

VII.

Ueber das Orthoskop,

eine neue Methode zur genaueren Untersuchung des gesunden und kranken Auges.

[„Prag. Vierteljahrschr.“ 1851. Bd. XXXII. S. 154 — und 1855. Bd. XXXVIII. S. 157.]

1.

Fällt ein Lichtstrahl an irgend einem Punkte der Trennungsfläche zweier Medien von verschiedener lichtbrechender Kraft senkrecht auf, so geht er ungebrochen aus dem einen in das andere über; bildet hingegen die Einfallrichtung des Lichtstrahls einen Winkel mit dem im Einfallspunkte auf der Trennungsfläche errichteten Lothe, so wird der Strahl gebrochen, d. h. er erfährt vom Einfallspunkte an eine Ablenkung von seiner ursprünglichen Richtung. Der Winkel, welchen der abgelenkte Strahl mit der Verlängerung des Lothes bildet, heisst der Brechungswinkel, oder nach Anderen der gebrochene Winkel. Die Erfahrung lehrt, dass der Brechungswinkel grösser oder kleiner sein kann als der Einfallswinkel, dass aber das Verhältniss zwischen dem Sinus beider für zwei bestimmte Medien stets constant bleibe. Im Allgemeinen ist der Brechungswinkel dann kleiner als der Einfallswinkel, wenn der Lichtstrahl aus einem dünneren in ein dichteres Medium kommt: im umgekehrten Falle ist er grösser als der letztere. Man drückt dieses Gesetz auch so aus: Der Lichtstrahl wird zum oder vom Einfallslothe gebrochen, je nachdem er aus einem dünneren in ein dichteres oder aus einem dichteren in ein dünneres Medium gelangt. Da das Verhältniss zwischen dem Sinus des Brechungswinkels und dem Sinus des Einfallswinkels, welches das Brechungsverhältniss oder der Brechungsexponent heisst, für zwei bestimmte Medien constant ist, so ergibt sich, dass es bei der Brechung zum Lothe einen grössten Brechungswinkel gibt, welcher immer weniger als 90° betragen muss:

bei der Brechung vom Lothe hingegen einen grössten Einfallswinkel, welcher ebenfalls stets kleiner als ein rechter sein muss, wenn der Lichtstrahl noch in das zweite weniger dichte Medium gelangen soll. Wird bei der Brechung vom Lothe der durch den Exponenten bestimmte grösste Einfallswinkel überschritten, so erfolgt an der Trennungsfläche statt einer Brechung eine totale Reflexion des Lichtstrahls, welcher dann in das dünnere Medium gar nicht hineinkommen kann. Die dioptrischen Gesetze schlagen hier in die katoptrischen um. ¹Die unmittelbare, für unsere räumlichen Gesichtswahrnehmungen wichtige Folge der Ablenkung der Lichtstrahlen von ihrer ursprünglichen Richtung ist die Verrückung oder Verschiebung der Bilder, welche sie von ihren Gegenständen hervorzubringen im Stande sind. Wenn wir z. B. in schräger Richtung ins Wasser sehen, so müssen die am Grunde liegenden Gegenstände auf anderen Punkten unserer Retina ihre Bildchen entwerfen, als wenn — bei unveränderter Stellung und Lage des Auges — das Wasser abgelassen würde, und erscheinen uns deshalb je nach der verschiedenen Ablenkung der Lichtstrahlen an anderen Orten im Raume ¹).

Ich erinnere hier an ein bekanntes, leicht zu wiederholendes Experiment, welches zugleich sehr instructiv ist. Man nehme ein leeres Gefäss, lege auf den Boden desselben ein Geldstück und stelle sich so, dass der freie Rand des Gefässes die Münze vollständig verdeckt. Nun lasse man nach und nach Wasser einfüllen — doch langsam, damit das Geldstück nicht von seinem Platze fortgeschwemmt werde. In dem Maasse, als das Niveau des Wassers steigt, rückt dann, ohne dass der Beobachter seine Stellung im Geringsten ändert, das Geldstück über den es verdeckenden Rand hervor, und man bemerkt zugleich, dass sich der ganze Boden des Gefässes scheinbar verschiebt und erhebt. Die Erklärung dieser Erscheinung folgt aus dem vorigen mit Leichtigkeit, und es ist überdies möglich, durch Anwendung der oben erörterten Gesetze der Brechung die allgemeinen Bedingungen für die Beschaffenheit und Grösse der Ablenkung solcher Bilder a priori festzustellen. Die Grösse, die Lage und der Ort der Bilder, welche von Gegenständen herrühren, die sich unter Wasser oder sonst einem stärker brechenden Medium als Luft befinden, hängen überhaupt ab: 1. von der Lage und der räumlichen Beziehung der Gegenstände zu dem Beobachter; 2. von

¹ Diese Erfahrung über die scheinbare Ortsveränderung der Gegenstände kann Jene, welche sich aus Mangel an Uebung in Sachen der Speculation nicht gleich auf den subjectiven Standpunkt erheben können, auf den richtigen Weg des Nachdenkens und zum Verständniß der subjectiven Natur unserer sinnlichen Wahrnehmungen bringen. Doch dies nur beiläufig.

dem Brechungsverhältniss zwischen der Luft und dem dichteren Medium; 3. von der Mächtigkeit des Mediums in der Richtung der Sehnlinie, und endlich 4. von den mathematischen Eigenschaften und der Lage der Trennungsfläche. Die verschiedene Dicke der den Gegenstand deckenden Schichte des dichteren Mediums hat in so fern Einfluss auf die Verhältnisse des Bildes, als die Lichtstrahlen länger oder kürzer ihre ursprüngliche Richtung beibehalten. Dass die Gestalt der Trennungsfläche ebenfalls von Bedeutung sei, ist einleuchtend, wenn man sich nur der dioptrischen Erscheinungen bei sphärischen Begrenzungsflächen der brechenden Medien erinnert.

Mit den Gesetzen der Strahlenbrechung vertraut, kann man für einen speciellen Fall aus dem verschobenen Bilde die wahre Lage des Gegenstandes berechnen, wenn man die nöthigen Data besitzt, oder durch Versuche a posteriori bestimmen, und den Fehler, welcher durch die Ablenkung entstanden ist, im Geiste verbessern; allein nichts desto weniger bleibt die unmittelbare sinnliche Wahrnehmung dieselbe, und verleitet uns immer wieder zu dem Fehlschluss über die wahre Lage, hätten wir ihn auch so eben theoretisch berichtigt. Wir erhalten auf diese Weise unter Umständen falsche räumliche Anschauungen, und sind dann nicht im Stande, aus der einfachen Wahrnehmung sofort ein richtiges Urtheil über die objectiven Verhältnisse, deren genaue Kenntniss uns von Bedeutung sein kann, zu fällen.

So hat man bei der Untersuchung der inneren Theile des Auges, welche in physiologischer oder pathologischer Hinsicht an lebenden Individuen vorgenommen wird, namentlich wenn es sich um eine mehr seitliche Ansicht handelt, mit jenen Schwierigkeiten der in diesen Fällen ohne Zweifel wichtigen Beurtheilung der objectiven räumlichen Verhältnisse zu kämpfen. Die inneren Theile des Auges, so weit dieselben von Aussen her sichtbar sind, erfahren eine Gestaltveränderung und eine scheinbare Verschiebung aus ihrer natürlichen Lage, weil die von ihnen reflectirten Strahlen aus den stärker lichtbrechenden Medien des Auges in die Luft gelangen und an den sphäroidischen Trennungsflächen gebrochen werden. Wollen wir auch von dem Brechungsverhältniss zwischen Cornea und Humor aqueus ganz absehen, und die Substanz der Cornea überhaupt gar nicht in Rechnung bringen: so ist doch das Verhältniss zwischen Humor aqueus und Luft von der Art, dass die Lichtstrahlen bei ihrem Austritte eine bedeutende Ablenkung vom Einfallslothe erfahren müssen. Die Folge hievon ist, dass die vordere Augenkammer ihre Tiefe verliert, und keine Profilan sicht gestattet; die Iris wölbt sich scheinbar vor, und füllt mit ihrem Bilde nahezu den ganzen von der Cornea begrenzten Raum aus. Wir sind an gesunden

Augen nicht im Stande, von der Seite her durch die vordere Augenkammer hindurchzusehen, und entdecken nur eine Andeutung von dem durch anatomische Untersuchungen bekannten Zwischenraum zwischen der Cornea und der Iris. Es geschieht hier im Wesentlichen dasselbe, was in dem oben citirten Versuch mit dem Gefässe zu beobachten war: so wie sich dort der Boden mit dem Geldstücke erhob, und nach der einen Seite hin verrückte, ganz eben so wird hier die Iris hervorgewölbt und verschoben. Die einzige Verschiedenheit liegt in der Gestalt der Trennungsfläche der Medien; dort trennt der ebene Wasserspiegel, hier die gekrümmte Oberfläche der Cornea.

Dass wir dem zu Folge von den physiologischen und pathologischen Veränderungen, hinsichtlich der räumlichen Verhältnisse, welche an den sichtbaren inneren Theilen des Auges vorgehen, theils gar nichts wahrnehmen, theils falsche Ansichten bekommen müssen, ist so wohl eben so einleuchtend, als es bei der Wichtigkeit des Gegenstandes wünschenswerth ist, die Ursache der Unvollkommenheit dieser Untersuchungen möglichst zu entfernen.

Durch grosse Uebung und genaue Kenntniss der Anatomie des Auges kann man es zwar dahin bringen, auch aus den verschobenen Bildern manchen richtigen Schluss zu ziehen, allein dies hindert nicht, eine bessere Untersuchungsmethode, welche correctere Data liefert, zu suchen. Um zum Ziele zu gelangen, ist es unumgänglich nothwendig, die objectiven Verhältnisse, in welchen sich das beobachtete Auge befindet, so weit als möglich zweckmässig zu ändern, weil die gerügte Unvollkommenheit der Bilder eben objective Ursachen hat. Wir haben die Ablenkung der Lichtstrahlen von ihrem geradlinigen Wege während des Durchtrittes durch die verschiedenen Medien als die Fehlerquelle erkannt, und müssen daher gerade diese Ablenkung, so weit es thunlich ist, zu verhindern trachten. Die grösste Ablenkung, welche alle das Auge verlassenden Lichtstrahlen erfahren, sie mögen aus welcher Tiefe immer kommen, findet an der äusseren Oberfläche der Cornea statt, weil diese das Auge gegen die Aussenwelt begrenzt, und das Licht weit stärker als die Luft zu brechen vermag. Die Brechungen, welche die reflectirten Lichtstrahlen innerhalb des Auges, ehe sie an die Cornea gelangen, erleiden, sind im Allgemeinen schon deshalb von geringerer Bedeutung, weil die in der Tiefe des Auges befindlichen Theile für eine Profilansicht, um welche es sich uns vorzüglich handelt, verloren gehen. Dieser Umstand ist unserem Vorhaben günstig, denn wir haben kein Mittel, die Brechung der Strahlen innerhalb des Auges zu verhindern, und müssten von ihr absehen, wenn sie auch bedeutender wäre, während es für die Aufhebung oder wenigstens bedeutende

Verringerung der Brechung an der Oberfläche der Cornea, wie ich sogleich zeigen werde, ein zweckmässiges Mittel gibt. Ich wurde vor etwa drei Jahren beim Präpariren eines Auges auf dieses Mittel aufmerksam.

Die das Auge umgebende Luft hat, wie wir wissen, im Verhältniss zur Cornea oder dem *Humor aqueus* eine geringe lichtbrechende Kraft, und ist namentlich Schuld an der starken Ablenkung der ausfahrenden Strahlen. Würden wir die atmosphärische Luft fortschaffen, und das Auge statt mit dieser mit einem Körper umgeben, welcher das Licht eben so stark als die Cornea oder der *Humor aqueus* bricht, so würden wir ein für unseren Zweck günstigeres Verhältniss schaffen. Die reflectirten Lichtstrahlen würden, von der vorderen Fläche der Linse angefangen, Medien von fast verschwindend kleinen Dichtigkeitsunterschieden durchlaufen, und könnten somit kaum erheblich von ihrer Richtung abgelenkt werden. Der Abschnitt des Auges vor der Linse müsste uns demnach weit eher als unter anderen Umständen in seinen wahren objectiven Verhältnissen erscheinen; was hinter der Linse liegt, wird sich aber immerhin unter mehr oder weniger bedeutenden optischen Veränderungen dem Blicke darbieten; die Linse selbst gehört theils in das einer exacteren Beobachtung zugängliche gemachte, theils in das andere Gebiet. — Würde der Körper bedeutend stärker als die Cornea das Licht brechen, so würden die reflectirten Lichtstrahlen beim Austritte zum Perpendikel abgelenkt, und die inneren Theile des Auges abermals unter anderen Gestalten erscheinen lassen.

Ein Körper von der gewünschten brechenden Kraft, welcher zugleich Beweglichkeit genug besitzt, sich an das Auge anzuschmiegen, ist z. B. das Wasser. Das Brechungsvermögen desselben nämlich wird durch die Zahl 1,3358 ausgedrückt. Da nun die Cornea mit 1,33, die wässrige Feuchtigkeit mit 1,338 bricht, so wird die Ablenkung der Lichtstrahlen von ihrem geradlinigen Wege nur unbedeutend sein.

Es ist nicht schwer, das Auge auf irgend eine passende Weise unter Wasser zu setzen, und zugleich der Beobachtung von Aussen zugänglich zu machen. Man kann ganz einfach das Gesicht in ein gläsernes Wasserbecken tauchen, die Augen öffnen und nun von einem zweiten durch die Glaswand beobachten lassen. Dieses etwas rohe Verfahren würde wenigstens genügen, um sich schnell von der überraschenden Wirkung der Wasserschichte auf das Aussehen eines lebendigen Auges zu überzeugen. Für wissenschaftliche Zwecke habe ich, um bequemer und länger beobachten zu können, einen besonderen Apparat ausgedacht, welcher bei aufrechter Stellung des Kopfes eine

genügende Menge Wasser vor einem der beiden Augen fixirt. Bei geneigter Stellung des Kopfes ist es wohl leichter, das Wasser um das Auge zusammenzuhalten, allein man hat dann eine weniger günstige Beleuchtung und weniger Bequemlichkeit und Freiheit im Beobachten.

Mein Apparat (vgl. die Erklärung der Abbildungen 1 und 2) ist eine Art Kästchen, und wird aus vier rechtwinklig zusammen stossenden Wänden gebildet, welche wasserdicht an einander gefügt sind. Die vordere und die äussere Wand sind aus reinem Glase, die untere und die innere aus Blech. Es liessen sich auch diese beiden Wände aus Glas herstellen, allein ich zog es vor, undurchsichtige und geschwärzte Flächen daselbst anzuwenden, weil sich das Auge aus dieser dunklen Umgebung besser hervorhebt. Die freien hinteren Ränder der unteren und der inneren Wand sind so ausgeschnitten, dass sie unterhalb des Augenhöhlenrandes an die Wange und zwischen dem inneren Augenwinkel und der Nasenwurzel genau angeedrückt werden können.

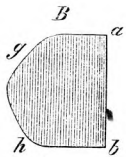
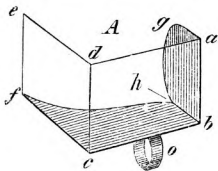


Fig. 1.

Der hintere Theil der äusseren gläsernen Wand kommt flach auf die Schläfe zu liegen. Für jedes der beiden Augen gehört natürlich ein eigener Apparat, weil der Gesichtsausschnitt für die rechte Seite in entgegengesetzter Richtung gekrümmt sein muss, als jener für die linke. Hat man den Apparat, welcher an einem kleinen, an der unteren Fläche der unteren blechernen Wand angelötheten Ringe gefasst wird, gehörig

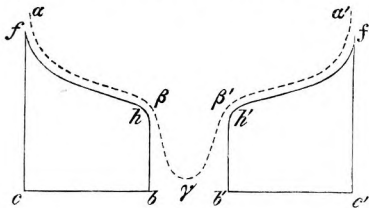


Fig. 2.

angelegt, so befindet sich das Auge in einem oben offenen Kästchen gewissermaassen eingesperrt, und kann nun ganz unter Wasser gesetzt werden, da die Wände so weit hinaufreichen, dass das Niveau der Flüssigkeiten in gleicher Höhe mit dem oberen Augenhöhlenrande stehen kann. Um das Ausfliessen des Wassers, welches dann statt findet, wenn der Ausschnitt des Apparates für die Gesichtsbildung nicht genau passt, möglichst zu verhindern, lege ich längs der Linie, wo das Gesicht berührt wird, namentlich unter dem inneren Augenwinkel und an der Schläfe nach Bedarf kleinere oder grössere Ballen oder Würstchen von Baumwolle unter und drücke dann fest auf. Bisher habe ich den Apparat stets auf die beschriebene Weise angelegt und das Wasser zu fixiren gesucht. Es versteht sich aber von selbst,

dass namentlich für die praktische Augenheilkunde verschiedene zweckdienliche Modificationen des Apparates und der Anlegung zu erdenken sind, z. B. ein Kautschuk-Besatz für den Gesichtsausschnitt etc. Ich überlasse jedoch diese Verbesserungen den praktischen Oculisten, welche ihre Bedürfnisse besser kennen als ich. Die Hauptsache ist, das Auge unter das Niveau einer Flüssigkeit von den geforderten Eigenschaften in der Weise zu setzen, dass es gut und bequem beobachtet werden kann¹).

Man giesst das Wasser von oben in den Apparat ein, und lässt das Auge vorläufig schliessen, damit es sich beim allmählichen Oeffnen mit dem etwas abschreckenden Eindruck des ungewohnten Mediums nach und nach befreunde. Hat es sich endlich geöffnet, so erscheint es dem Beobachter ganz eigenthümlich verändert; von vorn gesehen weniger auffallend als in der Profilansicht. Die Iris tritt als ein ebener Vorhang weit zurück, die Cornea hingegen wölbt sich als eine glashelle halbkuglige Blase hervor, und gestattet eine seitliche Durchsicht durch die vordere Augenkammer. Bei sehr stark erweiterter Pupille liegt die Linse bloss und kann genau untersucht werden. Mit kurzen Worten, alle räumlichen Verhältnisse der vorderen Theile des Auges, welche wir hauptsächlich berücksichtigen, präsentiren sich nahezu in ihrer natürlichen Beschaffenheit, und können daher mit grösserer Präcision als bis jetzt beurtheilt werden. Die von mir angegebene Untersuchungsmethode, welche hiermit noch keineswegs in allen Richtungen ausgebeutet ist, dürfte für den Ophthalmiatriker von einiger diagno-

¹ Nachdem bereits diese und Dr. v. HASNER'S (Prag. Vtljschr. XXXII. S. 166 ff.) Abhandlung dem Drucke übergeben war, ist es mir gelungen, das Abfliessen des Wassers auf eine sichrere Weise als durch Unterlagen von Baumwolle zu verhindern. Ich nehme statt Baumwolle geknetete Mica panis, welche sich an das Gesicht sehr genau anlegt, und den Rand des Apparates bei gelindem und anhaltendem Drucke tief in sich aufnimmt. Hat man das Brod vorher gut durchgeknetet, so dass es keine Risse und Spalten hat, ferner den Rand tief eingedrückt und einen gehörigen continuirlichen Druck angewendet, so fliesst kein Tropfen ab. Ein mit Baumwolle ausgestopftes Pölsterchen von Wachstaffet habe ich auch versucht. Am Gesichte hält es vortrefflich. Der Rand des Apparates kann jedoch nicht tief genug einsinken, und müsste, wenn diese Vorrichtung ihren Zweck ganz erfüllen soll, wasserdicht mit dem Polster verbunden werden. Am besten und bequemsten wird es sein, wenn man einen besonders gestalteten Besatz von Kautschuk an den Gesichtsausschnitt anbringen lässt. Ich habe schon oben davon Erwähnung gethan, und hätte schon längst diese Idee ausgeführt, wenn ich eines Arbeiters habhaft geworden wäre. Um durch das Fixiren des Apparates nicht im Beobachten gestört zu werden, namentlich wenn man keinen Gehilfen dazu bei der Hand hat, ist es zweckmässig, den Apparat durch eine Vorrichtung, z. B. einen Riemen, metallene Spangen an den Kopf des Patienten zu befestigen.

stischer Bedeutung sein, und giebt dem Physiologen Gelegenheit, ein lebendiges Auge in seinen wahren Verhältnissen zu studiren. Ich selbst hatte bei der Construction meines Apparates den Zweck, die etwaigen Ortsveränderungen der Linse, welche zu Erklärung des Accommodationsvermögens von Einigen vorausgesetzt werden, direct zur Anschauung zu bringen. Die Resultate dieser Untersuchungen werde ich an einem anderen Orte mittheilen.

Bezüglich der Anwendbarkeit des Apparates, namentlich in der Augenheilkunde, ist noch dem Einwurfe zu begegnen, dass der Eindruck des Wassers ein unleidlicher sei und üble Folgen haben könne. Es ist allerdings wahr, dass es nicht gerade angenehm ist, das Auge unter Wasser aufzuthun, allein man kann es ganz gut an dieses Medium gewöhnen, wie ich an mehreren meiner Freunde und an mir selbst erfahren habe. Ueberdies kann das Wasser etwas erwärmt oder mit schleimigen Mitteln oder mit Eiweiss u. dgl. versetzt werden. Die Patienten, welche im Prager Hospitale auf der Klinik des Hrn. Prof. ARLT und der Abtheilung des Hrn. Dr. HASNER mit dem Apparate untersucht wurden, haben sich auch nicht sehr empfindlich gezeigt und keine üblen Folgen verspürt. Immerhin bleibt ein derartiges Augenbad ein Reiz, und der Arzt wird etwaige Contraindicationen wohl berücksichtigen müssen.

Wir haben bisher von den Veränderungen, welche der Beobachter an dem zu untersuchenden Auge im Allgemeinen gewahrt, und von dem localen Effect der unmittelbaren Berührung der Conjunctiva durch das Wasser gesprochen. Es bleibt uns nun noch zu erörtern, in welcher Weise das Sehen in subjectiver Hinsicht alterirt ist, und welche Veränderungen der optischen Verhältnisse der Untersuchte an seinem Auge erfährt.

Die Frage, »ob man unter Wasser sehen könne«, ist schon vor langer Zeit aufgeworfen, und auf mathematisch-physikalischem Wege exact beantwortet worden. Die Aussagen berühmter Taucher, welche alle aus Erfahrung sprechen wollen, stimmen jedoch nichts desto weniger gar nicht überein; die einen haben bejahend, die andern verneinend geantwortet. Man wird sich durch folgende Betrachtung leicht überzeugen, dass die Wahrheit in der Mitte liegt, und der scheinbare Widerspruch in den Aussagen erfahrener Taucher nur durch die Ungenauigkeit im Ausdruck bedingt sei. Kommen die Lichtstrahlen, welche von einem leuchtenden Punkte nach allen Seiten ausströmen, beim gewöhnlichen Sehen in der Luft an die convexe Fläche der Cornea, so erfahren sie eine bedeutende Brechung zum Einfallslothe; gegen die optische Achse des Auges abgelenkt, erreichen

sie daher die Linse und werden, wenn das Auge für die betreffende Entfernung eingerichtet ist, auf der Retina wieder in einem Punkte vereinigt. Versetzt man in Gedanken das Auge und den leuchtenden Punkt unter Wasser, ohne jedoch an dem Accommodationszustand des ersteren und der Entfernung des letzteren das Geringste zu ändern, so wird der Gang der Lichtstrahlen im Auge dennoch verändert und die Vereinigungsweite eine ganz andere sein müssen. Denn es wird, da das Wasser eine weit grössere lichtbrechende Kraft besitzt als die Luft, das Brechungsverhältniss an der Oberfläche der Cornea ganz unbedeutend, und die Lichtstrahlen können daher auch nur unbedeutend der optischen Achse zugebrochen werden. Die Linse empfängt jetzt relativ-divergirende Lichtstrahlen, und könnte sie erst in einer bedeutenden Entfernung hinter der Retina zu einem Punkte vereinigen. Auf der Retina entsteht demnach ein Zerstreungskreis und kein deutliches Bild. Ich lasse hier eine Berechnung über den Verlust an brechender Kraft eines unter Wasser befindlichen Auges folgen, welche in GEHLER's physikalischem Wörterbuch Band IV, Abtheilung 2, S. 1384 zu finden ist: »Genauer genommen ist das Brechungsverhältniss des Lichtes aus Luft in die wässerige Feuchtigkeit des Auges $= n : 1 = 1,337$; das Brechungsverhältniss aus Wasser in die wässerige Feuchtigkeit des Auges $= w : 1 = 1,00075$. Setzt man also den Halbmesser der Cornea $= q = 3''',75$; den Abstand des gesehenen Objectes $= d = 10''$, alles in Pariser Fussmaass, und sucht dann die Brennweite des Bildes hinter der Linse $= f$, so findet man:

$$f = \frac{n d q}{(n - 1) d - q} = 16''',3982.$$
 Wird in dieser Formel statt n die Grösse w substituirt, so findet man:

$$f' = \frac{w d q}{(w - 1) d - q} = -123''',043,$$
 das heisst, die aus einer Entfernung von 10 Zoll kommenden Lichtstrahlen werden durch den Einfluss der Brechung gar nicht zum Brennpunkte vereinigt, sondern würden diese erst in einer Entfernung von 10 Zoll zum Brennpunkte vereinigt werden, wenn sie aus einem Abstände von 10 Zoll 3 Linien ins Auge fielen«. Das Auge wird unter Wasser ungeheuer weitsichtig, da die optische Wirkung der Cornea und des *Humor aqueus*, welche zusammen als eine Linse von etwa $16''',3982$ Brennweite betrachtet werden können, beinahe ganz weg fällt. Sehr kurzsichtige Individuen werden unter Wasser im Allgemeinen weniger schlecht sehen als Weitsichtige. Wollte man unter Wasser dennoch klare Bilder von den Gegenständen erhalten, so müsste man, wie ein Staaroperirter und aus demselben physikalischen Grunde wie dieser eine Sammellinse vors Auge nehmen. Das Auge

des Operirten hat die Krystalllinse, jenes des unter Wasser befindlichen Individuums die Cornea sammt dem *Humor aqueus* verloren. Es ist berechnet, dass der gemeinschaftliche Halbmesser einer für das deutliche Sehen im Wasser bestimmten biconvexen Glaslinse, deren Substanz 1,55 lichtbrechende Kraft besitzt, etwa 4,6 Linien betragen müsse. — Die oben aufgeworfene Frage muss demnach folgendermaassen beantwortet werden: Ein deutliches Sehen unter Wasser ist für unser Auge physikalisch unmöglich, nichts desto weniger entstehen aber zerstreute Bilder der Gegenstände auf der Retina, welche für die ergänzende Imagination des Sinnes hinreichen, unvollkommene Gesichtswahrnehmungen zu vermitteln.

Alles, was eben gesagt wurde, gilt im Allgemeinen auch vom Sehen durch unseren Apparat, nur muss man mit in Rechnung bringen, dass die hier gesehenen Gegenstände nicht wie dort ebenfalls mit unter Wasser sind. Die aus der Luft durch den Apparat zum Auge gelangenden Lichtstrahlen erleiden durch die Glaswand und das vorgeschlagene Wasser, ehe sie die Cornea erreichen, eine zweifache Brechung. Diese zweifache Brechung erleiden auch die aus dem Apparat herauskommenden Strahlen; wenn der Beobachter daher durch eine der beiden Glaswände in den Apparat hineinsieht, so erscheint ihm das ganze Auge mehr oder weniger aus seiner natürlichen Lage verschoben, ohne jedoch hiedurch in seinen Einzelheiten wesentlich verändert zu sein, da die Glaswand parallele Begrenzungsflächen besitzt. Uebrigens kann man auch von oben her, wo der Apparat offen ist, beobachten; die Strahlen werden da nur einmal und zwar an der Oberfläche des vorgeschlagenen Wassers gebrochen. — Schliesslich erlaube ich mir noch für meinen Apparat einen Namen in Vorschlag zu bringen, weil ich hoffe, dass derselbe nicht gleich in die akologische Rumpelkammer geworfen werden wird. Es ist schwer, das was der Apparat eigentlich leistet, in den engen Raum eines Wortes zusammen zu drängen. Doch glaube ich eine Bezeichnung gefunden zu haben, welche, wenn auch nicht ganz richtig, immerhin genügend sein dürfte. Im Grunde kommt es auf das gewählte Wort nicht viel an, wenn es einmal durch den Sprachgebrauch sanctionirt ist. Die Haupteigenschaft des Apparats, er mag wie immer modificirt werden, oder das, was er objectiv bewirkt, ist, dass er die Brechung der aus dem Auge reflectirten Lichtstrahlen an der Oberfläche der Cornea bedeutend verringert. Die Lichtstrahlen behalten also bei Anwendung des Apparates ihre geradlinige Richtung ziemlich bei, und erzeugen dann Bilder, welche den objectiven Verhältnissen fast vollkommen genau entsprechen. Wollen wir auch von der noch übrig bleibenden geringen Ungenauig-

keit absehen, so würden wir dem Apparat die Wirkung zuschreiben müssen, die Lichtstrahlen in ungebrochener gerader Richtung aus dem Auge heraus zu leiten, und richtige räumliche Anschauungen von den inneren Theilen des Auges hervorzubringen. Ein Instrument von diesen Eigenschaften könnte dann ein Orthoskop (von *ὀρθός* gerade, recht und *σκοπέω* betrachten, sehen) genannt werden. Ich verkenne nicht, dass durch diese Bezeichnung etwas zu viel von meinem Apparate ausgesagt wird, allein bei einigem gutem Willen lässt sie sich schon plausibel machen.

2.

Die physikalischen Bedingungen, unter welchen die inneren Theile des lebenden Auges der Untersuchung zugänglich gemacht werden können, sind durch die Arbeiten von BRUECKE¹⁾ und HELMHOLTZ²⁾ genügend erörtert und durch den Augenspiegel des Letzteren auf sinnreiche Weise realisirt worden. RUETE³⁾ hat neuerdings verschiedene, theils von ihm selbst, theils von Anderen erfundene Vorrichtungen zu demselben Zwecke beschrieben. — Jeder der bisher bekannt gewordenen Augenspiegel hat seine besonderen Vor- und Nachtheile, welche sich leicht bei der vergleichenden, praktischen Anwendung herausstellen und zu einer fortgesetzten Verfolgung des mit so viel Glück betretenen Weges auffordern.

Will man die inneren Theile, namentlich den Grund des lebenden Auges untersuchen, so hat man zunächst für eine passende Beleuchtung zu sorgen und das aus dem Inneren des Auges herausreflectirte Licht in das Auge des Beobachters zu leiten. Sodann muss man eine optische Vorrichtung anbringen, welche die Vereinigung der reflectirten Lichtstrahlen zu einem deutlichen Bilde im Auge des Beobachters möglich macht. — Der Theil des durch die Cornea in ein Auge geworfenen Lichtes, welcher vom Grunde reflectirt wird, kehrt, wenn das Auge für die Lichtquelle accommodirt ist, bis auf ein Minimum unregelmässig zerstreuter Strahlen, zu derselben zurück. In das Auge des Beobachters kann somit nur dann eine erhebliche Menge dieses reflectirten Lichtes gelangen und zur Erzeugung eines Bildes benützt werden, wenn das beleuchtete Auge nicht genau für die Entfernung der Lichtquelle accommodirt ist, und das beobachtende Auge in oder unmittelbar an der Lichtquelle sich befindet; oder wenn das reflectirte Strahlenbündel durch künstliche Vorrichtungen (z. B. unbelegte Spie-

¹ Müll. Arch. 1845. S. 387 und Müll. Arch. 1847. S. 225.

² Beschreibung eines Augenspiegels . . etc. Berlin 1851.

³ Der Augenspiegel und das Optometer für praktische Aerzte. Göttingen 1852.

gelläser, durchbohrte und theilweise ihres Belags beraubte Spiegel etc.) in zwei Theile gespalten wird, von denen der eine zur Lichtquelle zurückkehrt, der andere nach einer anderen Richtung, dem Beobachter zugelenkt wird.

Die eben erörterten Bedingungen lassen sich auf die mannigfaltigste Weise, mehr oder minder zweckdienlich, realisiren. Nach HELMHOLTZ's Vorgange ist bisher fast ausschliesslich Lampenlicht zur Beleuchtung verwendet worden, welches mittelst spiegelnder Flächen in das zu beobachtende Auge geworfen wurde.

Ich will hier beiläufig erwähnen, dass man noch auf einem anderen Wege, als durch die Cornea, eine mehr oder weniger bedeutende Menge Licht in das Auge gelangen lassen kann, nämlich durch Sclerotica und Chorioidea, welche, wie mich zahlreiche Versuche gelehrt haben, selbst bei dunklen Augen, hinreichend durchscheinend ist. Zu dem Ende concentrirt man das Licht durch eine grosse Sammellinse und lässt den Strahlenkegel von der Seite her auf das Auge fallen. Das Licht gelangt durch die Sclerotica, Chorioidea und Retina hindurch, in das Innere des Auges und trifft je nach der Einfallsrichtung entweder einen Punkt der entgegengesetzten Seiten der Retina, Chorioidea und Sclera, oder es wird durch die Linse, den Humor aqueus und die Cornea direct nach aussen gelenkt. Jener Theil des Lichtes, welcher an der getroffenen Stelle der entgegengesetzten Seite durchgegangen ist, macht sich äusserlich als heller Fleck bemerklich; der andere Theil, welcher daselbst reflectirt wird, kann hingegen, bei einer gewissen Einfallsrichtung des Strahlenkegels der Beleuchtungslinse, durch die Pupille aus dem Auge herausgelangen. —

Befindet sich ein beobachtendes Auge in der Richtung eines der beiden Lichtbüschel, von denen das eine direct, das andere nach einmaliger Reflexion durch die Pupille herausgebrochen wird, so sieht es die Pupille des beobachtenden Auges in derselben Weise, in röthlichem Lichte aufleuchten, wie bei einem leukaethiopischen Kaninchen. Es versteht sich von selbst, dass die Intensität der Erleuchtung bei verschiedenen Augen sehr verschieden ist. Blaue, etwas vorspringende Augen eignen sich weit besser zu diesen Versuchen als dunkle, obgleich auch diese letzteren hinreichend durchscheinende Häute besitzen, um die besprochene Erscheinung zu zeigen.

Nach dieser Methode kann man das ganze Auge, namentlich den Glaskörper, die Linse, das *Lig. ciliare* etc., in den verschiedensten Richtungen durchleuchten und dabei manche nicht unwesentliche Aufschlüsse über etwa vorhandene pathologische Veränderungen erhalten.

Dem Lampenlichte, welches bei der Anwendung der Augenspiegel gebraucht wird, dürfte in manchen Fällen das Tageslicht vorzuziehen sein. Durch eine, freilich etwas umständliche Regulirung und Concentration könnte man das Tageslicht, ohne Zweifel, für die Anwendung der Augenspiegel brauchbar machen.

Das Orthoskop¹⁾ erfüllt die oben erörterten Bedingungen, durch welche der Grund des Auges der Untersuchung zugänglich gemacht wird, auf die einfachste Art und kann bei heller Tages- und Lampenbeleuchtung nicht blós zur Untersuchung der vorderen Augenkammer, sondern auch der Retina und der übrigen inneren Theile, wie ein Augenspiegel, gebraucht werden. Die Versuche mit dem Orthoskop, welche Herr Prof. ARLT in dieser Beziehung auf seiner Klinik angestellt hat, haben ein sehr befriedigendes Resultat gegeben. — Die ursprüngliche Form des Orthoskops kann nach den Bedürfnissen des Praktikers leicht modificirt werden, so dass die Anwendung desselben beim Tages- oder Lampenlichte ungleich geringere Schwierigkeiten macht und weit weniger Uebung erfordert, als die Anwendung der verschiedenen Augenspiegel. Der Grundgedanke, welcher die Veranlassung zur Construction des Orthoskops gab, war der: Die Brechung und Ablenkung der Lichtstrahlen an der vorderen Oberfläche der Cornea möglichst zu verhüten. Diese Forderung wurde erfüllt, indem das Auge auf passende Weise unter Wasser gesetzt wurde. Zur Ansammlung des Wassers diente ein vor dem Auge angebrachtes, durchsichtiges Kästchen. Ich habe oben den Einfluss des Wassers, welches nahezu denselben Brechungsexponenten hat wie der *Humor aqueus* und die Cornea, auf den Gang der einfallenden und aus dem Auge reflectirten Lichtstrahlen erörtert. Das Auge wird im höchsten Grade weitsichtig; die Vereinigungsweiten der Lichtstrahlen, welche von näheren und ferneren Gegenständen ausgehen, fallen in verschiedener Entfernung hinter die Retina. Auf der Retina selbst entstehen somit grosse Zerstreungskreise. Der vordere Brennpunkt des Auges wird vom Auge abgerückt und die aus dem Inneren reflectirten Strahlen erleiden nur noch durch die Krystalllinse eine erhebliche Ablenkung von ihrer Richtung. Bei einiger Ueberlegung erkennt man leicht, dass auf diese Weise jene Verhältnisse, welche die Wahrnehm-

¹ Nach der gelehrten Berichtigung des Hrn. Dr. CRAMER in Groningen (Tijdschrift der Nederlandsche Maatschappij tot Bevordering der Geneeskunst. Januarij 1852. p. 46) hat schon PETIT ein solches Instrument in der Histoire de l'Académie royale de chirurgie 1728, beschrieben, ohne jedoch, wie es scheint, eine weitere praktische Anwendung davon gemacht zu haben.

ung der Retina für gewöhnlich unmöglich machen, in so weit aufgehoben werden, dass man unter hinreichend starker Beleuchtung ohne Weiteres das Innere und den Grund des Auges deutlich sehen können.

Es ist schon eine alte, aber unverwerthete Erfahrung, dass der Versuch dieses Resultat theoretischer Betrachtung vollkommen bestätigt. Ich finde in dem *Traité des Sens* par Mr. LE CAT, Nouvelle Edition, Amsterdam 1744, pag. 174, wo MARIOTTE'S Ansicht von der Unempfindlichkeit des Opticus und der Bedeutungslosigkeit der Retina für das Sehen, vertheidigt wird, folgende Stelle:

» *Mr. Mery plonge un chat dans un sceau d'eau et lui examina le fond des yeux; quand l'oeil est plongé dans l'eau, on voit plus distinctement les parties internes. Il vit donc que la rétine étoit aussi transparente que toutes les humeurs de l'oeil et il en conclut, que cette membrane n'étoit pas plus l'organe immédiat de la vue, que le cristallin et l'humeur vitrée, puisque les rayons la traversaient aussi facilement qu'elle traverse les autres humeurs.*«

Dieselbe Methode wendete auch BRUECKE bei seinen Untersuchungen über die Ursachen des Farbenwechsels der leuchtenden Thieraugen an, um den Grund der Augen zu sehen. (Müll. Arch. 1845, S. 391).

Schliesslich erlaube ich mir noch auf einen wesentlichen Vortheil aufmerksam zu machen, welchen das Orthoskop, abgesehen von der Leichtigkeit der Anwendung und von seiner Einfachheit, bezüglich der Beleuchtung darbietet. Bei den bisher bekannt gewordenen Augenspiegeln tritt, wie schon HELMHOLTZ angeführt, das Flammenbild, welches die Cornea zurückwirft, sehr störend hervor, wenn man sich jenen Theilen der Retina nähert, welche in der Sehaxe liegen. Die Untersuchung des gelben Fleckes und seiner Umgebung wird durch das Hornhautbildchen wesentlich erschwert. Die Intensität und mit dieser die störende Einwirkung des Hornhautbildchens wächst natürlich mit der Intensität der Beleuchtung. Dieser wichtige Uebelstand nun wird durch die Anwendung des Orthoskops gehoben. Die einzige erhebliche Spiegelung des einfallenden Lichtes findet an der vorderen Glasplatte des Instrumentes statt. Diesem Reflex kann man jedoch durch Veränderung des Einfallswinkels der Lichtstrahlen entgehen oder dadurch ganz und gar ausweichen, dass man das Auge durch die seitliche Glasplatte, (welche zu diesem Ende eine andere Neigung zu der vorderen bekommen kann), oder von oben her beobachtet, während das passend gestellte Auge durch die vordere Glasplatte beleuchtet wird. Will sich der Beobachter das Bild der Retina näher bringen

oder vergrössern, so braucht er nur eine entsprechende Linsencombination auszuwählen und vor sein Auge zu nehmen.

Die Absicht, welche ich bei der Veröffentlichung dieser Andeutungen hatte, ist erreicht, wenn die Aufmerksamkeit der praktischen Augenärzte mit Erfolg auf ein Mittel zur Untersuchung des Auges gelenkt wurde, welches — obsehon von entschiedener Bedeutung für die physikalische Diagnostik, schon einmal gänzlich in Vergessenheit gerathen war.

Nachschrift. Herr Prof. ARLT, welcher sich seit meinen ersten Mittheilungen mit unermüdlichem Eifer um die praktische Verwerthung des Orthoskops angenommen hat, liess vor Kurzem ein für ärztliche Zwecke vollkommen brauchbares Orthoskop construiren. Das Kästchen besteht aus Gutta Percha und hat nur eine gläserne Wand, welche von vorn und innen, nach hinten und aussen geneigt ist. Der Gesichtsausschnitt legt sich durch mässiges Andrücken des Apparates sehr genau an und verhindert jedes Abträufeln des Wassers. Dem Reflex von der geneigten Glasplatte entgeht der Beobachter leicht durch die passende Regulirung der Einfallsrichtung der Lichtstrahlen. Der Preis dieses Instrumentes übersteigt nicht 1 fl. C. M.

Erklärung der Abbildungen.

(Holzschnitte Seite 92.)

Fig. 1 A stellt das für das rechte Auge bestimmte Orthoskop dar; die natürlichen Dimensionen sind um mehr als das Dreifache verkleinert. a, b, c, d ist die vordere, c, d, c, f die äussere Glaswand; a, b, g, h die innere, b, c, f, h die untere Wand, an welcher letzteren der Ring o befestigt ist, der zum bequemeren Festhalten des Apparates dient. Die krumme Linie ghf ist der sogenannte Gesichtsausschnitt. Der Rand ef der äusseren Glaswand gehört im Grunde auch dazu. Der Rand gh kommt beim Anlegen des Apparates zwischen die Nase und den inneren Augenwinkel zu liegen, und reicht von dem oberen Augenhöhlenrande bis unter den unteren. Der Ausschnitt hf ist der Krümmung des Wangen- und Oberkieferknochens conform, und wird längs des unteren Augenhöhlenrandes an die Wange angedrückt. Der hintere Theil der äusseren Glaswand (bei ef) liegt flach auf dem vorderen Theile der Schläfengegend auf, indem der Rand cf weiter nach rückwärts reicht als bh . Die Ausschnitte fh und gh erscheinen an dieser perspectivischen Zeichnung in der Verkürzung, und können daher richtig nicht ganz beurtheilt werden. Ich habe deshalb in Fig. 1 B die innere Wand in voller Ansicht gegeben, und in Fig. 2 eine Durchschnitzzeichnung entworfen. Die punktirte Linie $\alpha\beta\gamma\beta'\alpha'$ entspricht der Begrenzung des Durchchnittes des Gesichtes in der Entfernung unterhalb der beiden Augenhöhlen, in welcher der hintere Rand der unteren Fläche des Apparates aufgesetzt wird. Der Vorsprung $\beta\gamma\beta'$ in der Mitte ist der Querschnitt der Nase. Den bei den Wangenkrümmungen $\alpha\beta$ (rechts) und $\alpha'\beta'$ (links) müssen nun die Ausschnitte hf und $h'f'$ entsprechen, hf ist der Wangenausschnitt des rechten, $h'f'$ jener des linken Orthoskops. Die untere Wand sowohl des rechten als des linken Orthoskops liegt in der Durchschnitzebene, kann also in ihrer natürlichen Gestalt dargestellt werden. Ich habe beide Wände so an den Durchschnitt des Gesichtes angezeichnet, wie sie sich beim Anlegen zum Gesichte verhalten. Man übersieht nicht nur das Verhältniss der Gesichtsausschnitte zu ihren Gesichtshälften, sondern auch zu einander.