

Wahrnehmungen mit einem einzelnen Zapfen der Netzhaut.¹

Von

Dr. G. J. SCHOUTE,

I. Assistenten an der Universitäts-Augenklinik in Leiden.

Wenn man zwei kreisrunde Gegenstände, deren einer doppelt so groß ist als der andere, in gleicher Entfernung vom Auge betrachtet, erscheint in Uebereinstimmung mit der Wirklichkeit der eine auch doppelt so groß als der andere, weil dabei im Allgemeinen das eine Netzhautbild sich über zwei Mal so viel neben-einanderliegende Zapfen erstreckt als das andere.

Was wird aber geschehen, wenn wir uns so weit von den beobachteten Objecten entfernen, daß nicht nur das Netzhautbild des kleinen sondern auch dasjenige des großen auf einem einzigen Zapfen liegt?

Obgleich dann der Unterschied in der Anzahl der gereizten Zapfen aufgehoben ist, bleibt, wie meine Beobachtung zeigt, dennoch der Unterschied in der Größe der beiden Gegenstände sichtbar, wobei freilich vorausgesetzt werden muß, daß die Gegenstände hinreichend beleuchtet sind, was jedoch immer ohne Mühe zu erzielen ist.²

Es giebt sogar nicht nur zwei Größen, die man in dieser Weise mit einem Zapfen unterscheiden kann, sondern mindestens acht. Es ist nämlich möglich — obgleich mit Mühe und erst nach einiger Uebung — in 20 m Entfernung Größenunterschiede

¹ Die ausführliche Mittheilung der Versuche findet sich in meiner Inaugural-Dissertation: Waarnemingen met een enkelen Netvlieskegel. Leiden 1898.

² Z. B. war mir ein runder Gegenstand von 10,5 mm Durchmesser noch sichtbar in einer Entfernung von 40 m bei einer Beleuchtungsstärke von 0,0003 Meterkerzen.

wahrzunehmen zwischen Gegenständen von 1, 1,25, 1,75, 2,5, 3, 3,75, 4,25 und 5 mm Durchmesser.¹

Wie ist dieses möglich, während doch das Moment, was uns dabei gewöhnlich hilft, nämlich der Unterschied in der Anzahl der gereizten Zapfen, aufgehoben ist?

Schon VOLKMANN² hat für diese Thatsache eine Erklärung gegeben:

Wenn man die Gröfse eines Netzhautbildes berechnet, kann man zwar Dimensionen finden, welche kleiner sind als ein Zapfendurchschnitt; man darf aber dabei nicht vergessen, daß das menschliche Auge nicht fehlerfrei, sondern in hohem Grade mit Unregelmäßigkeiten behaftet ist, wodurch das Bild, das nach der Berechnung auf einem Zapfen liegen müfste, sich doch über mehrere Zapfen ausbreitet.

VOLKMANN glaubt annehmen zu können, daß selbst die kleinsten wahrnehmbaren Gegenstände noch Bilder geben, deren Zerstreungskreise auf vielen Zapfen liegen und daß somit der beobachtete Gröfsenunterschied auch dabei auf Differenz der Anzahl der gereizten Zapfen zurückgeführt werden sollte.

Herr Prof. KOSTER theilte mir mit, daß auch HERING der Meinung war, daß der Gröfsenunterschied der Zerstreungskreise unsere Wahrnehmung in diesen Fällen leitete.

Man findet dieselbe Vorstellung auch wohl sonst noch in der Literatur z. B. bei Herrn Dr. LEON ASHER, aus dessen Feder, vielleicht etwas voreilig, die Behauptung fließt, es sei durch die Zerstreung sogar unmöglich, ein Bild auf einem Zapfen der Netzhaut zu bekommen.

Nachdem ich die oben erwähnte Beobachtung von acht wahrnehmbaren Gröfsenabstufungen gemacht hatte, untersuchte ich, ob bei ungleich stark beleuchteten, aber in der Gröfse gleichen Gegenständen, deren Bilder nach der theoretischen Berechnung auch auf einen Zapfen oder einen Theil eines Zapfens fallen, noch Beleuchtungsunterschiede wahrnehmbar wären.

Es ergab sich, daß dieses bei nicht zu kleinen Unterschieden der Fall war. Bei manchen Beobachtungsreihen war es mir jedoch möglich zu zeigen, daß bei sehr kleinen Netzhautbildern Be-

¹ Der Berechnung der Bildgröfse auf der Netzhaut wurde das reducirte Auge zu Grunde gelegt.

² VON GRÄFE-SÄMISCH, Handbuch der ges. Augenheilkunde, Theil II, S. 576, Leipzig 1876.

leuchtungsunterschiede gewöhnlich als Gröfsenunterschiede aufgefaßt wurden.

Mit der Theorie der Zerstreungskreise ist auch diese Tatsache sehr gut vereinbar.

Um das stark beleuchtete Netzhautbild liegen nämlich stark beleuchtete Zerstreungskreise; um das schwach beleuchtete Bild nur schwach beleuchtete. Der Außenrand dieses schwachen Zerstreungsbildes erhält so wenig Licht, daß es keinen wahrnehmbaren Reiz liefert; bei dem stark beleuchteten Bilde dagegen ist noch Licht genug in dem Rande des Zerstreungsgebietes vorhanden, um die Zapfen merklich zu reizen: hieraus folgt, daß das Bild des schwach beleuchteten Gegenstandes weniger Zapfen als das Bild des stark beleuchteten Gegenstandes reizt.

Es ist dieses eine einfache und plausible Erklärung, die fast allgemein als die richtige angenommen worden ist.

Wenn man nun behaupten will, daß man alle Gröfsenunterschiede, welche man anscheinend mit einem einzigen Zapfen wahrnimmt, thatsächlich wahrnimmt durch den Unterschied in der Anzahl Zapfen, über welche sich die Zerstreungskreise ausbreiten, so muß man freilich voraussetzen, daß bei dem größten Gegenstande, welcher scheinbar noch mit einem Zapfen gesehen wird, die Zerstreungskreise sehr groß sind.

Wie groß diese werden können, ist bis jetzt nicht genau für alle Momente zu berechnen, aber z. B. allein durch die Chromasie des Auges wird ein Bild, daß nach theoretischer Berechnung nur $4,4 \mu$ sein sollte (ein Zapfendurchmesser) schon 50μ größer. Man wird einsehen, daß solche Dimensionen genügen, um die Gröfsenwahrnehmung beeinflussen zu können; es ist daher überflüssig, noch mehr Momente und Zahlen herbeizuziehen.¹

¹ Nach den Untersuchungen von KOSTER (*Ned. Tydschrift voor Geneeskunde* 1895 II Nr. 8 und: *Archives d'Ophthalmologie* Tome XV p. 428: Etudes sur les cônes et les bâtonnets dans la région de la fovea centralis de la rétine chez l'homme) meine ich berechtigt zu sein, den Zapfendurchmesser auf $4,4 \mu$ zu setzen.

Aufser der Chromasie habe ich bei meinen Experimenten als Ursachen der Zerstreung immer den Mangel an Aplanasie und die ungenaue Augen-einstellung berücksichtigt. Die Diffraction des Lichtes am Rande der Iris und durch den faserigen Bau der Linse kann unbeachtet bleiben, weil sie, wie von HELMHOLTZ gezeigt hat (*Physiol. Optik* 2. Aufl. S. 180) nur bei sehr

Immerhin ist doch nicht zu vergessen, daß man bei solchen Rechnungen nicht die ganze Ausdehnung der Zerstreungskreise, sondern nur denjenigen Theil zu beachten hat, welcher hell genug ist, um die Zapfen merklich zu reizen.

Man kann den Einfluß der Zerstreung sehr beschränken, indem man mit monochromatischem Lichte experimentirt oder ein Diaphragma mit sehr kleiner Oeffnung z. B. von 0,1 mm Durchmesser benutzt.

Nachdem ich mit diesen beiden Hilfsmitteln dieselben Beobachtungen wiederholt hatte, war mir der vorausgesetzte Einfluß der Zerstreung sehr zweifelhaft geworden.

Ich will das aber Alles auf sich beruhen lassen, und werde nun zeigen, wie ich entschied, daß die betrachteten Gegenstände wirklich, trotz der Zerstreung, Bilder erzeugten, deren wahrnehmbarer Theil auf einem Zapfen lag. Ich rufe noch einmal die Thatsache ins Gedächtniß zurück, daß ich bei den Gegenständen, deren Bilder, ohne Berücksichtigung der Zerstreung berechnet, kleiner als ein Zapfendurchschnitt sein sollten, noch wenigstens acht verschiedene Größen unterscheiden konnte. Ich will mich bei der folgenden Beweisführung auf die Anzahl vier beschränken.

Wenn ich die Wahrnehmbarkeit jener vier verschiedenen Größen mittels der von VOLKMANN und Anderen aufgestellte Theorie erklären will, so ist folgende Betrachtung nothwendig:

Es wäre möglich, daß das kleinste der vier Bilder, mit Inbegriff der Zerstreungskreise, auf einem Zapfen läge.

Dann müßte das zweite auf einem Zapfen und wenigstens einem Kranz Zapfen um diesen herum liegen.

Das dritte auf einem Zapfen und wenigstens zwei Kränzen Zapfen um diesen herum, und das Größte auf einem Zapfen und wenigstens drei Kränzen Zapfen um diesen herum.

In dieser Art würde ein Urtheil über die GröÙe durch Wahrnehmung der Ausdehnung des Netzhautbildes möglich werden.

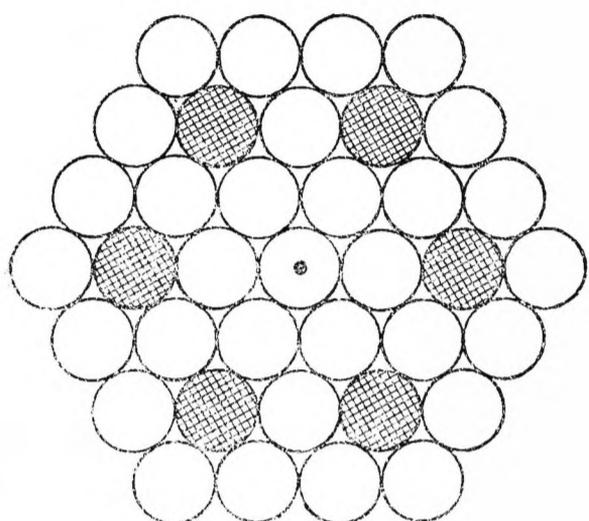
Kleiner als hier vorausgesetzt ist, kann das wahrnehmbare Zerstreungsgebiet der verschiedenen Bilder nicht sein, denn wenn das der Fall wäre, würden wir schon Bilder haben, welche

intensiven Lichtquellen in Betracht kommt. Ich habe aber Sorge getragen, meine Beobachtungen immer so anzustellen, daß sie auf jedwelches zerstreute Licht, wie auch entstanden, anwendbar sind.

auf derselben Anzahl Zapfen lägen und dennoch ungleich groß erschienen.

Ich machte nun einen Ring von Gegenständen, welche alle so groß waren als der größte der eben besprochenen Vier. Nach der genannten Voraussetzung über die Ausdehnung der Zerstreuung würde jeder dieser Gegenstände auf der Netzhaut eine Fläche mit einem Radius von 3,5 Zapfen beleuchten.

Der Durchmesser des Ringes und die Entfernung des Beobachters waren derart gewählt, daß zwischen je zwei Bildern,



welche auf demselben Durchmesser des Ringes lagen, wenn man die Zerstreuung außer Rechnung läßt, nur drei unge reizte Zapfen liegen konnten. Nebestehende Figur zeigt die Anordnung der Bilder auf der Netzhaut ohne die etwaigen Zerstreuungskreise.

Man muß dann annehmen, daß die wahrnehmbaren Theile der Zerstreuungskreise über einander fallen d. h., daß innerhalb des Ringbildes kein einziger unge reizter Zapfen mehr liegt. Das braucht uns aber nicht zu hindern, immer einen Ring zu sehen, denn dazu ist überhaupt nur nöthig, daß die im Innern liegenden Zapfen mit geringerer Intensität gereizt werden.

Ich fertigte vier dergleichen Ringe an und stellte in die Mitte eines jeden von ihnen einen der vier Gegenstände, welche ich ohne diesen umgebenden Ring als verschieden groß hatte wahrnehmen können. Es zeigte sich dabei, daß auch unter diesen Umständen derselbe Größenunterschied wahrnehmbar war.

Hieraus geht hervor, daß VOLKMANN'S Erklärung nicht richtig sein kann.

Denn die Zerstreuungskreise der leuchtenden Flächen des Ringes mischen sich nun ganz mit jenen inneren Bildchen und also würden wir jetzt nicht mehr über die Größe der innerhalb des Ringes gestellten Gegenstände urtheilen können.

Daß wir es wohl können, beweist, daß wir bei diesen kleinen Gegenständen also nicht, wie im Allgemeinen bei der Größenwahrnehmung, unser Urtheil bilden aus der Ausdehnung des Netzhautindrucks (und zwar in Zusammenhang

mit unserem Urtheil über die Entfernung, in welcher der Gegenstand sich befindet), sondern daß ein ganz anderes Moment hier unser Größsenurtheil bestimmt.

Denn wollte man bei der Auffassung VOLKMANN's beharren, so würde man zu der absurden Meinung kommen, daß der Zapfen wahrnehmen könnte, ob ein oder zwei Bilder über ihn irradiiren; und welcher Theil des Lichtes von dem einen Gegenstand käme und welcher vom anderen.

Es muß also bei Betrachtung des größten der vier innerhalb der Ringe befindlichen Bilder dieses vom Bilde des Ringes noch durch einen Kranz weniger gereizter Zapfen getrennt sein, m. a. W. es kann sogar das größte der vier Bilder, sammt dem wahrnehmbaren Theil der Zerstreungskreise höchstens so groß sein als ein Zapfendurchschnitt.

Bei dieser Beweisführung war die Ausdehnung der vier Bilder mit ihren Zerstreungskreisen so klein wie möglich gewählt.

Wählt man die Radien der Zerstreungskreise größer als hier gethan, so wird Alles was innerhalb des Ringes liegt noch stärker gereizt und immer fallen doch auch die Zerstreungskreise der Mittelbilder auf bereits beleuchtete Partien der Netzhaut, weil der Ring zusammengesetzt ist aus Gegenständen, welche so groß sind als der größte der vier Mittelgegenstände, und weil die Bilder jenes Ringes Zerstreungskreise haben, welche sich weiter ausdehnen als die Zerstreungskreise des im Inneren des Ringes aufgestellten Gegenstandes.

Der Beweis ist also in allen Fällen gültig, wie groß auch immer die Zerstreungskreise sein mögen.

Es macht daher auch gar nichts aus, durch welche Momente das Licht im Auge zerstreut wird, oder in wie großem Maasse dies geschieht.

In gleicher Weise zeigte sich, daß die Zerstreungskreise keinen Einfluß üben bei Gegenständen, welche gleich groß aber verschieden stark beleuchtet sind, und welche uns jetzt durch diesen Beleuchtungsunterschied ungleich groß erscheinen.

Das Phänomen änderte sich nämlich nicht, wenn ich die gleich großen ungleich stark beleuchteten Gegenstände in die oben beschriebenen Ringe stellte: unter diesen Umständen muß, theoretisch gesprochen, jedes der Bilder auf einem Zapfen liegen, und, wie wir gerade bewiesen haben, ist das auch wirklich der Fall; dann kann auch in diesen Fällen die Wahrnehmung der

Größenunterschiede nicht dadurch verursacht werden, daß der wahrnehmbare Theil der Zerstreuungskreise sich bei einem stark beleuchteten Bilde über mehr Zapfen ausdehne als bei einem schwach beleuchteten.

Auf eine eigenthümliche Erscheinung muß ich hier noch aufmerksam machen: Wenn der Gegenstand innerhalb des Ringes kleiner erscheint, sehen wir den Abstand zwischen diesen Beiden nicht größer werden, sondern gleich bleiben: die ganze Figur muß uns also etwas kleiner scheinen. Dies war auch wohl zu erwarten, da wir wissen, daß bei abnehmender Beleuchtung die Sehschärfe nicht zunimmt, sondern dieselbe bleibt oder abnimmt, wenn eine gewisse Stufe überschritten wird.

Ich habe diese Erscheinung auch noch studirt an drei in einer Reihe aufgestellten kreisrunden Gegenständen, deren Bilder gleich einem Zapfendurchschnitt waren und welche so weit von einander entfernt waren, daß zwischen je zwei gereizten Zapfen ein ungereizter lag. Eine solche Linie erscheint uns stark beleuchtet viel größer als schwach beleuchtet; die einzelnen Gegenstände erscheinen uns bei beiden Linien aneinander liegend, die Zwischenräume sind also in beiden Linien scheinbar gerade gleich Null, Irradiationseinfluß ist also auch hier auszuschließen.

Ich stellte diese Untersuchungen erst an mit beleuchteten Gegenständen auf dunklem Hintergrund und dann mit schwarzen Objecten auf hellem Felde.

Bei Beiden mit demselben Ergebnisse.¹

Bei meinen Versuchen, die Erscheinungen zu erklären, berücksichtigte ich die unwillkürlichen kleinen Bewegungen, welche man bei jedem Fixiren mit Kopf und Auge macht; dadurch nämlich wäre es möglich, daß die Ausdehnung der Zerstreuungskreise Einfluß übe, trotzdem ihr wahrnehmbarer Theil auf einer gleichen Anzahl Zapfen resp. auf einem Zapfen läge.

Wenn ein stark beleuchtetes Bild ein größeres wahrnehmbares Zerstreuungsgebiet hat als ein ebenso großes Bild, das weniger stark beleuchtet ist, und wenn jedes der beiden Bilder

¹ Zur Darstellung der Ersteren machte ich kreisrunde Oeffnungen in mattem, schwarzem Carton, überzog diese mit Seidenpapier und beobachtete das Ganze mit durchfallendem Lichte; die Letzteren bekam ich, indem ich einen innen matt schwarz angestrichenen Kasten mit einem weißen Deckel schloß, in dem kreisrunde Oeffnungen gebohrt waren. Der Deckel wurde dann bei auffallendem Lichte betrachtet.

auf einem Zapfen liegt, wird durch die kleinen Bewegungen, welche man beim Fixiren mit Kopf und Auge macht, das gröfsere Bild eher den benachbarten Zapfen in Reizung setzen als das kleinere.

Dieser Unterschied in der Zeit oder in der Ausdehnung der zu dieser neuen Reizung erforderlichen Bewegungen könnte ein Urtheil über Gröfse geben.

Dafs wir aber hierin nicht das urtheilbedingende Moment zu suchen haben, wird bewiesen durch folgenden Versuch.

Eine gewisse Lichtmenge vertheile man auf einen Ring, der gerade noch auf einem Zapfen Platz finden kann; bei der geringsten Bewegung von Kopf oder Auge wird dann dieses Bild auch einen benachbarten Zapfen erregen. Eine gleiche Lichtmenge vertheile man auf einen Kreis von gleicher Oberfläche als der Ring (dessen Bild dann auch dieselbe Lichtstärke wie der Ring hat); dieses Bild wird sich, weil es kleineren Durchmesser als das Bild des Ringes hat, noch einigermaafsen hin und her schieben können, ohne einen benachbarten Zapfen zu erregen.

Wenn nun die kleinen Bewegungen von uns zum Urtheilen benutzt würden, müfste der Ring gröfser erscheinen als der Kreis. Sie erscheinen uns aber gleich grofs, womit bewiesen ist, dafs dieses Moment nicht benutzt werden kann.

Ein falsches Urtheil über die Entfernung, worin sich die betrachteten Gegenstände befanden, ist auch nicht im Spiele.

Wir kommen also zu folgendem Schlusse:

Es hat sich gezeigt, dafs wir bei der Beurtheilung der Gröfse von Gegenständen, deren Bilder theoretisch berechnet auf einem Zapfen liegen, nicht mehr eine gröfsere oder kleinere Ausdehnung des Netzhautbildes benutzen; überdies hat sich gezeigt, dafs keine einzige physikalische Erklärung hier in Anwendung zu bringen ist. Weil auferdem gezeigt worden ist, dafs Unterschiede der Lichtintensität bei diesen kleinen Gegenständen den Eindruck machen von Gröfsenunterschieden, so dürfen wir eine psychologische Erklärung annehmen und zwar diese:

Wenn ein einzelner Zapfen gereizt wird, wird unser Urtheil über die Gröfse des Gegenstandes, von welchem das Licht herkommt, bestimmt durch die Lichtmenge.

Eine starke Reizung macht den Eindruck, es sei ein grofser Gegenstand da; eine schwache Reizung den Eindruck eines kleineren.

Wird der Unterschied in Reizstärke verursacht durch Gröfsenunterschied der Gegenstände, so ist unser Urtheil zufälliger Weise richtig; wird aber jener Unterschied verursacht durch Unterschied in objectiver Lichtintensität der Gegenstände, so ist unser Urtheil falsch.

Wir beurtheilen hierbei natürlich nicht die absoluten Lichtquantitäten, welche den einzelnen Zapfen erreichen, sondern den Reizunterschied zwischen diesem und den umgebenden Zapfen. Wenn dieser Unterschied groß ist, sehen wir einen größeren Gegenstand; wenn er klein ist, so sehen wir einen kleineren. Wir sehen einen leuchtenden Punkt oder einen dunklen, je nachdem der Zapfen stärker oder schwächer als seine Umgebung erregt wird. Ob das Licht über einen kleineren oder über einen größeren Theil jenes Zapfens ausgebreitet liegt, macht für unsere Wahrnehmung gar nichts aus.

Wenn wir also zwei Gegenstände haben, deren einer doppelt so groß ist als der andere, und wenn beide gleich stark beleuchtet sind, bekommen wir, wenn jedes der Bilder auf einen Zapfen fällt, den Eindruck von zwei Lichtmengen, deren eine doppelt so groß ist als die andere.

Den nämlichen Eindruck bekommen wir, wenn wir zwei Gegenstände betrachten, von welchen zwei gleich große Bilder auf je einem Zapfen entworfen werden, von denen aber der eine doppelt so stark beleuchtet ist als der andere.

In beiden Fällen glauben wir zwei runde Gegenstände zu sehen, welche gleich stark beleuchtet sind und deren einer zweimal so groß ist als der andere.

Auch die Form der Gegenstände macht gar nichts aus; sie kann von der einfachsten bis zu der verwickeltsten wechseln, die Wahrnehmung bleibt immer dieselbe.

Man könnte sich wundern, daß ein Unterschied in der Stärke eines Lichtreizes durch unser Urtheil als Unterschied in der Ausdehnung gedeutet wird.

Die folgende Ueberlegung scheint mir darüber einige Aufklärung zu geben: Gröfsenunterschiede fehlen fast bei keiner Wahrnehmung; bei den einfachsten Betrachtungen handelt es sich fast immer um die Wahrnehmung von Dimensionen.

Beleuchtungsunterschiede dagegen treten viel weniger in den Vordergrund, und wenn sie bei einer Wahrnehmung nicht ganz außer Betracht bleiben, so haben wir in unserem tagtäglichen

Leben doch viel weniger damit zu schaffen als mit der Beurtheilung von Gröfsenunterschieden.

Wir sind dadurch geneigt, eine zweimal stärkere Empfindung als von einem zweimal gröfseren Gegenstande herkommend zu deuten.

In ähnlicher Weise wäre es zu erklären, dafs uns alle Gegenstände, deren Bilder auf einem Zapfen liegen, rund erscheinen: das Urtheil breitet nämlich die Lichtmenge über die einfachste Fläche d. h. über einen Kreis aus.

Die Hauptsache dieser Betrachtungen kann man zusammenfassen in dem Satze:

Bei Bildern, die auf einem Zapfen liegen, kommt nur das Product aus Oberfläche und Lichtstärke für den Gröfseneindruck in Betracht.

In einer italienischen Publication¹, welche mir leider im Original nicht vorliegt, giebt A. RICIO denselben Satz mit der Beschränkung: „auf der Grenze des Wahrnehmbaren“, womit genannter Autor meint: bei Bildern, die höchstens auf ungefähr zwei Zapfen liegen.

Ich kann die Behauptung RICIO's nach meinen Experimenten völlig bestätigen; ich habe versucht, ob die Wörter „auf der Grenze des Wahrnehmbaren“ durch eine etwas genauere Definition zu ersetzen wäre, doch habe ich darauf verzichtet, denn wenn die Netzhautbilder gröfser sind als zwei Zapfen, ist es mir deutlich, dafs ich mein Urtheil bilde aus der Ausdehnung des Netzhautbildes; dagegen wenn sie kleiner sind als ein Zapfen zweifelsohne aus der Lichtmenge; wenn sie aber zwischen ein und zwei Zapfen grofs sind, ist mein Urtheil schwankend, so dafs ich nicht mit Gewifsheit sagen kann, ob ich dann die Gröfse nach der Lichtmenge oder nach der Ausdehnung des Bildes beurtheile.

Indem bei beleuchteten Bildern auf schwarzem Grunde die Gröfse beurtheilt wird nach der Lichtmenge, welche den Zapfen trifft, wird bei schwarzen Bildern auf beleuchtetem Grunde die Gröfse beurtheilt nach der Lichtmenge, welche auf den Zapfen weniger fällt als auf die Umgebung.

Dadurch scheint von zwei gleich grofsen Gegenständen der stärkst beleuchtete am gröfsten, wenn der Grund dunkler ist als

¹ Relazione fra il minimo angolo visuale e l'intensità luminosa, *Annali d'Ottalmologia* Anno VI Fasc. III, 1877.

jene zwei; und der schwächst beleuchtete am grössten, wenn der Grund heller ist als jene zwei Gegenstände.

Mit einigen Worten möchte ich noch die Wichtigkeit dieser Wahrnehmungen betonen.

Hauptsache ist, daß hier die Rede ist von Erscheinungen, welche mit Hülfe des Urtheils erklärt werden müssen. Wir betreten damit das Gebiet der von HELMHOLTZ sogenannten unbewußten Schlüsse, denen HERING und seine Schüler hartnäckig das Recht zum Dasein verweigert.¹ Ich glaube bewiesen zu haben, daß wir in einzelnen Fällen bei der Betrachtung von gewissen Helligkeiten und Gröfsen wesentlich den sogenannten Fälschungen des Urtheils ausgesetzt sind.

Sehr starke Beleuchtung ist bei meinen Erwägungen stets aufser Betracht geblieben, denn daß dabei das zerstreute Licht zur Wahrnehmung kommt, kann von Niemand angezweifelt werden: ich brauche nur als Beispiel an das Lichtbild zu erinnern, das wir von der Sonne bekommen, oder von strahlenden Sternen, bei welchen auf den im Dunklen sehr empfindlichen Netzhautelementen in der Umgebung des getroffenen Zapfens gerade das zerstreute Licht dem Bilde das sternartige Ansehen verleiht.

Was zum Schlusse die oben citirte Arbeit von Dr. LEON ASHER betrifft, so gründen sich die darin verzeichneten Ergebnisse auf Versuchen von VOLKMANN², welche später von AUBERT wiederholt worden sind und wobei letztgenannter Autor selber den Beweis liefert, daß die Schlüsse VOLKMANN'S auf die wirkliche Gröfse der Netzhautbilder illusorisch sind.³

Das Wesentliche dieser Versuche ist, daß ein Gegenstand von 2 mm Breite betrachtet wird durch einen Makroskop, das einen willkürlichen Grad von Verkleinerung gestattet. Es zeigte sich, daß bei allen Graden der Verkleinerung das Bild doch immer gleich groß erschien; hieraus wurde der Schluß gezogen: es giebt eine untere Grenze für die Dimensionen eines wahr-

¹ Vergleiche z. B.: E. HERING, *Zur Lehre vom Lichtsinne* S. 8 und 10; und L. ASHER, *Zeitschrift für Biologie* XXXV, S. 400.

² VOLKMANN. *Physiologische Untersuchungen im Gebiete der Optik* 1863 und 1864.

³ VON GRÄFE-SÄMISCH. *Handbuch der gesammten Augenheilkunde*. Leipzig 1876. Th. II, S. 583.

nehmbaren Netzhautbildes; es ist nicht möglich ein kleineres Netzhautbild als von 1 bis 2 Zapfendurchschnitten zu erzeugen.

Was aber macht der Makroskop?

Weil immer derselbe Gegenstand mit derselben Beleuchtung beobachtet wurde, vertheilte man mit dem Makroskop immer genau dieselbe Lichtmenge über abwechselnd gröfsere oder kleinere Theile der Netzhaut und zwar bei den ASHER'schen Versuchsreihen über einen oder zwei Zapfen.

Dafs also der Gegenstand immer gleich grofs erschien, wie sehr auch die Verkleinerung sich änderte, ist eine logische Folgerung aus den in den vorliegenden Seiten niedergelegten Beobachtungen, wobei sich zeigte, dafs in dergleichen Fällen nur das Product aus Oberfläche und Lichtstärke entscheidend ist für die Wahrnehmung.

Es beweist keineswegs, wie ASHER will, dafs es unmöglich ist, ein Bild auf einem Zapfen zu entwerfen.

Im Gegentheil meine ich bewiesen zu haben, dafs es gar keine Mühe erheischt, ein Bild auf einem Zapfen zu bekommen.

Doch freue ich mich dem genannten Autor nachrühmen zu können, dafs auch er schliesslich zu dem Ergebnisse kommt, dafs bei sehr kleinen Netzhautbildern die Gröfsenwahrnehmung von der Lichtmenge abhängig ist, was gewifs beweist, wie objectiv er seine Untersuchungen ausgeführt hat.

Herrn Prof. KOSTER will ich an dieser Stelle für die Ueberlassung dieser Untersuchungen und das rege Interesse, welches er mir bei der Abfassung dieser Arbeit stets zu Theil werden liefs, meinen ergebensten Dank sagen.

(Eingegangen im Juli 1898.)
