Über

das Sehen mit beiden Augen,

die Tiefenanschauung

und ein

neues Stereoskop mit rotierenden Prismen

(D. R. P. 80337, Oktober 1894)

nebst seiner

Verwendung im Unterricht

und in der

Augenheilkunde

von

Professor Dr. **Ludwig Blath.**

MAGDEBURG
Königliche Hofbuchdruckerei von Carl Friese
1896.

1896. Programm No. 242.

9ma 6/8 (1896)

2426

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

UNIVERSITÄTS- UND LANDESBIBLIOTHEK DÜSSELDORF

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Unsere gesamten Beziehungen zur Aussenwelt, soweit sie durch die Lichtschwingungen vermittelt werden, beruhen für normalsichtige Menschen auf dem Sehen mit zwei Augen. Freilich fällt das Bewusstsein dieses zweiäugigen Sehens bei der grossen Mehrzahl der Menschen fort, wie das Bewusstsein des eigentlichen Vorgangs bei so manchen andern Sinneswahrnehmungen, die mit unserer Erkenntnis verwachsen sind, soweit wir selbst unser Wahrnehmen und Denken haben beobachten können und die doch in Wirklichkeit eine lange Entwicklungsreihe von der niedersten Stufe beim neugebornen Kinde bis zur hohen Entwicklung im erwachsenen Menschen durchlaufen haben. Niemand mag zweifeln, dass die Fertigkeit im Schreiben und Zeichnen, in der gewandten Verwendung der verschiedensten Muskelsysteme beim Turnen, beim Handwerk, in der Technik etc. eine Sache der Übung ist, von dem elementarsten Gebrauch der entsprechenden Muskeln an bis zu ihrer fast mechanischen, dem Willen, wie es scheint, kaum noch unterworfenen sicheren Verwendung. (In seinem Werke „Seele des Kindes", Leipzig, Griebens Verlag, 1884, giebt Dr. W. Preyer, Professor der Physiologie in Jena, eine hochinteressante, wenn auch noch vielfach lückenhafte Beobachtungsreihe über die erwachende Seele des Kindes und den langsamen Erwerb der Fähigkeit der Sinneswahrnehmung desselben). Sehen, Hören, Schmecken, Riechen haben wir aber in der Vervollkommnung, die wir jetzt an uns kennen, und die noch im weiterfortgeschrittenen Kindesalter in vielen Beziehungen hinter unserer heutigen Leistung zurückstand, schon mit ins Leben hineingebracht; so wenigstens denkt die weit überwiegende Mehrheit der Menschen, welche die fortschreitende Entwicklung in der Fähigkeit der Beobachtung der uns umgebenden Aussenwelt durch die einzelnen Sinne an sich selbst kaum oder meistens gar nicht empfunden hat, während sie an dem Fortschritt im geistigen Wahrnehmen, im Bewusstwerden, im Denken nicht einen Augenblick zweifelt. Diese Unfähigkeit uns des zweiäugigen Sehens bewusst zu werden findet, wie ich schon sagte, ihre Begründung in der Gewohnheit, nicht anders als mit beiden Augen die Objekte wahrzunehmen, solange wir unserer Wahrnehmungen uns bewusst geworden sind, sie ist

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

auch um so natürlicher, da infolge des gewohnheitsmässigen Einstellens beider Augenachsen auf den zu beobachtenden Gegenstand allmählich eine solche Abhängigkeit der Augen von einander sich herausgebildet hat, dass durch keine Energie der Willenskraft eine Beeinflussung der Augenbewegungen unabhängig von einander möglich erscheint. Die Empfindungen der Teile der Netzhaut beider Augen, die bei dem konzentrischen Einstellen der Augenachsen unabänderlich in gleicher oder ähnlicher Weise erregt werden, haben sich somit im Laufe der Entwicklung des einzelnen Menschen derart zu einer einzigen verbunden, dass eine willkürliche Trennung nicht mehr durch den blossen Willen erlangt werden kann, sondern dass künstliche Eingriffe von aussen nötig sind, uns das Entstehen der Doppelbilder in beiden Augen zum Bewusstsein zu bringen. Im Gehirn hat dies unabänderliche Zusammenfallen beider Reize allmählich eine derartige Abhängigkeit dieser Nervenerregungen bis zu dem Grade hervorgerufen, dass wir, selbst wenn wir von dem Sehen mit einem Auge durch Zuhalten des andern überzeugt sind, einen Unterschied beider Wahrnehmungen nur mit äusserster Anstrengung und unter schärfster Beobachtung zu erkennen vermögen. Die gebräuchlichsten Hilfsmittel der Doppelbilder sich bewusst zu werden sind 1. die künstliche Verschiebung der Achse des einen Auges durch seitlichen Fingerdruck in den äusseren oder inneren Augenwinkel, wobei die beiden Bilder eines beobachteten Gegenstandes deutlich neben einander zu liegen kommen, 2. die Betrachtung eines in angemessener Entfernung vom Auge, z. B. der deutlichsten Sehweite, befindlichen Gegenstandes (des Zeigefingers) abwechselnd mit dem rechten und mit dem linken Auge; die Stellen an einer dahinter liegenden Fläche, auf die der Finger projiciert wird, liegen mehr oder weniger weit auseinander, je nach der Entfernung der Projektionsfläche. Nach einigen Versuchen wird selbst der Ungeübte beide Bilder zu gleicher Zeit nebeneinander sehen und sich des Doppelbildes klar bewusst werden; jede momentane Ablenkung der Gedanken bei einer unerwarteten Anrede oder jede unwillkürliche Bewegung des Kopfes lässt dann mit plötzlichem Ruck oder mit langsamer, aber unaufhaltsamer Bewegung beide Bilder sich vereinigen und damit die eigentlich durch die Natur nicht gebotene, aber durch die stets geübte und für die genauere Beobachtung günstige Gewohnheit zur Natur gewordene Einstellung beider Augenachsen zum Zusammenstellen beider Bilder in Kraft treten. Der an solche Beobachtungen gewöhnte Physiker und Physiologe erlangt in gewissem Grade durch Übung die Fähigkeit der Einstellung der Augenachsen zur Erzeugung von Doppelbildern durch die Muskulatur des Auges ohne äusseren Eingriff.

Ich will gleich hier erwähnen, dass das unten näher zu beschreibende Stereoskop mit rotierenden Prismen uns eine absolut sichere und sehr leichte Erzeugung des Doppelbildes beider Augen kennen lehren und die Einzelbewegung derselben unabhängig von einander, die der überwiegenden Mehrzahl verloren gegangen ist, zu einer leichten Übung gestalten wird. Ein hübscher subjektiver Versuch, den man zur Erzeugung des Bewusstseins des Doppelbildes anstellen kann, ist folgender: Man hänge eine kleine weisse Kugel

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

vor einem kreisförmig durchbrochenen Schirm in einiger Entfernung auf und in passender Entfernung hinter dem Schirm stellt man einen dunklen Hintergrund her, von dem sich die Kugel lebhaft abhebt. Schliesst man nun schnell hinter einander abwechselnd das eine und das andere Auge, so springt das Bild der Kugel auf dem Hintergrunde von rechts nach links und umgekehrt in die neue Lage über. Obwohl hierbei die Kugel eigentlich nur zwei Stellen decken kann, beeinflusst die Gewohnheit der Beobachtung aus der einen Lage den Gegenstand in die andere übergehen zu sehen derart, dass wir ein Pendeln der Kugel in gerader Linie zu sehen wähnen. Der Versuch kann zugleich noch in soweit lehrreich wirken, als man sich von der bei einer grossen Anzahl unbewusst vorhandenen Einseitigkeit des Sehens überzeugen kann. Stellt man genau den Mittelpunkt der Verbindungslinie der Mittelpunkte beider Pupillen, den Mittelpunkt der Kugel und den des kreisförmigen Ausschnitts des Schirms in eine gerade Linie, so wird bei gleicher Stärke beider Augen das Bild der Kugel in der Mitte des dunklen Hintergrundes erscheinen; sind die Augen aber wesentlich in der Stärke verschieden, so verschiebt sich das Bild nach dem Rande der Wand, woraus der Beobachter dann den sichern Schluss ziehen darf, dass seine Fähigkeit zu sehen einseitig entwickelt ist. Durch Ermüdung des Auges und vielleicht auch durch Beeinflussung, die vom Willen ausgeht und auf dem Bewusstsein beruht, tritt dann allmählich eine richtige Centrallage des Bildes ein. Bei dem Beobachten durch das Opernglas mag schon manchem die Schwierigkeit, das stärkere Bild des einen Auges mit dem schwächeren des anderen zum Decken zu bringen, aufgefallen sein, ohne dass er sich des Grundes dieser auffallenden Erscheinung bewusst geworden ist; Klagen über diese Unfähigkeit hört man ja oft genug äussern, ihre Begründung wird aber meist nicht richtig erkannt. Umgekehrt beeinflusst wieder die Vertrautheit mit einem genau bekannten Objekt unsere Wahrnehmung selbst wider besseres Wissen derart, dass wir ein Einzelbild zu einem Doppelbild umformen, wird es doch bei der Betrachtung einer bekannten Landschaft mit einem Auge unmöglich, die Tiefenanschauung los zu werden. Das Erkennen der dreidimensionalen Objekte ist nur eine Folge des zweiäugigen Sehens, bei welchem die beiden nicht vollständig identischen Bilder beider Netzhäute, die z. B. bei einer Kugel zusammen etwas mehr als eine Halbkugel umfassen, sich im Gehirn zu einem Bilde vereinen und in Verbindung mit den Erfahrungen, die der Tastsinn vermittelt hat, und unterstützt von den Beobachtungen, die aus den Betrachtungen der Objekte aus verschiedenen Stellungen herrühren, den Begriff der Tiefendimension in uns vermitteln. In Wirklichkeit wird ja die für uns fassbare Verschiedenheit der Bilder mit der Entfernung der Gegenstände immer geringer und hört schliesslich bei grossen Entfernungen ganz auf (Horizont). Trotzdem übertragen wir die sinnliche Wahrnehmung der dritten Dimension, besonders in uns räumlich bekannten Gegenden, von den nahen, in den Tiefendimensionen erkennbaren Raumgebilden bis auf die entferntesten, bei denen ein Unterschied der Bilder ausgeschlossen ist, eine Thätigkeit des Verstandes und nicht der Sinneswahrnehmung. Letztere Beeinflussung geht noch weiter.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Obwohl es doch durchaus keinem Zweifel unterliegt, dass einäugiges Sehen nur Flächenbilder erzeugt, so wird es doch kaum jemand gelingen, wie ich schon erwähnte, nach der Betrachtung einer bekannten Gegend, z. B. eines Gartens vom Fenster aus mit zwei Augen, beim Schliessen eines Auges sich den wesentlichen Unterschied der Bilder klar zu machen, wenngleich bei genauer Beobachtung eine geringe Veränderung erkennbar bleiben muss. Wege, Gebüsche, Bäume, Beete erscheinen in ihrer natürlichen Tiefenlage gegeneinander. Wir leben nun einmal im dreidimensionalen Raume, unsere sämtlichen Sinne, vor allem der Tastsinn weisen uns darauf in jedem Moment hin, und es bleibt dem Verstande die Aufgabe, widerstreitende Sinneseindrücke auszumerzen und dem Gesamtbewusstsein einzufügen. Diese Aufgabe erfüllt er mit absoluter Sicherheit und so unwiderleglich, dass es ein mit grossem Widerstande kämpfender Willensakt wird, Wahrnehmungen anderer Art zum Bewusstsein zu bringen, ein Willensakt, der viel Übung verlangt resp. die Anwendung passender Instrumente zur Hilfeleistung erzwingt.

Es kann demnach in der darstellenden Kunst, der Malerei, als eine der Hauptaufgaben betrachtet werden, dem Verlangen unseres Bewusstseins der dreidimensionalen körperlichen Anschauung gerecht zu werden, und die Täuschung zu erzielen, die unser Verstand verlangt, wenn er einen Genuss empfinden soll; gilt es doch in dem Kampfe, welchen die Empfindung der Flächendarstellung mit dem Bewusstsein der körperlichen Dimensionen der dargestellten Gegenstände in uns auskämpft, dem letzteren zum Siege zu verhelfen. Die Maler haben dazu die mannigfaltigsten Kunstgriffe, die sich seit dem Beginn der Malerei als Kunst immer fortschreitend entwickelt haben: perspektivische Zeichnung, Lichteffekte, Schattenkontraste etc. Auch hierbei spielen allerdings die Übung des Beschauers im Betrachten von Gemälden, sein Abstraktionsvermögen und andere verwandte Geistesthätigkeiten eine grosse Rolle, wie man sich leicht und in unterrichtender Weise überzeugen kann, wenn man sich mit einem Kinde oder mit einem nur an direkte Betrachtung der Objekte gewöhnten Beobachter über ein Gemälde unterhält, dessen Gegenstand ausserhalb der gewöhnlichen Begriffe und ausserhalb der alltäglichen Sinneswahrnehmung des Betreffenden liegt. Allen Anforderungen kann also auch der Maler nicht gerecht werden, wohl aber kann er einem einigermassen geübten Beobachter gegenüber die Täuschung durch Kunstmittel zu einer so vollständigen machen, dass beim Versenken in die Betrachtung eines Gemäldes das Bewusstsein der Flächendarstellung vollständig verschwindet. Diese Technik beherrschen selbstverständlich nicht alle Maler in gleicher Weise; es ist auch zweifellos nicht die höchste Aufgabe der Kunst, dieses Ziel zu erreichen, wegzuleugnen ist aber nicht, dass der Genuss bei der Betrachtung eines Kunstwerks ein reinerer sein wird, wenn die Bedingungen, die wir an ein gewohnheitsmässiges zweiäugiges Sehen stellen, nahezu oder wenigstens bis zu der Grenze, die das Kunstwerk zulässt, erfüllt sind.

Die Technik hat sich daher den Anforderungen, die bei den Instrumenten an das Sehen mit beiden Augen gestellt worden sind, — sie scheinen sogar anfangs weit stärker

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

gewesen zu sein, als später, -- nicht entziehen können, wie schon die folgende interessante Mitteilung, die ich der Güte des Herrn Geheimen Regierungsrat Prof. Dr. Förster, Direktor der Berliner Sternwarte (Enkeplatz 3), verdanke: Der Optiker Lipperskey oder, wie er damals genannt wurde, Laprey zu Middelburg in den Niederlanden empfing unter dem 2. Oktober 1608 (dem Jahre seiner Erfindung, des später als holländisches bezeichneten Fernrohrs) auf sein Gesuch um ein dreissigjähriges Patent für seine Erfindung eines Instrumentes zum Sehen in die Ferne von den Generalstaaten, wie ein in den Archiven zu Haag aufgefundenes Dokument zeigt, die Antwort: Er solle seine Erfindung so vervollkommnen, dass man mit beiden Augen durch das Instrument sehen könne. Eine zweite Verfügung vom 6. Oktober 1608 sagt: Die Kommission zur Prüfung des Instrumentes von Hans Lipperskey hätte den Nutzen desselben für die Generalstaaten eingesehen. Die Unterhandlung mit Lipperskey dauerte dann fort, und ein Dekret vom 15. Dezember 1608 sagt: Lipperskey habe das verlangte Instrument für beide Augen zur Befriedigung der Kommission hergestellt u. s. w. Darauf erhielt er am 13. Februar 1609 die vorher festgesetzte Belohnung.

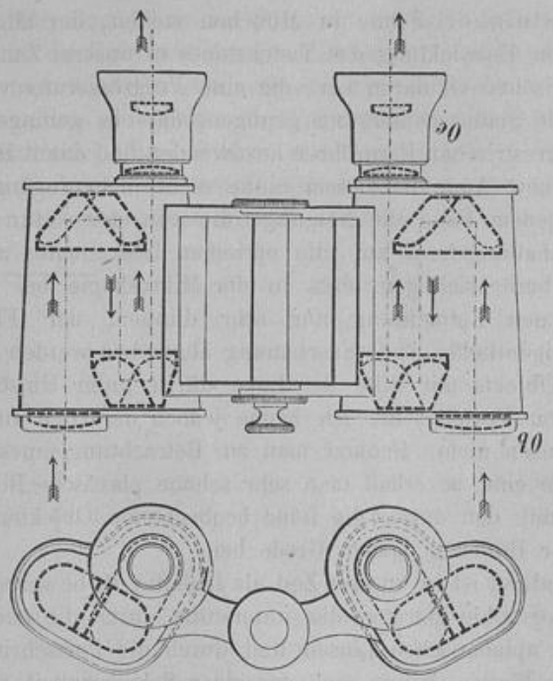
Wir bemerken, wie von Anfang an das Bewusstsein, dass nur ein Sehen mit beiden Augen in uns den Wahrnehmungsprozess mit der nötigen Sicherheit vermitteln könne, zu der ausgesprochenen Anforderung an die Hilfsmittel des Sehens führte. Noch heute sind diese Fernröhre, die wir mit den Namen Operngucker, Krimstecher, Feldstecher etc. benennen, für Jagd und Theater, im Felddienst beim Militär etc. vorwiegend im Gebrauch, und sie erfüllen auch bei geringer Anforderung an die Vergrösserung (2—4malig), wodurch sich dann auch die Leistung für Fernsicht bestimmt, völlig Genügendes. Näheres darüber befindet sich in dem Vortrage des Herrn Dr. Czapky, Jena: Über neue Arten von Fernröhren für den Handgebrauch (Sitzung des Vereins für Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen vom 7. Januar 1895 in Berlin), worin der Nachweis geführt ist, dass bis zu diesen Vergrösserungen hin, kaum etwas Vollkommeneres gedacht werden kann als das holländische Fernrohr. Für stärkere Vergrösserungen verliert das Fernrohr jedoch sehr schnell seine Vorzüge und musste durch ein anderes System ersetzt werden, das sogenannte Keplersche oder Astronomische Fernrohr. Es ist hier nicht der Platz, auf die Konstruktionsunterschiede hinzuweisen, da sie mit unseren Betrachtungen nichts zu thun haben. Die bedeutenden, mit diesem Fernrohr erzielten Vergrösserungen, wie sie für astronomische Beobachtungen nötig waren, bedingten eine solche Vergrösserung der Objektivlinsen (auf der Lick-Sternwarte 36 Zoll, grössere sind für andere Sternwarten in Arbeit) und damit eine derartige Erweiterung des Rohres, welches die Linse trägt, dass man einen Parallelismus zweier solcher Rohre zum Sehen mit beiden Augen als unmöglich erkannte. Man konnte ja auch bei dem Zweck, den diese Fernröhre erfüllen sollten, um so eher darauf verzichten, als für die Beobachtung selbst der nächsten Objekte des Himmelsraumes, des Mondes, der Planeten, der Sonne, bei der relativ grossen Entfernung ein Sehen mit beiden Augen zur Erzeugung dreidimensionaler Bilder, wenn ich die kurze Ausdrucksweise anwenden darf, nicht in Betracht kommt, noch viel weniger für

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

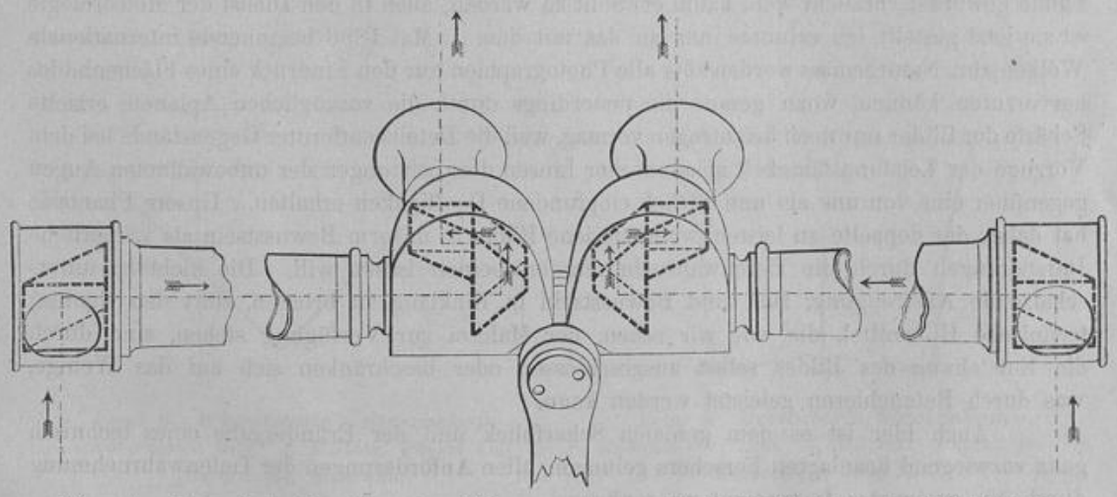
die Fernen des Weltraumes, in denen wir überhaupt nur noch Flächenbilder wahrnehmen, soweit nicht unsere Phantasie ins Spiel kommt. Anders lag die Sache bei den sogenannten terrestrischen Fernröhren, die zu Beobachtung irdischer Objekte einer stärkeren Vergrösserung benötigten, als das holländische Fernrohr sie liefern kann; hier wäre eine Tiefenwahrnehmung durchaus vorteilhaft gewesen. Lange Zeit hat es geschienen, als ob bei diesem Fernrohr, das aus dem astronomischen entstanden ist, durch Hinzufügen eines sogenannten Reversionslinsensystems, d. h. einer Anzahl von Linsen, die das im astronomischen Fernrohr umgekehrte Bild durch eine weitere Umkehrung wieder aufrecht machen, auf ein binoculares Sehen von vornherein Verzicht zu leisten wäre, wodurch freilich die Aufgabe eines wesentlichen Vorzugs der Wahrnehmung bedingt war. Wie hätte es auch möglich sein sollen, dem Parallelismus der beiden Rohre in dem mittleren Abstande der Achsen gleich dem durchschnittlichen Abstande der Mittelpunkte der Pupille gerecht zu werden, wenn jede Linse allein einen Durchmesser besitzen soll, grösser als der mittlere Abstand der Pupillenmittelpunkte, und doch ist der absolute Parallelismus beider Achsen die unumgängliche Anforderung an ein derartiges Instrument. Wie trotzdem die Schwierigkeiten überwunden und das Problem gelöst ist, soll hier nicht auseinandergesetzt werden; in dem oben erwähnten Vortrage des Dr. Czapky, Jena, sind zwei Fernröhre beschrieben, die jetzt von der Werkstätte von Carl Zeiss in Jena nach den Angaben und Berechnungen des Herrn Prof. Abbe in Jena hergestellt werden und die allen Anforderungen an binoculares Sehen gerecht werden, die selbst durch eine wahrhaft geniale Anordnung der Objektive einen gegenüber der Augenweite bedeutend erweiterten Abstand derselben gestatten und das plastische Sehen auf Entfernungen ermöglichen, für die beim unbewaffneten Auge jede Möglichkeit ausgeschlossen ist, plastisch zu sehen, sondern bei denen wir es schon längst mit einem Flächenbilde zu thun haben. Es ist hier leider nicht am Platze, die grossartigen Vorzüge dieser Erfindung, welche die plastische Anschauung auf jede Distanz gestatten, die für praktische Verwendung überhaupt noch in Frage kommen kann, auseinanderzusetzen; ich möchte zum Schluss nur noch hinzufügen, dass den Anforderungen des binocularen Sehens, wie es in natürlicher Konsequenz unser Organismus verlangt, auf dem Gebiete der terrestrischen Fernröhre Genüge geleistet ist. Dazu kommt noch die Sicherheit, dass nur technische Schwierigkeiten es sind, die eine beliebige Erweiterung des Abstandes vor der Hand verbieten, die aber nicht unüberwindlich erscheinen können, wenn man das Erreichte berücksichtigt.

Ich will mir nicht versagen, die beiden Abbildungen solcher Fernröhre, wie sie von der Firma Carl Zeiss in Jena in vorzüglicher Güte hergestellt werden, beizufügen; ich verdanke sie in der Form der neuesten Verbesserung der Freundlichkeit jener Firma, wofür ich derselben zu Dank verpflichtet bleibe.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf



Figur 1. Schematische Darstellung der Prismenanordnung und des Strahlengangs im Feldstecher.



Figur 2. Schematische Darstellung der Prismenanordnung und des Strahlengangs im Relieffernrohr.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

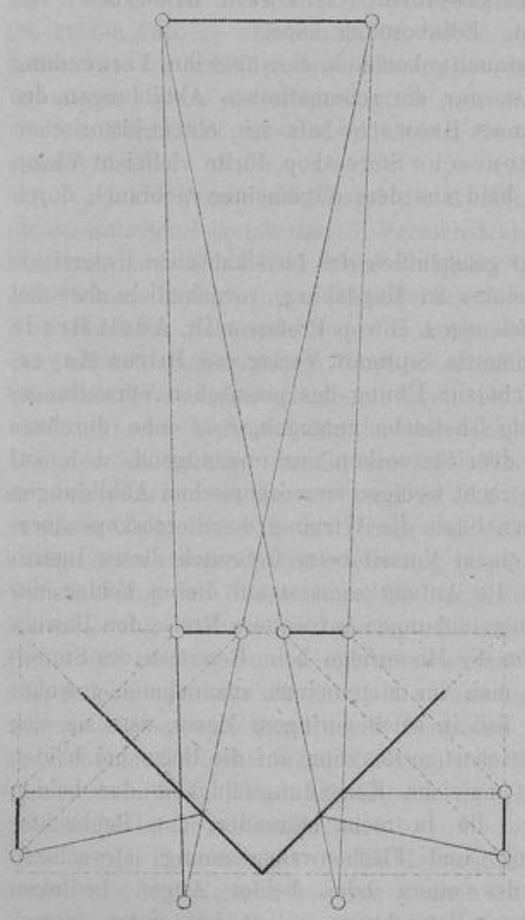
Auch C. A. Steinheil Söhne in München stellen, der allgemeinen Neigung und vielleicht einer höheren Entwicklung des Tiefensinnes in unserer Zeit entsprechend, Doppelfernröhre mit terrestrischen Okularen her, die eine Vergrösserung von 8—16,5 gewähren. Für uns hier mag die Schlussbemerkung genügen, dass es gelungen ist, die Tiefenwahrnehmung auch bei terrestrischen Fernröhren anzuwenden und damit Räume zu durchdringen, die für das unbewaffnete Auge in diesem Sinne nicht mehr zugänglich sind. Beachtenswert bleibt aber in jedem Falle die Neigung, die von der Natur durch das binoculare Sehen gebotene Anschauungsform auf alle optischen Instrumente zu übertragen. Es ist dabei allerdings zu berücksichtigen, dass in der Mikroskopie bei der durch die starke Vergrösserung gebotenen Betrachtung nur sehr dünner, der Fläche sich nähernder Schichten von einer eigentlichen Tiefenanschauung abgesehen werden muss. Bei den Untersuchungen grösserer Objekte mit Hilfe der Lupe dürfte unter Umständen das Prinzip des binocularen Sehens von Vorteil sein, ich kenne jedoch derartige für beide Augen hergestellten centrierten Linsen nicht. Benutzt man zur Betrachtung eines Objektes zwei gleiche Linsen, für jedes Auge eine, so erhält man sehr schöne plastische Bilder; im übrigen trägt bei der Vertrautheit mit den durch die Lupe beobachteten Objekten das Bewusstsein zur Herstellung plastischer Bilder in hohem Grade bei.

Neben der Malerei ist in unserer Zeit als lebhafte Mitbewerberin in der Darstellung der Objekte die Photographie getreten, die, unterstützt durch die neuesten Verbesserungen auf dem Gebiete der aplanatischen Linsen und durch die Fortschritte in der Herstellung der lichtempfindlichen Platten, kaum noch vor einer Schwierigkeit in der Wiedergabe des ausgedehntesten landschaftlichen Formenreichtums, wie in der Vergrösserung der feinsten mikroskopischen Präparate zurück zu schrecken braucht. Wie wichtig sie für die Himmelskunde geworden, braucht wohl kaum erwähnt zu werden, auch in den Dienst der Meteorologie ist sie jetzt gestellt, ich erinnere nur an das mit dem 1. Mai 1896 beginnende internationale Wolkenjahr. Naturgemäss werden aber alle Photographien nur den Eindruck eines Flächenbildes hervorrufen können, wozu gerade die neuerdings durch die vorzüglichen Aplanete erzielte Schärfe der Bilder nur noch beizutragen vermag, weil die Details entfernter Gegenstände bei dem Vorzuge der Leistungsfähigkeit aplanatischer Linsen den Leistungen der unbewaffneten Augen gegenüber eine von uns als unnatürlich empfundene Deutlichkeit erhalten. Unsere Phantasie hat daher das doppelte zu leisten, wenn sie jene Bilder in unserm Bewusstsein als körperliche Darstellungen durch die Tiefenwahrnehmung erscheinen lassen will. Die nicht zu unterschätzende Anstrengung, Bild und Bewusstsein in Einklang zu bringen, stört den Genuss; technische Hilfsmittel, die, wie wir sehen, der Malerei zur Verfügung stehen, sind durch die Entstehung des Bildes selbst ausgeschlossen oder beschränken sich auf das Wenige, was durch Retouchieren geleistet werden kann.

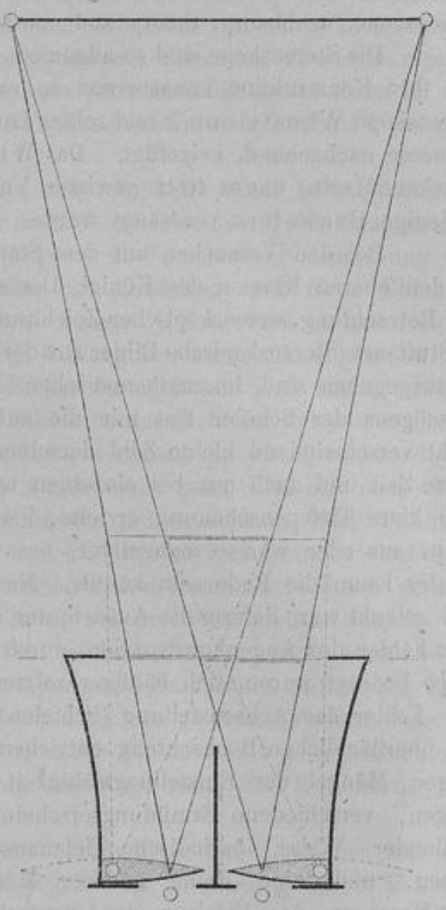
Auch hier ist es dem genialen Scharfblick und der Erfindergabe eines technisch ganz vorwiegend beanlagten Forschers gelungen, allen Anforderungen der Tiefenwahrnehmung durch ein geeignetes Instrument zu genügen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Der englische Physiker Charles Wheatstone überwand das scheinbar unübersteigliche Hindernis durch die Erfindung des Stereoskops, eines Apparates, der ganz vorzüglich geeignet ist, zwei von passenden Punkten aufgenommene Lichtbilder derartig auf die beiden Netzhäute zu projizieren, dass eine plastische Wiedergabe der dargestellten Gegenstände in unserm Bewusstsein entsteht. Zwei Bilder, die in passenden Abständen aufgenommen wurden, werden durch Reflexion an zwei Planspiegeln auf die entsprechenden Stellen der Netzhaut, die beim Sehen mit unbewaffneten Augen demselben Reiz unterworfen sind, geworfen.



Figur 3. ***Wheatstone's Stereoskop,*** *schematisches Bild. J. Müller. Physik und Meteorologie, Seite 323.*



Figur 4. ***Brewster's Stereoskop,*** *schematisches Bild. J. Müller. Physik und Meteorologie, Seite 324.*

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Damit wurde eine Annäherung an die Wahrnehmung mit unbewaffnetem Auge im Bewusstsein erzielt, wie sie die Malerei mit ihren Hilfsmitteln nie erreichen kann. Der Reiz, den das Betrachten mit dem Stereoskop für jeden Beschauer besitzt, erklärt sich aus dem Gesagten von selbst.

Eine wesentliche Verbesserung erfuhr das Stereoskop durch Brewster, der statt der Reflexion an Spiegeln die Brechung durch Linsen anwandte. Das Stereoskop mit seinen mannigfachen Veränderungen, die darauf hinausliefen, erkannte Mängel zu beseitigen, ist das fast allgemein gebräuchliche geworden. (Sir David Brewster. The Stereoscope, its history, theory and construction. Edinborough 1856.)

Die Stereoskope sind so allgemein in Gebrauch gekommen, dass über ihre Verwendung und ihre Konstruktion kaum etwas zu sagen ist, nur die schematischen Abbildungen der Stereoskope Wheatstone's und seines Landsmannes Brewster habe ich, einem historischen Interesse nachgebend, beigefügt. Das Wheatstonesche Stereoskop dürfte vielleicht Vielen unbekannt sein, da es trotz gewisser Vorzüge bald aus dem allgemeinen Gebrauch durch dasjenige Brewsters verdrängt wurde.

Bei den Versuchen mit dem Stereoskop gelegentlich des physikalischen Unterrichts in den oberen Klassen des Königl. Domgymnasiums zu Magdeburg, vornehmlich aber bei der Betrachtung stereoskopischer Zeichnungen, wie sie z. B. von Professor Dr. Adolf Brude in Stuttgart (Stereoskopische Bilder aus der Stereometrie, Stuttgart, Verlag von Julius Mayer) herausgegeben sind, im mathematischen Unterricht zur Übung des plastischen Vorstellungsvermögens der Schüler trat mir die auffallende Thatsache entgegen, dass eine durchaus nicht verschwindend kleine Zahl derselben mit dem Stereoskop nur ungenügend, d. h. auf kurze Zeit und auch nur bei einzelnen, teilweis recht wenigen stereoskopischen Abbildungen eine klare Tiefenanschauung erzielte, bei andern blieb die Wirkung des Stereoskops überhaupt aus oder war so mangelhaft, dass von einem Vorteil beim Gebrauch dieses Instrumentes kaum die Rede sein konnte. Nachdem die Aufmerksamkeit auf diesen Fehler einmal gelenkt war, lieferte die Ausdehnung der Untersuchungen auf weitere Kreise den Beweis, dass Fehler der Augenkonstruktion, durch welche die Misserfolge beim Benutzen des Stereoskops bedingt waren, sich häufiger zeigten, als man im allgemeinen anzunehmen gewohnt ist. Fehler der Achsenstellung (Schielen), zum Teil in solch geringem Masse, dass sie sich der oberflächlichen Beobachtung entziehen, ungleichartige Reaktion auf die Reize bei beiden Augen, Mängel der Einstellungsfähigkeit oder ungleiche Einstellungsfähigkeit der beiden Augen, verschiedene Ermüdungserscheinungen, die in recht störender, den Beobachter quälender Weise, periodisch Tiefenanschauung und Flächenwahrnehmung abwechseln lassen, und eine Reihe anderer Mängel des einen oder beider Augen bedingen ein Versagen des Erfolges der stereoskopischen Betrachtung selbst bei guten Instrumenten und bei optisch genau hergestellten stereoskopischen Bildern. Es bleibt natürlich die Aufgabe der Augenärzte, im gegebenen Falle durch geeignete Unterstützungs-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

methoden diese Fehler festzustellen und Korrekturen durch passende Brillen resp. das entsprechende Heilverfahren einzuleiten. Für mich als Laien in der Augenheilkunde blieb es eine Aufgabe, sollte der Genuss und der Vorzug der stereoskopischen Tiefenanschauung nicht vielen Schülern verloren gehen, ein Instrument herzustellen, das den Anforderungen genügte, jedem selbst mit den ärgsten Augenfehlern der bezeichneten Art behafteten Schüler ein Hilfsmittel zu bieten, das ihn befähigte, das Stereoskop als Instrument zur plastischen Anschauung, wie seine normalsichtigen Mitschüler, zu benutzen. Ich hoffe, diesen Zweck mit dem neuen Stereoskop mit rotierenden Prismen erreicht zu haben, jedenfalls kenne ich keinen Fall, in welchem es mir nicht gelungen wäre, mit Hilfe des neuen Instrumentes selbst bei der auffallendsten Abnormität der Augen und bei Personen, die nach eigener Behauptung noch nie stereoskopisch gesehen hatten, ein plastisches Sehen zu erzielen.

Hier kurz der Gedankengang, der mich zur Konstruktion des neuen Stereoskops geführt hat.

Ich erkannte als Mängel der Augen, die das stereoskopische Sehen beeinträchtigten, im wesentlichen folgende drei: 1. Verschiedenheit der deutlichen Sehweite und damit zusammenhängende oder ähnliche Verschiedenheiten beider Augen. 2. Verschiedene Entfernung der Mittelachsen beider Augen (Mittelpunkt der Pupillen bei Einstellung auf ferne Objekte). 3. Fehlerhafte Achsenstellung der Augen oder eines Auges. Grosse Verschiedenheiten in der Sehweite beider Augen mussten natürlich durch Brillengläser ausgeglichen werden, bei kleinerer Verschiedenheit aber, deren bei dem Sehen die Mehrzahl sich kaum bewusst wird, hilft eine Verschiebung der stereoskopischen Bilder in der Richtung der Augenachsen. Befindet sich nämlich das Bild in einer Weite, die für das eine Auge scharf eingestellt ist, so verschwindet das schwächere Bild des anderen Auges meist ganz, und nur nach einer gewissen Zeit, die von der Ermüdung des beobachtenden Auges abhängt, tritt für einen kurzen Zeitraum eine Tiefenanschauung ein, die aber sehr bald wieder verschwindet. Bei einer Verschiebung der Bilder in der Richtung der Augenachsen findet sich leicht durch geringe Verschiebung der stereoskopischen Bilder jene Stelle, bei der eine gleiche Schärfe des Bildes bei beiden Augen eintritt, wenn das eine Bild genügend abgeschwächt, das andere ausreichend verstärkt ist. Auch die Verschiedenheit der photographischen Aufnahmen resp. der zu stereoskopischen Bildern benutzten Drucke bedingt eine Verschiebbarkeit der zu beobachtenden Objekte. Jedes brauchbare Stereoskop sollte demnach mit einer Einrichtung versehen sein, die eine Annäherung der Bilder an das Auge resp. eine Entfernung von dem Auge leicht ausführen lässt.

Bei Erwachsenen — die Messungen, die ich vorgenommen habe, beziehen sich auf solche und auf Schüler höherer Klassen — findet sich in der Entfernung der Mitten der Pupillen (58—68 mm) ein ganz bedeutender Unterschied bis zu 10 mm, abgesehen ist dabei von wirklich abnormer Annäherung oder Entfernung der Augen, wie sie ja auch vorkommt, und es ist nur die annähernd normale Stellung und ihre Differenz bei einer grösseren Anzahl

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

von Individuen berücksichtigt. Die Abweichung von 10 mm würde das stereoskopische Betrachten wesentlich erschweren, wenn nicht unmöglich machen, da die Bilder in beiden Augen wohl eine symmetrische Lage annehmen, aber nicht genau auf die lichtempfindlichsten Stellen des sogenannten gelben Flecks fallen können. Sehr bemerkbar wird dieser Fehler bei stereoskopischen Bildern, ebenso wie beim Operngucker, indem bei beiden, wenn der Prismen- oder Okularabstand nicht mit dem der Augen übereinstimmt, eine seitliche Verschiebung beider Bilder im Auge, die sehr störend wirkt, eintritt, und zwar bis zu einem Grade, der die Leistung der Instrumente für plastisches Sehen unmöglich macht. Um diesen Fehler zu beseitigen, muss ein Stereoskop eine Verschiebung der beiden Linsen oder Prismen senkrecht zur Augenachse behufs genauer Einstelluug der Mitte der Röhren mit der Mitte der Pupillen gestatten. Ein Spielraum von 10—15 mm wird dann allen Anforderungen, selbst bei der Benutzung durch Kinder, genügen, um zu grosse, unter Umständen schädliche Anspannung der Augen und ihrer Muskulatur bei der Einstellung derselben zu vermeiden. Vom 16. Jahre an mögen übrigens im allgemeinen die obigen Masse von 58—68 mm, wie bei Erwachsenen, eine durchschnittliche Gültigkeit haben, wenigstens habe ich bei einer grossen Anzahl Messungen keine Zahlen gefunden, die ausserhalb der obigen Grenzen liegen.

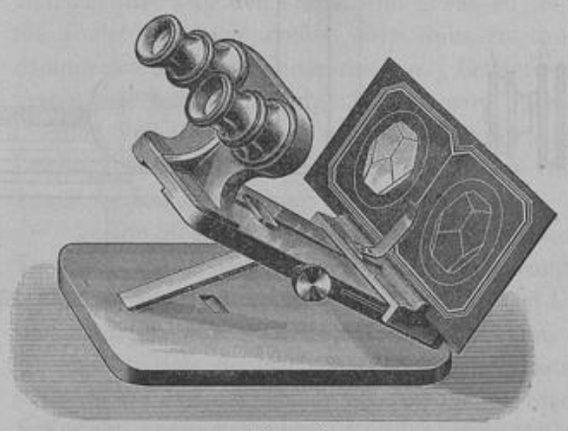
Ein weit bedenklicherer Fehler, als die Ungleichheit in der Schärfe der Augen, der oben erwähnt wurde, ist die von der normalen abweichende Achsenstellung eines oder beider Augen. Unsere Augenachsen nehmen beim scharfen Einstellen auf ein Objekt eine der Entfernung des Objekts entsprechende, mehr oder weniger convergente Stellung an, ein Vorgang, der durch Muskelbündel am äusseren Augapfel nach unserem Willen geregelt wird, mögen wir uns auch in den meisten Fällen infolge der beim Sehen in unschätzbaren Wiederholungen geübten Gewohnheit dessen nicht mehr bewusst werden. Normal funktioniert der Augenapparat, wenn nach Aufgeben der Centrierung auf einen Punkt (scharfes Fixieren des Punktes) die Augenachsen in die parallele Stellung sofort zurückspringen. Das ist aber nicht der Fall bei einer weit grösseren Anzahl von Augen, als man im allgemeinen anzunehmen geneigt ist, da wir kleinere Mängel dieser Art beim gewöhnlichen Gebrauch des unbewaffneten Auges leicht übersehen. Dabei spielt eine von Natur aus fehlerhafte Anlage der Augen eine grosse Rolle, zweifellos aber auch die Gewohnheit des Centrierens auf zu nahe Gegenstände, die ja auch auf die Augen noch in anderer Hinsicht eine so verderbliche Wirkung ausübt (Kurzsichtigkeit). Da das Stereoskop eine feste Stellung für Auge und Objekt bedingt und ausserdem sofort zum Verräter wird, wenn wir nur mit einem Auge sehen — es tritt in diesem Falle ein Flächenbild auf, kein plastisches — so ergiebt sich, welch wichtiger Apparat es für die Augenuntersuchung bei genügender Übung werden kann. Wie weit die Augenärzte diese Eigenschaft benutzen, weiss ich nicht; die Herren Fachkollegen möchte ich aber darauf aufmerksam machen, dass die in häufigen Fällen ganz unglaubliche Unfähigkeit einzelner Schüler, sich in planimetrischen und noch weit mehr in stereometrischen Gebilden zu recht zu finden, sehr wohl auf Augenfehlern oben angedeuteter

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Art beruhen kann, und dass in solchen Fällen eine Untersuchung der Augen mit dem Stereoskop nicht nur anzuempfehlen ist, sondern eine Pflicht des Erziehers wird. Ob und wie dabei Hilfe möglich ist, wird vielleicht aus den Bemerkungen, die ich an die Beschreibung des neuen Stereoskops anschliessen werde, für einen oder den andern Fall sich ergeben. Jedenfalls lohnt es sich, in grösserer Ausdehnung Untersuchungen in dieser Richtung anzustellen, der Einzelne kann ja nur Weniges zur Feststellung solcher Beobachtungsreihen beitragen, summiert werden sie sich im Laufe der Zeit zu einem sicherlich nicht wertlosen Resultate vereinigen lassen.

Ein Eingehen auf die obigen Bemerkungen wird sich bedeutend erleichtern, wenn ich die Beschreibung des Stereoskops mit rotierenden Prismen (D. R.-P. 80 337, Oktober 1894) voranschicke, wobei ich bemerke, dass alle Einrichtungen der früheren Stereoskope sich leicht mit dem neuen Apparate vereinigen lassen. Kasten, Beleuchtungsspiegel, Mittelwand etc. sind in der Abbildung weggelassen, ausserdem, wie ich glaube, in Wirklichkeit so gut wie unnötig; sie können aber ohne Modifikation der wesentlichen Teile ebensogut angebracht werden, sobald es wünschenswert erscheint. Für die Beobachtung der Augenfehler und für Beseitigung derselben bei der Betrachtung stereoskopischer Bilder ohne jede Überanstrengung der Augen leistet der Apparat, meiner Ansicht nach, gegenüber den früheren Systemen gute Dienste.

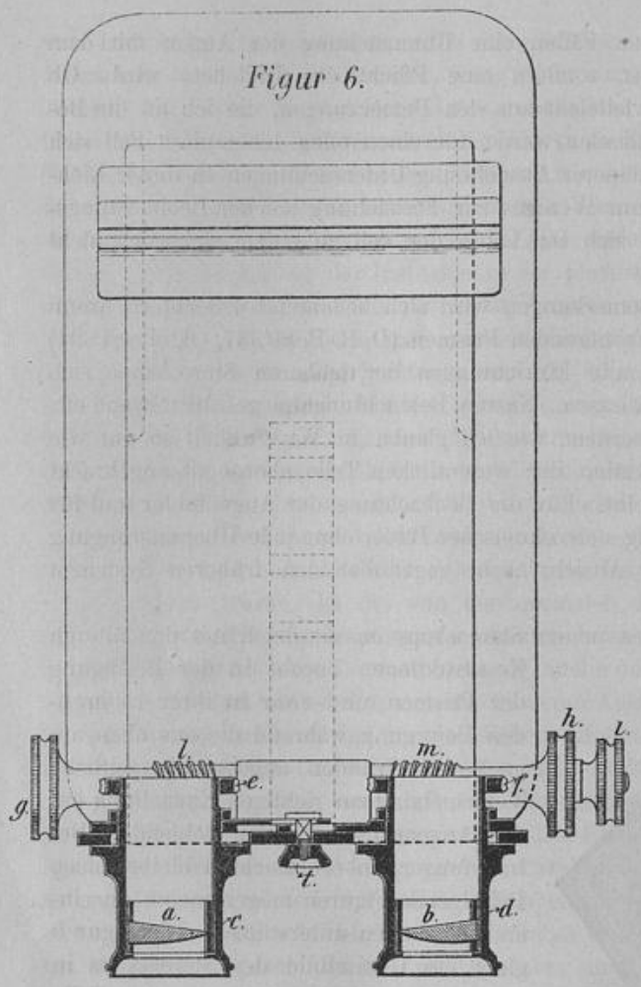
Der wesentliche Unterschied des neuen Stereoskops im Vergleich mit den älteren Konstruktionen beruht in der Bewegung der Prismen, und zwar in ihrer rotierenden Bewegung, während die aus oben angeführten Gründen angebrachte seitliche Verschiebung zur richtigen Einstellung auf die Augenachsen in den folgenden Betrachtungen unberücksichtigt bleiben mag. Beifolgende Figuren mögen meine Auseinandersetzungen unterstützen. Die Figur 5 giebt ein Gesamtbild des Stereoskops in einfachster Ausführung, die einzelnen Teile erklären sich selbst, die Verschiebbarkeit der Bilder, die geneigte Lage der Röhren zur bequemen Beobachtung, die Zusammenlegbarkeit etc. (die Drehung der Prismen erfolgt durch Drehung der Knöpfe an den Röhren). Die anderen Figuren (6—8 siehe folgende Seite) werden leicht verständlich sein mit Hilfe der folgenden Erklärung und die Eigenart des Instruments deutlich erkennen lassen.



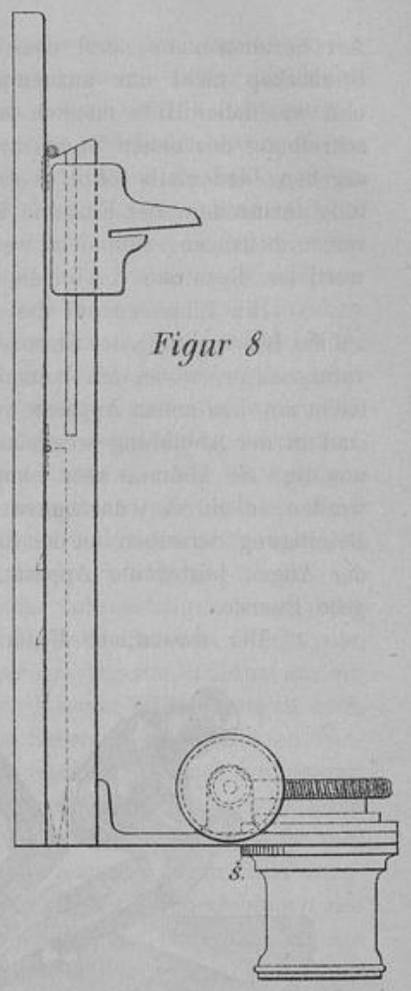
Figur 5.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

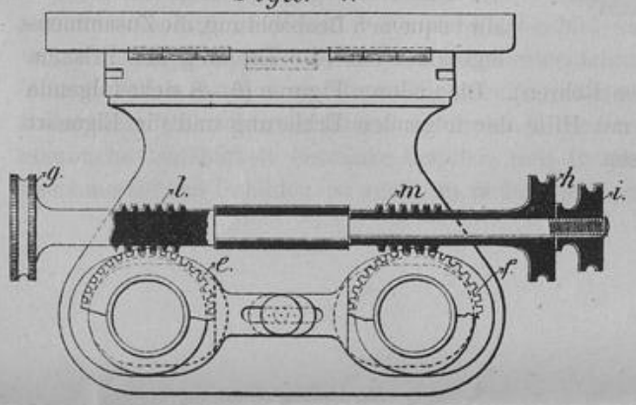
Figur 6.



Figur 8



Figur 7.



Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Figur 6, 7, 8 geben eine Abbildung des neuen Stereoskops im einzelnen; Figur 6 ein Gesamtbild im Durchschnitt von oben gesehen, Figur 7 eine Darstellung des Mechanismus von vorn gesehen und Figur 8 einen Längsdurchschnitt von der Seite gesehen, während das Instrument sich in zusammengelegtem Zustande befindet.

Die Linsen *a* und *b* sind durch die Hülsen *c d* mit den Schneckenrädern *e f* fest verbunden, in welche die Schnecken *l m* greifen. Die Schnecke *l* ist mit dem Knopf *g* und die Schnecke *m* mit dem Knopf *h* fest verbunden. Beide Schnecken sind nun gegenseitig so angeordnet, dass jede für sich, und auch beide zugleich drehbar sind. Erreicht wird dies dadurch, dass die hohle Schnecke *m* auf die Verlängerung der Schnecke *l* gesteckt ist; wird nun die Mutter *i* auf der Verlängerung der Schnecke *l* festgezogen, so ist eine gemeinsame Drehung beider Schnecken und mit diesen beider Linsen in entgegengesetzter Drehungsrichtung möglich. Wird die Mutter *i* gelöst, so ist jede Schnecke und daher auch jede Linse für sich und zwar nach beiden Richtungen, rechts und links, drehbar. Die Hülsen *c* und *d*, welche die Linsen tragen, haben eine Skala Figur 8 *s*. Diese Skala entspricht in der Nullstellung dem Normalstande der Augen resp. Prismen; sie ermöglicht genau den Winkel abzulesen, um welchen die Linsen gegen einander gedreht worden sind; gelangen die Bilder bei anormalen Augen zur Deckung, so kann die Abweichung der Achsenstellung der Augen von der normalen abgelesen werden.

Um für jeden Augenabstand die genaue Einstellung zu erzielen, genügt es, die kleine Mutter *t* an der Vorderseite etwas zu lösen, die Schraube *i* festzuziehen und langsam die Knöpfe *g* nach rechts oder links zu drehen, worauf sich die Okulare gleichmässig zusammen oder auseinanderschieben. Letztere müssen hierbei festgehalten, d. h. am Drehen verhindert werden. Einige Übung wird hierin die nötige Sicherheit ergeben, es ist aber in allen Fällen zu raten, diese Einstellung auf den Augenabstand vorzunehmen, da die Leichtigkeit des plastischen Sehens und der Genuss desselben wesentlich von der für die Augen bequemen Stellung abhängt.

Die Möglichkeit der Links- und Rechtsdrehung beider Schrauben neben der seitlichen Verschiebung der Prismen gestattet Verbesserung der Stellungen mit der grössten Genauigkeit, ohne dass der Beobachter gezwungen ist, bei Überschreiten der gesuchten Prismenstellung, wie es beim Einstellen leicht vorkommt, eine volle Umdrehung der Prismen auszuführen. Es ergiebt sich demnach als besondere Leistung des Apparates: 1. Eine genauere Einstellung, als bei den bisher gebräuchlichen Stereoskopen, die man die Einstellung auf den Nullpunkt nennen könnte. 2. Eine gleichzeitige, in entgegengesetzter Richtung vor sich gehende Rotation beider Prismen. 3. Eine Eigenbewegung des einzelnen Prismas in Rechts- und Linksdrehung. 4. Eine Einstellung der Mittellinie der Prismen auf jede beliebige Winkelstellung der Augenachsen.

Die Forderung zu 1 war selbstverständlich zu erfüllen, um die Verwendung des Stereoskops an Stelle des früheren Apparates in allen Fällen zu ermöglichen, wo normalsichtiges Sehen stattfindet.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Über die Vorzüge der anderweiten Einrichtung zu 2, 3 und 4 will ich folgende kurze Bemerkungen hinzufügen:

Da die Achsenstellung der Augen gegenüber der normalen die mannigfachsten Abweichungen aufweist, so muss der Nullpunkt der Prismenstellung, bei dem die beiden Bilder auf die entsprechenden Stellen der Netzhaut fallen, bei derartigen Augen eine Winkelverschiebung erfahren, die Einstellung mit Hilfe des Apparates ist bei den unbedeutendsten Abweichungen wie bei den stärksten leicht zu erzielen. Es ist mir bisher selbst bei den abnormsten Stellungen der Augen noch niemand vorgekommen, dem nicht das stereoskopische Sehen dadurch ermöglicht worden wäre. Soll der Apparat für Physiker oder Augenärzte zu genauen Messungen in dieser Richtung benutzt werden, so wird die Kreisteilung an der Röhre, die das Prisma trägt, und der Hülse, in der sie sich bewegt, voraussichtlich genügen, eventuell kann auch sehr leicht ein Zeigerapparat zum Ablesen der Winkel angebracht werden.

Die Vorzüge zu 2 und 3 werden bei Benutzung des Apparates für den Unterricht und vielleicht auch in der Augenheilkunde am deutlichsten hervortreten.

Lässt man beide Prismen gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung rotieren, so beginnen die beiden Bilder im Gesichtsfelde sich zu trennen, sie beschreiben Kreise und werden bei einer beiderseitigen Drehung um 180° ihre grösste Entfernung erreicht haben, bei genügend stark brechenden Linsen also von einander getrennt sein, bei weiterer Drehung nähern sie sich wieder und schieben sich langsam übereinander; sind die Bilder in die ursprüngliche Lage zurückgekehrt, oder nähern sie sich dieser Stellung, so springt plötzlich und überraschend das plastische Bild hervor. Dieser Vorgang überträgt sich auf die anormalen Augen ebenso, ist aber selbstverständlich von dem oben erwähnten Winkelabstand abhängig.

Der Apparat ist also in erster Linie in ganz besonderer Weise geeignet, das Doppelbild der Augen zum Bewusstsein zu bringen, ohne dabei das Auge äusserlich zu beeinflussen, oder es durch Fixierung überanzustrengen; am besten eignen sich dazu stereoskopische Bilder von einfachen stereometrischen Figuren, oder aber solche von Krystallformen, deren Betrachtung beim Übergang von der Doppelflächenform zur plastischen einen ganz besonderen Reiz bietet. Interessant bleibt auch der Nachweis der Aptierungsfähigkeit der Augen, den man sehr leicht hinzufügen kann. Wenn sich nämlich die Bilder der Stellung des Nullpunktes bis auf einen für die einzelnen Beobachter verschiedenen Abstand genähert haben, gleiten die Augen an der gewählten Leitlinie entlang und suchen die erstrebte Vereinigung der Bilder, bevor sie in Wirklichkeit von den Prismen hergestellt ist; das Auge überspringt einen gewissen Abstand mit grosser Geschwindigkeit, was für die physiologische Auffassung der Vorgänge beim Sehen auch für Schulen nicht ohne Bedeutung sein möchte. Dass der Sprung stattgefunden, ergiebt sich sofort, wenn man nach der Vereinigung der beiden Bilder zum plastischen Bilde den Apparat eine kurze Zeit vom Auge nimmt und dann von neuem hineinsieht: Im ersten Moment liegen dann die Bilder wieder als getrennte Flächenbilder,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

sich teilweis deckend, neben einander; eine Vereinigung beider tritt freilich in den meisten Fällen nach kurzer Zeit wieder ein, gleichsam als ob das Auge die gewohnte Drehung zum zweitenmal schon leichter auszuführen vermöchte, auch ohne durch die vorangegangene Prismendrehung auf die Richtung der Bewegung vorbereitet zu sein. Die angedeuteten Versuche gestatten durch die einseitige Bewegung des rechten oder linken Prismas die mannigfaltigste Abwechslung; doch wird das Angedeutete genügen, um die Benutzung des Apparates nach dieser Richtung hin, behufs Vornahme eigener Versuche, für die Herren Fachkollegen klar zu legen.

Nicht zu unterschätzen mag auch ein Vorzug des Apparates sein, der sich aus dem Gesagten ergiebt; ein Vorzug, welcher im allgemeinen von Physiologen und Augenärzten zu berücksichtigen sein möchte, der aber auch für die Lehrer der Mathematik, die mit Schülern zu rechnen haben, denen infolge fehlerhaften Sehens die richtige Anschauung geometrischer Gebilde fehlt, nicht ohne Interesse sein kann.

Unsere Augen sind mit getrenntem Muskelapparat und getrenntem Nervenapparat versehen, sie sind also zur Einzelbewegung wie alle anderen Doppelorgane des Körpers ausgerüstet. Kinder sind noch längere Zeit nach der Geburt, wie Preyer nachgewiesen hat, der Eigenbewegung jedes einzelnen Auges fähig, ja diese Einzelbewegung ist sogar die Regel. Ob diese Fähigkeit im Laufe der Generationen durch Vererbung gelitten hat, würde noch nachzuweisen sein, thatsächlich ist sie infolge Einstellens beider Augenachsen auf dasselbe Objekt bei Erwachsenen so gut wie verloren gegangen, wie man sich leicht durch Selbstbeobachtung und durch Betrachtung der Augenbewegung bei anderen überzeugen kann. Die Vorteile des deutlicheren Sehens, die dadurch erzielt werden, sind ganz gewaltige, ausserdem ersetzt die bedeutende Beweglichkeit der Augen etwaige Mängel, die zum grössten Teile aus der Fähigkeit einer von einander unabhängigen Einstellung hervorgehen müssen. Trotzdem würde es nicht nur für Augenleidende, d. h. solche, bei denen die Stellung der Augenachsen eine falsche ist, sondern auch für Normalsichtige von Vorteil sein, dem Auge im gewissen Grade seine selbständige Beweglichkeit zu erhalten, die ihm von der Natur verliehen ist. Für Schielende würde es jedenfalls den Beginn einer Heilung bedeuten, wenn die Muskulatur der beiden Augen zum unabhängigen Funktionieren veranlasst werden könnte, ohne dass starke äussere Eindrücke, wie Druck mit dem Finger, starkes Kopfweh verursachendes, ermüdendes Hinsehen auf ein in der Nähe bewegtes Objekt etc. herangezogen werden müssen.

Das neue Stereoskop gestattet, dem Auge jede beliebige Übung in unabhängiger Bewegung zu teil werden zu lassen; zu dieser Übung empfiehlt es sich aber, recht einfache stereoskopische Bilder zu wählen, die dem Auge das Festhalten eines bestimmten Punktes gestatten, während im anderen Falle durch die Mannigfaltigkeit der Eindrücke eine Verwirrung und ein Abspringen nur zu leicht hervorgerufen werden kann; landschaftliche Bilder sind daher für die Augenübung wenigstens im Anfang am besten zu vermeiden.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Bei der Drehung der Prismen wird der von irgend einem Punkte des Bildes kommende Strahl oberhalb des Prismas eine Kegeloberfläche beschreiben, wie auch ohne beigefügte Figur leicht verständlich sein wird. Da das Auge, welches den Punkt *A* fixiert, dem Bilde desselben folgt, so muss seine Achse eine entsprechende Kegeloberfläche beschreiben. Damit ist aber bei der Möglichkeit einer Drehung nach rechts oder links, bei gleichzeitiger Bewegung beider, oder nach Ausschaltung des einen Prismas, bei einseitiger Bewegung jede gewünschte Übung in der Beweglichkeit der Augen um beliebige Winkel zu erzielen. Ich muss gestehen, dass ich nicht umhin kann, diese Übungen als vorzügliches Heilmittel für Knaben mit beginnender Unregelmässigkeit der Achsenstellung der Augen (Schielen) zu betrachten. Es dürfte sich auch für Augenärzte lohnen, einen Versuch damit anzustellen.

Die Vorzüge des Stereoskops mit rotierenden Prismen würden demnach sein:

1. Sichere Einstellung zum plastischen Sehen bei allen selbst den fehlerhaftesten Augen.
2. Nachweis der Doppelbilder der beiden Augen.
3. Übung der Bewegungsfähigkeit der Augen unabhängig von einander und gleichzeitig in entgegengesetzter Drehung.
4. Untersuchung der Augen auf einseitiges Sehen.

Eine Reihe anderer Beobachtungen, vorwiegend auf physiologischem Gebiet, welche zwar nicht mit der Tiefenanschauung, wohl aber mit den Doppelbildern zusammenhängen, und die mit Leichtigkeit und Eleganz in weitester Ausdehnung angestellt werden können, will ich noch kurz erwähnen.

Stellt man die Bilder, die Professor Dr. Joseph Pisco in seinem Buche „Licht und Farbe", zweite Auflage, München, R. Oldenbourg, Seite 268, zum Zweck des Nachweises der Sinnestäuschungen angiebt, in der Weise her, dass man die parallelen und jene dieselben kreuzenden Linien getrennt auf die beiden Bilder eines Stereoskops überträgt, und bringt dieselben zur Deckung durch Einstellung auf den Nullpunkt mittelst Drehung der Prismen, so tritt keine Sinnestäuschung ein, sondern die Bilder erscheinen wechselweise und nur nach längerer Zeit gleichzeitig, aber dann ohne die auffallende Konvergenz resp. Divergenz der parallelen Linien, jedenfalls ein lehrreicher Versuch für die Art des Zusammenwirkens beider Augen. Ich erwähne nur diesen einen Versuch, es lassen sich noch manche andere ohne grosse Schwierigkeiten ausführen.

In letzter Linie will ich noch auf die hochinteressanten Farbenbeobachtungen mit Hilfe des Apparates hinweisen, die ich hier nur andeuten will, die aber ebenfalls in reicher Auswahl angestellt werden können.

Wählt man zwei komplementäre Farben, stellt aus ihnen zwei gleiche, ungefähr ein Viertel der Felder umfassende Kreise her, die in der Weise stereoskopischer Bilder auf einem Karton vereinigt werden, und bringt diese beiden Kreise durch Drehung zur Deckung,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

so entsteht nicht, wie man erwarten sollte, ein trübes Weiss oder Grau, wie bei der Kreiselbeobachtung, sondern eine Mischfarbe der beiden gewählten Farbentöne. Wählt man Farben, die nicht komplementär sind, so ist der Erfolg der nämliche, aber weniger auffallend. Vergrösserung des einen Kreises, Ausschnitte etc. gestatten manche Abwechslung im Versuche, und falls es beabsichtigt wird, auch scherzhafte Zusammenstellungen aus farbigen Bildern mit fortwährend changierenden Farbentönen.

Will jemand diese Versuche als Spielerei beurteilen, so mag er ja ein gewisses Recht dazu beanspruchen dürfen, bei erweiterten Versuchen dieser Art kommt man aber bald von dieser Betrachtungsweise ab, das Interesse erhöht sich, die Resultate erlangen eine praktische Bedeutung für die Farbenmischung, die ich nur als hier weniger hergehörig andeuten will; zur Untersuchung aber auf Farbenblindheit sind sie ganz besonders geeignet und können zu einer vorläufigen Untersuchung der Schüler auf diesen Mangel hin vortrefflich benutzt werden; man hat nur nötig, die entsprechenden Farbentöne zu den Ergänzungsbildern zu wählen.

Dagegen dürfte wohl die Reihe folgender Versuche allseitiges Interesse erwecken: Fixiert man die über einander liegenden Bilder der beiden farbigen Kreise, so tritt zuerst deutlich die Mischfarbe hervor, dann aber infolge Ermüdung des einen, dann des andern Auges, nur das eine Farbenbild nach dem andern und nur in den Übergängen die Mischfarbe. Notiert man die Zeit der Farbenfolge, so erhält man Zahlenreihen, die uns über die Leuchtkraft der Farben beim Reiz auf die Netzhaut belehren, und wenn man die Bilder in den Augen vertauscht, eine zweite Reihe, die von der ersten stark abweichen kann. Zweifellos dürften sich bei einer Zusammenstellung solcher Reihen lehrreiche Schlüsse auf die Reizwirkung der Farbentöne und auf die Verschiedenheit der Empfänglichkeit der Augen ziehen lassen. Es ist auf den ersten Blick klar, dass man in diesen Versuchen auch ein Mittel besitzt, die Farbensättigung eines Farbentones zu untersuchen. Stellt man zur Abwechslung die Versuche in der Weise an, dass sich die Kreise nur teilweise decken, so ergeben sich für die Zeitintervalle andere Zahlenreihen, deren Vergleich mit den ersteren vielleicht zu neuen Resultaten führen dürfte; ich bin fest überzeugt, dass diese Versuche, in weiteren Kreisen ausgeführt, zur Bereicherung der Farbenlehre und der subjektiven Farbenwirkung im Auge führen müssen. Inwieweit derartige Beobachtungen geeignet sein werden, Mängel der subjektiven Farbenwahrnehmung bei der Betrachtung astronomischer und terrestrischer Objekte zu erklären, bleibt abzuwarten.

Eine Zusammenstellung einer Reihe stereoskopischer Bilder, in denen die oben erwähnten Versuche in besonders sicherer, das Resultat verbürgender Weise ausgeführt werden können, werde ich im nächsten Jahre ausführen. Dass dies nicht, entsprechend den Vorversuchen, schon geschehen ist, findet seinen Grund in der Eile, mit der die Veröffentlichung erfolgen musste, da ich noch in letzter Stunde für einen Kollegen, der die Programmarbeit in Aussicht gestellt hatte, aber an der Ausführung verhindert wurde, ein-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

trat. Derselbe Grund veranlasst mich auch, die Zahlenreihen, die ich aufgestellt, als vorläufig noch ungenügend zur Veröffentlichung zurückzuhalten. Jedenfalls dürfte das dem Interesse an derartigen Beobachtungen mehr förderlich als schädlich sein.

Zum Schluss füge ich noch die Abbildung einer einfacheren Konstruktion der Stereoskope hinzu, die den zwei wesentlichen Anforderungen des Apparates, Drehung der Bilder gleichzeitig und getrennt, in Links- und Rechtsdrehung, sowie der Veränderlichkeit der Objektsweite in vollem Masse gerecht werden, die aber keine genaue Messung des Drehungswinkels gestatten. Die Wirkung der einzelnen Teile des Apparates ist aus der Abbildung leicht zu erkennen. Die Handhabung desselben ist eine einfache und kann selbst von jedem Knaben nach kurzem Gebrauch mit Sicherheit erlernt werden.

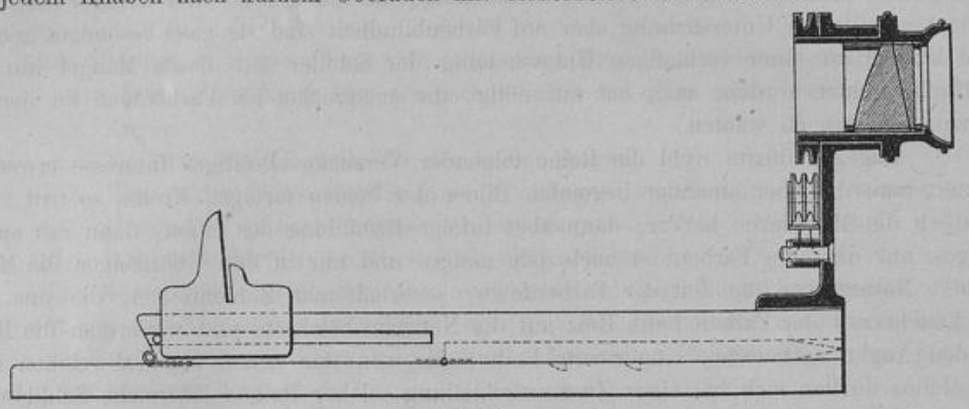


Fig. 9.

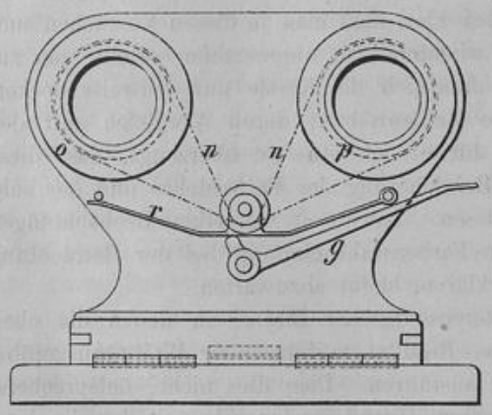


Fig. 10.

In Figur 9 und 10 ist dieser einfachere Apparat abgebildet, der dem allgemeinen Bedarf ebenfalls genügen wird, wenngleich ihm die Messeinrichtung und die seitliche Verschiebbarkeit der Linsen fehlt. Bei dieser Konstruktion ist eine gekreuzte Schnur *n* zum Antrieb der Linsen verwendet, welche über 2 Rollen *o p* läuft und durch die Feder *r* gespannt wird. Um jede Linse für sich zu drehen, drückt man den Hebel *g* nach unten, die Feder *r* wird dadurch zusammengedrückt, und die Schnur *n* schleift lose in den Rädern, sodass jede Linse für sich einstellbar ist. Die Linsenentfernung ist hier auf 64 mm unveränderlich festgestellt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Handelt es sich nur um Übung der Augen und plastisches Sehen, so wird dieser einfachere Apparat den Anforderungen in vollem Masse gerecht werden, er hat den Vorzug einer schnelleren Drehung, die eine rasche Einstellung und eine grössere Beweglichkeit des Auges befördert; über die Vorzüge im Gebrauch des einen und des andern Modells kann nur der Zweck, für welchen es verwendet werden soll, entscheiden. Hergestellt wird das Stereoskop mit rotierenden Prismen von der Firma Gebrüder Commichau, technische Abteilung, Magdeburg-Sudenburg.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Handelt es sich nur um en, so wird dieser einfachere Apparat den Anforderun er hat den Vorzug einer schnelleren Drehung, die ein Beweglichkeit des Auges befördert; über die Vorzüg dern Modells kann nur der Zweck, für welchen es ve ergestellt wird das Stereoskop mit rotierenden Prism ichau, technische Abteilung, Magdeburg-Sudenburg.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf