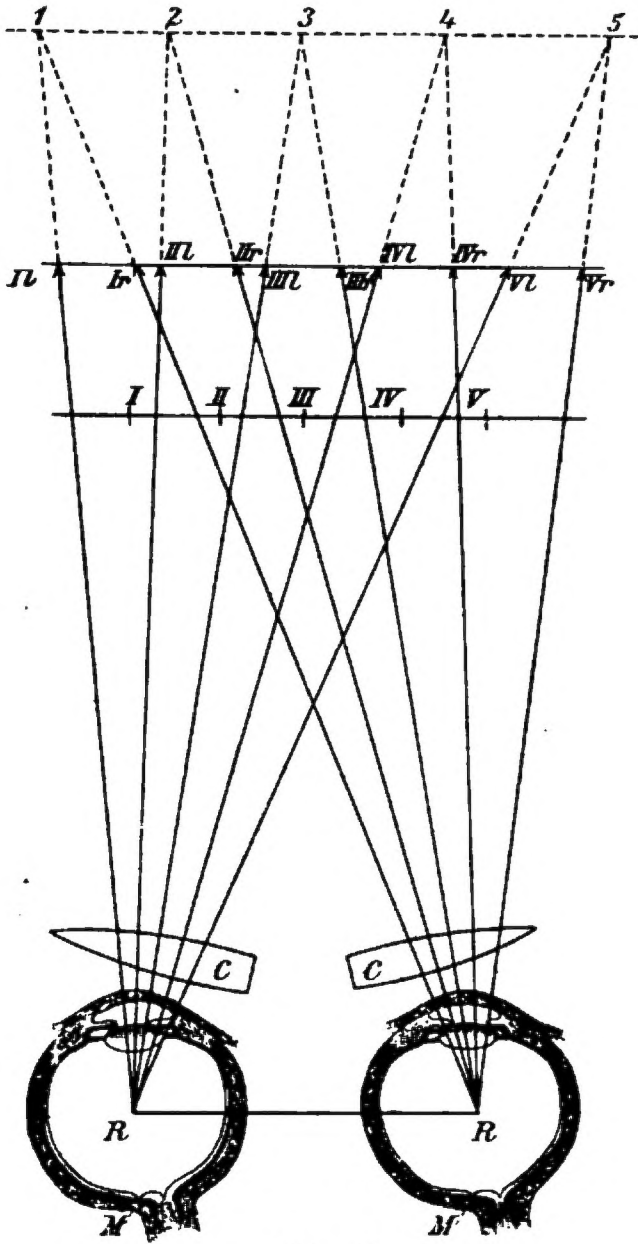


Fig. 7.

Schema der Augenbewegungen
beim Lesen mit stereoskopischen
Convexgläsern.

¹ KÖNIGSTEIN, Ueber aphakischen Gesichtsschwindel. *Wiener Medicinische Presse* (24). 1900.

² LIEBREICH, loc. cit.

³ TRIEPEL, Ueber Decentriren bispärischer Linsen. *v. GRAEFE'S Archiv f. Ophthalmologie* 46 (2). 1898.

centrirte sphärische Linsen, ganz besonders aber decentrirte Concavgläser, der bisher üblichen Combination von sphärischen Gläsern mit Prismen vorzuziehen seien. Ich halte es daher für überflüssig, hier nochmals diese Frage aus einander zu setzen.

Inwiefern die von mir verwandten geneigten decentrirten Linsen im Vergleiche zu jenen, die LIEBREICH und TRIEPEL empfahlen, einen Fortschritt bedeuten, geht zur Genüge aus meinen früheren Auseinandersetzungen hervor. Die stärkere prismatische Wirkung und hierdurch der stärkere stereoskopische Effect und die verminderte Inanspruchnahme der Convergenz, sowie die Vermeidung der Schiefstellung der Linsen zur Gesichtslinie rechtfertigen die Anwendung der ersteren.

Das in Fig. 7 abgebildete Schema stellt den Mechanismus des Lesens mit stereoskopischen Convexbrillen dar. Von den einzelnen Theilen der gelesenen Zeile I, II bis V werden je ein aufrechtes und entfernter als die Zeile gelegenes Bild für das rechte (*Ir*) und das linke Auge (*Il*) entworfen, welche um so mehr von einander entfernt liegen, je stärker die prismatische Wirkung, welche wieder von der Brennweite der Linsen abhängt, ist. Die Gesichtslinien werden mithin nach einer weiteren Entfernung (1, 2 bis 5), als die scheinbare Lage der Zeile ist, convergiren.

So führten mich denn meine bescheidenen Versuche, die bisherige einfache Lupe durch ein binoculäres stereoskopisches Instrument zu ersetzen, auf andere viel wichtigere Gebiete, welche eine gröfsere Beobachtung verdienen, als ihnen bisher zu Theil wurde.

(Eingegangen am 12. November 1900.)
