

Ueber die Beobachtung einer neuen entoptischen Erscheinung.

Von
Dr. Heuse in Elberfeld.

Bei dem Studium der entoptischen Erscheinungen des Auges fiel mir, als ich den Versuch machte, die Gefässe der Netzhaut und die macula lutea in der von H. Müller angegebenen Weise zur Anschauung zu bringen, eine höchst eigenthümliche Thatsache auf, die ich in den von den entoptischen Erscheinungen des Auges handelnden Werken, so weit mir die Literatur zu Gebote stand, nicht erwähnt gefunden habe.

Wenn ich nämlich eine Kerzenflamme in einiger Entfernung von der rechten Seite meines rechten Auges auf- und abbewegte, so bemerkte ich auf meiner linken Seite constant einen Schein, der sich der Kerzenflamme entgegengesetzt bewegte und in der ganzen Gesichtsfeldperipherie wahrgenommen werden konnte, wenn ich das Licht um das Auge wandern liess. Brachte ich nun die Flamme auf ungefähr 8 Zoll Entfernung vor das Hornhautcentrum und etwa 4 Zoll seitlich, so entwickelte sich aus dem Schein ein deutliches, umgekehrtes, vergrössertes und lichtschwaches Bild der Kerzenflamme. Es war mir vollständig möglich, die Spitze der Kerzen-

flamme nach unten stehend und das breite Ende durch den Docht gespalten, nach oben wahrzunehmen. Die Entfernung von vier Fuss, in der die Erscheinung entsprechend der Entfernung der gegenüberliegenden Wand sich zeigte, konnte vermindert werden dadurch, dass zwischen Auge und Wand ein undurchsichtiger Schirm angebracht wurde. Das Bildchen folgte den Bewegungen die ich mit diesem Schirm nach vorwärts oder rückwärts vornahm. Am besten sah ich das umgekehrte Bild, wenn es sich auf der dunkeln Wand eines zweiten Zimmers befand, in welches nur seitlich einige Strahlen der Kerze fielen, während das meiste Licht durch die zwischenliegende Wand abgehalten wurde. — Näherte ich das Licht der Mittellinie des Auges, so näherte sich auch das umgekehrte Bildchen, wobei es sofort verschwommen wurde. Sobald die von dem Lichte ausgehenden Strahlen in eine gewisse Nähe zur macula kamen, oder auf die macula selbst fielen, was ich leicht beobachten konnte, da die Gefässe der Netzhaut und die macula vor das Auge projicirt waren, so verschwand das Bildchen. Bewege ich die Kerze nach aussen, so rückte das Bildchen auch nach aussen, wurde gleichfalls etwas undeutlicher, doch konnte ich immer noch die Gestalt der Kerzenflamme erkennen bis zum Verschwinden des Bildchens. Im Momente des Verschwindens trat, gewissermaassen das Bildchen ablösend, eine Empfindung ein, wie bei Fingerdruck auf die äussere Seite des Bulbus, die sich eine ganz kurze Strecke gleichnamig mit der Bewegung der Kerze fortsetzte. Bei Bewegung des Auges ging das Bildchen gleichnamig mit derselben; es waren jedoch nur sehr geringe Exsursionen gestattet. Wollte ich die macula auf das Bildchen einstellen, so floh es und verschwand alsbald.

Das zweite Bild war noch sichtbar, wenn ich schwach gebläute Gläser vor die Kerze hielt, bei Gläsern mittlerer

Bläue, wie sie in Brillenkasten zu finden sind, konnte ich es nicht mehr wahrnehmen.

Nachdem ich mich einige Zeit auf die Beobachtung eingeübt, war es mir leicht möglich, beim Oeffnen beider Augen (ich hatte zuerst nur immer das rechte gebraucht) zwei umgekehrte Bilder zu sehen und zwar am deutlichsten, wenn ich die Kerze nach unten vom Auge hielt. Es bewegten sich dann an der oberen Gesichtsfeldperipherie die beiden umgekehrten Kerzenbilder in stets gleicher Entfernung von einander, den Bewegungen der Kerze entgegengesetzt. In der Ferne waren sie grösser und weiter von einander entfernt, als in der Nähe.

Einige Male schien es mir, als ob ich ein ganz ausserordentlich schwaches Lichtbildchen noch nach aussen von der Versuchskerze wahrnehme.

Aus diesen Beobachtungen kann man folgende Schlüsse ziehen:

Bei passender Haltung einer Kerzenflamme F entsteht auf der gegenüber liegenden Retinaseite wie bekannt, das umgekehrte Bild von F , welches aufrecht projicirt wird. Zweitens wird auf der mit der Flamme gleichen Retinaseite ein aufrechtes Bild von F empfunden, welches umgekehrt nach der F entgegengesetzten Seite projicirt wird. Es bewegt sich ferner das auf der Seite von F liegende aufrechte Bild gleichnamig mit den Bewegungen von F , wird also entgegengesetzt projicirt, während das umgekehrte Bild von F sich bekanntlich entgegengesetzt den Bewegungen der Flamme auf der Retina zeichnet und also gleichnamig projicirt wird.

Es fragte sich nun, wie das aufrechte Bild von F entstand und wie die Ortsveränderung desselben auf der Retina zu erklären sei. — Man kann die Retina als Hohlspiegel auffassen. Wird auf einen Hohlspiegel ein Bild von einem Gegenstande zwischen Brennpunkt und Spiegel geworfen, so entsteht ein virtuelles Bild hinter dem

Spiegel und scheinbar von diesem Bilde aus werden die einfallenden Strahlen divergent reflectirt. Dasselbe geschieht, wenn ich das Bild einer Kerzenflamme direct auf den Hohlspiegel selbst fallen lasse. Werden nun die divergenten Strahlen des ersten Hohlspiegels auf einen zweiten geworfen, so werden von demselben diese Strahlen als umgekehrtes reelles Bild reflectirt. Man kann dies leicht experimentell folgendermaassen sehen:

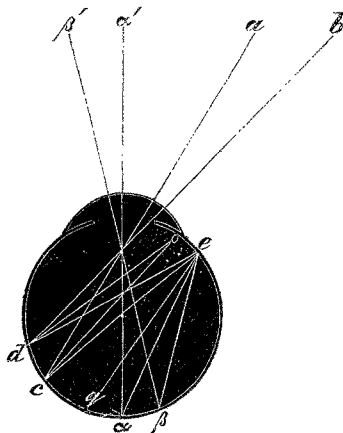
Eine Kerzenflamme 1a werde durch eine Convexlinse z. B. $+ \frac{1}{2}$ auf 4 Zoll Entfernung auf einen ebenfalls 4 Zoll entfernten Hohlspiegel geworfen, so entsteht ein umgekehrtes Bildchen auf demselben = 2a. Die Linse möge sich in einem Trichter befinden, dessen breiteres Ende die Kerze so deckt, dass keine directen Strahlen an der Linse vorbei auf den Spiegel fallen können. Die von 2a ausgehenden divergenten Strahlen mögen von einem zweiten Hohlspiegel aufgefangen werden, so sieht man ein aufrechtes Bild der Kerze 3a auf einem gegenüberliegenden Schirm entstehen. Rükte man nun 1a nach rechts, so bewegt sich, wie man leicht sehen kann, 2a nach links, 3a aber wieder nach rechts hin. Ich glaube nun, dass sich das Resultat dieses Experiments ungezwungen auf das Auge übertragen lässt. Hierbei muss ich vorausschicken, dass ich die Retina nicht als Hohlkugel auffasse.

Helmholtz sagt in Bezug auf die Form des Augapfels bei Betrachtung der Sclera (phys. Opt. pag. 4): Ihre äussere Form weicht merklich von der einer Kugel ab; ihre hintere Seite ist nämlich abgeplattet und im Aequator wird sie oben und unten, rechts und links durch den Druck der geraden Augenmuskeln etwas eingedrückt etc.

Auch andere Gründe sprechen gegen eine Kugelgestalt der Retina; es liegt deshalb auf der Hand, dass

von einem einheitlichen Centrum der Achsenstrahlen nicht die Rede sein kann.

Fig. 1.

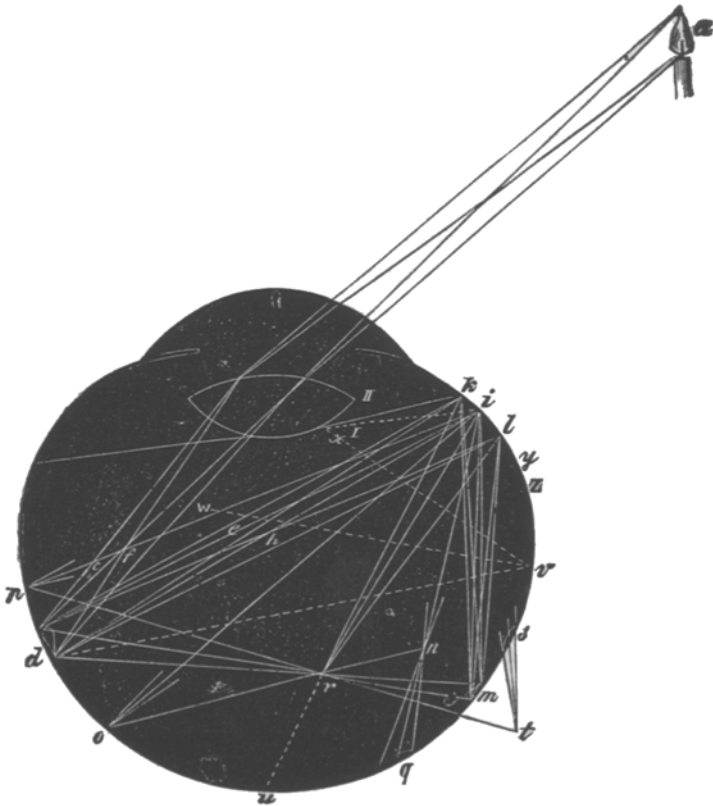


Von der Flamme b (Fig. 1) entsteht ein umgekehrtes Bild in d , das nach allen Seiten seine Strahlen aussendet. Da die Retina (*membrana limitans?*) aber auch als Spiegel wirkt, so werden von jedem Punkte, wo das dioptrische Bild entsteht, auch einige Strahlen regelmässig reflectirt und erreichen divergirend die gegenüberliegende Retinapartie in der Gegend von e . Indem die Retina hier wieder als Spiegel, und zwar als Hohlspiegel wirkt, werden diese Strahlen von Neuem zum Theil reflectirt und werden sich, weil sie vor der letzten Spiegelung divergirten, in einem Punkte, weit jenseits des Brennpunktes der Retina vereinigen. Ich nehme nun an, dass derselbe sich auf der Retina, in β , befindet und dass demnach an dieser Stelle ein aufrechtes Bildchen entsteht, welches umgekehrt nach aussen, nach β' , projicirt wird. Das Bild erscheint natürlich um so grösser, je weiter die Fläche entfernt ist, auf die man

es projicirt und in Folge des grösseren Contrastes um so heller, je dunkeler die letztere.

Figur 2 soll den Gang der Strahlen genauer illustriren:

Fig. 2.



Von der Flamme a gehe von der Spitze und Basis je ein Lichtbündel, dessen Basis dem Durchmesser der Pupille entspricht und werde auf der Retina in d wieder gesammelt. Es entsteht dann in d das umgekehrte Bild von a. Von d geht nun nach der ganzen gegenüberlie-

genden so wie theilweise seitlichen Retina Licht aus. Die Lichtkegel e und f gehen zur Lichtquelle a zurück, wie man das täglich bei dem Gebrauche des Augenspiegels ähnlich sehen kann. Die Strahlenbündel d und h sollen die gegenüberliegende Retina in k, i, l, welcher Theil zur Achse i r haben soll, treffen, so werden dieselben nach m reflectirt, wo sie ein scharfes aufrechtes Bild erzeugen. Kämen Lichtstrahlen von einem umgekehrten Flammenbildchen in o nach k, i, l, so würde der Bildpunkt in n sein und von dort die Strahlen divergent nach q weitergehen. Würde das Flammenbildchen in p stehen, so würde mit Beziehung auf k, i, l das Bild in t stehen, es treffen also convergente Strahlen die Retina in s'. Würde das Bildchen noch weiter nach n rücken, so würden die Strahlen stark zerstreut ganz in seine Nähe reflectirt; gingen sie von n aus, so würden sie in sich selbst zurückfallen. Ginge das Bild noch höher als p, so würden die reflectirten Strahlen in einem zu grossen Winkel reflectirt, um noch von der Retina wahrgenommen zu werden. — Da nun wie gesagt von d aus nach allen Seiten Licht ausgesendet wird, so fällt auch unter anderen ein Lichtkegel auf die Netzhautpartie in v, welche zum Radius v w haben soll und also nach x' hin in die Richtung der Linse geworfen werden.

Hieraus lässt sich die Erklärung der ganzen Beobachtung geben.

Danach entsteht auf der der Kerzenflamme anliegenden Retinaseite ein aufrechtes Bildchen. Dasselbe wird bekanntlich umgekehrt projecirt.

Das Bildchen verschwindet, sobald die reflectirten Strahlen des ersten Bildchens kein Bild mehr auf der Retina entwerfen. Dies geschieht, wie ich oben gezeigt, wenn ich die Flamme der Mittellinie zu sehr nähere oder von ihr entferne. Es fallen dann ja die Strahlen ent-

weder in sich zurück oder werden so nahe dem ersten Bilde reflectirt, dass sie nicht mehr gesondert empfunden werden können oder fallen drittens zu schräg auf. Dass das Bildchen beim Annähern der Kerze an die Mittellinie schneller verschwommen wird, als in entgegengesetzter Richtung, ist, wie man aus Figur 2 ebenfalls ersieht, bedingt durch Entstehen grösserer Zerstreungskreise. Die Empfindung, wie bei Druck auf den Augapfel, entsteht, wenn die Strahlen sehr schräg, also möglichst ungünstig, die Retina treffen. Dass der Weg der Strahlen dann eine entgegengesetzte Richtung, wie vorher nimmt, ist mir schwer erklärlich. Sollte es erlaubt sein, der Linse eine Ablenkung zuzuschreiben, wie Figur 2 bei dem blau gezeichneten Strahl veranschaulicht; es würde dann p dem Bilde des Strahles I., z. dem Strahle II. entsprechen.

Dass bei Bewegung des Auges nach rechts, das Bild ebenfalls nach rechts geht, ist klar, da es ja für das Entstehen des Bildes keinen Unterschied macht, ob ich die Kerze nach links bewege oder das Auge nach rechts. In derselben Weise muss das Fliehen des Bildes bei dem Versuche, es mit der macula zu fixiren, erklärt werden. Das Bild entweicht ja auch nach der Peripherie, wenn die Flamme von der Mittellinie entfernt wird. Durch das Verschwinden des Bildchens beim Vorhalten von Gläsern mittlerer Bläue wird der Grad der Abschwächung angezeigt, den das Bild noch vertragen kann, um sichtbar zu bleiben. Es ist das Quantum der Abschwächung, wie ich angedeutet, sehr gering und hieraus erscheint es mir erklärlich, dass es mir nicht gelang, bei herausgenommenen Augen weisser Kaninchen, bei denen man bekanntlich das umgekehrte Bild einer vorgehaltenen Kerze deutlich auf der hinteren Bulbuswand gezeichnet sieht, dieses zweite Bild wahrzunehmen; ebensowenig konnte ich eine Andeutung davon an Schweins-

augen bemerken, die ich theilweise der Sclera und Chorioidea beraubt hatte.

Dass das Flammenbildchen so lichtschwach erscheint, während das Bild beim Augenspiegeln verhältnissmässig stark vom beobachtenden Auge empfunden wird, ist nicht auffallend. Denn im letzteren Falle verhält sich die betreffende Stelle des Augenhintergrundes wie eine beleuchtete Fläche, während das beschriebene Flammenbildchen durch regelmässig zurückgeworfene Strahlen hervorgerufen wird, deren Quantität dem wahrscheinlich sehr geringen Unterschied im Brechungscoefficienten zwischen Retina (limitans?) und Glaskörper proportional ist. Erklärlich wird die Lichtschwäche ferner durch den zweimaligen Reflex und durch den Umstand, dass von dem ersten umgekehrten Bildchen auf das zweite aufrechte diffuse Strahlen geworfen werden, wodurch die Empfindung geschwächt werden muss.

Wenn nun auch ein stricter mathematischer Beweis für den Gang der Strahlen dann erst möglich ist, wenn die Form des Netzhaut-Hohlspiegels bekannt sein wird, so schien mir doch die von mir aufgestellte Deduction plausibel genug, um ihre Veröffentlichung zu wagen.

Vielleicht gelingt es auch, an der Hand der von mir beschriebenen Thatsache etwas über den Bau des inneren Augapfels zu eruiren.

Schliesslich bemerke ich noch, dass ich eine Myopie $\frac{1}{24}$ besitze, welche natürlich keinen abnormen Bau des Bulbus bedingt und so hoffe ich, dass es jedem Collegen leicht sein wird, die Bildchen sich zur Anschauung zu bringen.
