I. *Theorie zur Berechnung der von mir gemessenen Zerstreuungskreise des Lichts, bei fehlerhafter Accommodation des Auges;*

von Dr. A. W. Volkmann,

Professor der Physiologie in Dorpat.

In dem 1836 von mir herausgegebenen Werkchen: Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes, habe ich gegen Treviranus die alte Lehre zu vertheidigen gesucht, daß das Auge, wenn es fehlerhaft accommodirt sey, das von einem Punkte ausgehende Licht keineswegs in einem Punkte der Netzhaut vereinige, sondern in einem mehr oder weniger großen Kreise zerstreue. Ich bin noch weiter gegangen und habe dieses Mehr oder Weniger mathematisch zu bestimmen gesucht, indem ich einen Weg gefunden hatte, auf welchem sich die Größe des Zerstreuungskreises für jeden gegebenen Fall berechnen ließe. Seit der Publication des angeführten Werkchens ist mehreres geschehen, was die Streitfrage, ob das Auge ein Accommodationsvermögen besitze oder nicht, zum Schlusse bringen dürfte. Zuvörderst hat Kohlrausch in einem besonderen Schriftchen: Ueber Treviranus, Ansichten vom deutlichen Sehen in die Nähe und Ferne, Rinteln 1836, nachgewiesen, daß die von Treviranus versuchte mathematische Demonstration, daß dem Auge ein Accommodationsvermögen nicht zukomme, *völlig fehlerhaft* sey, indem Treviranus gewisse mathematische Formeln mißverstanden und auf verkehrte Weise benutzt habe. Dieser in dem Munde eines Mathematikers gewichtige Ausspruch ist von Fechner bestätigt worden, welcher Kohlrausch's Abhandlung im Repertorium der gesammten

deutschen Literatur, 11. Band S. 140, angezeigt und als entscheidend gegen Treviranus anerkannt hat.

Hiernächst habe ich selbst meine frühere Arbeit von der Seite revidirt, welche den meisten Einwürfen ausgesetzt schien, und habe die früher gewonnenen Resultate im Wesentlichen bestätigt gefunden. Hierüber zu berichten, ist der Zweck dieses Aufsatzes, doch muß ich mir erlauben, aus meiner früheren Arbeit dasjenige zu wiederholen, was zum Verständniß der gegenwärtigen unumgänglich nöthig ist.

Ich habe bewiesen (a. a. O. Cap. IV.), daß es im Auge einen Punkt gebe, in welchem sich alle diejenigen geraden Linien kreuzen, welche von irgend einem leuchtenden Punkte bis zu dem Netzhautbildchen desselben gedacht werden können. Ich habe jenen Punkt Drehpunkt genannt, weil ich fand, daß das Auge bei seiner Bewegung um denselben gedreht wird, und diese Linien nannte ich Richtungslinien, theils, weil sie die Richtung wirklich bestimmen, welche die verschiedenen Strahlen eines Lichtkegels nehmen müssen, um in einem Punkte der Netzhaut zusammenzukommen, theils, weil es eines neuen Namens für diese Linien bedurfte, da sie mit den Achsenstrahlen der Lichtkegel nicht zusammenfallen. Die Benützung eines besonders hierzu construirten Instrumentes (Gesichtswinkelmesser) belehrte mich, daß bei dem Menschen der Drehpunkt im Mittel 0",466 hinter der Hornhaut und 0",353 vor der Netzhaut, in der Längsaxe des Auges liege.

Kennt man nun die Lage des Drehpunktes im Auge, so läßt sich für jedes Object von gegebener Größe und gegebener Entfernung die Größe seines Netzhautbildchens berechnen. Es sey in Fig. 1 Taf. II $l p$ das beobachtete Object, $l' p'$ das Netzhautbildchen desselben, c der Drehpunkt des Auges. Es sey ferner das Auge in Bezug auf das Object so gestellt, daß der Richtungsstrahl ll' gleich dem Richtungsstrahl pp' , so ist $p'l'$ proportional $p l$, das

heißt $p'l' : pl = p'c : cp$, in so weit nämlich, als wir bei kleinen Netzhautbildern den Kreisabschnitt $p'l'$ als geradlinig betrachten dürfen. Hiermit sind alle Bedingungen zu einem Regel de Tri Exempel gegeben, mittelst dessen sich aus der gegebenen GröÙe des Objectes lp und seiner gemessenen Entfernung vom Drehpunkte die GröÙe des Netzhautbildchens $p'l'$ berechnen läßt:

$$\frac{p'c \times lp}{pc} = p'l'.$$

LäÙt sich die GröÙe der Netzhautbildchen berechnen, so läÙt sich auch die GröÙe der Zerstreuungskreise berechnen, falls solche vorkommen. Gesetzt, der leuchtende Punkt n (Fig. 1) hätte in Folge fehlerhafter Accommodation des Auges, statt eines Punktes einen Zerstreuungskreis von dem Durchmesser $p'l'$ gebildet, so müÙte statt eines leuchtenden Punktes eine leuchtende Scheibe zur Erscheinung kommen. Man denke sich, der leuchtende Punkt n stehe auf dem Hintergrunde PP , so kann kein Zweifel seyn, daÙ der Zerstreuungskreis $p'l'$ eine Gesichterscheinung bedinge, welche von dem ganzen Hintergrunde PP den Theil lp decke. In sofern nun das Zerstreuungsbild (so will ich den gedeckten Theil lp des Hintergrundes nennen) meßbar ist, muß der Zerstreuungskreis $p'l'$ berechenbar seyn.

Um nach den angegebenen Principien Versuche anzustellen, ist es wünschenswerth, ein Zerstreuungsbild von scharfen Conturen zu haben, weil nur dann die GröÙe des objectiven Raumes, den es deckt, mit Präcision meßbar ist. Die scharfen Gränzen erhält man aber durch einen Kunstgriff, welchen Scheiner entdeckt hat.

Wenn man in der Distanz einer Pupillenweite zwei kleine Löcherchen durch einen undurchsichtigen Körper (ein Kartenblatt) sticht, und durch diese Löcherchen einen Punkt betrachtet, so erscheint dieser doppelt, wenn er dem Auge zu nahe oder zu fern liegt. Der von dem betrachteten Punkte ausgehende Lichtkegel wird, statt auf

der Netzhaut, im ersteren Falle hinter ihr, im letzteren schon vor ihr vereinigt, und sollte demnach auf der Netzhaut, statt eines Punktes, eine Scheibe (Zerstreuungskreis) bilden. Eine solche Scheibe würde sich auch bilden, wenn die ganze Pupille frei wäre, da aber der vor dem Auge befindliche undurchsichtige Körper (die durchlöchernte Karte) die ganze Pupille, mit Ausnahme zweier Punkte, bedeckt, so formiren sich statt einer Lichtscheibe zwei kleine beleuchtete Pünktchen. Es ist einleuchtend, daß diese beiden Pünktchen nichts anderes sind, als die Granzpunkte desjenigen Zerstreuungskreises, der stattfinden müßte, wenn der undurchsichtige Theil zwischen den beiden Löchern das für die Mitte der Scheibe bestimmte Licht nicht abschnitt. Es ist demnach ganz gleichgültig, ob man den Diameter eines Zerstreuungsbildes, oder die Distanz der Doppelbilder in Scheiner's Versuch mißt, letztere aber gewähren den verlangten Vorthail scharfer Umrisse.

Ich experimentirte nur auf folgende Weise: Ich nahm ein Brettchen, welches an der einen schmalen Seite in der Art ausgeschnitten war, daß der Ausschnitt dem Quercontur des Gesichts entsprach und mit Bequemlichkeit an dieses, gleich unter den Augen, angedrückt werden konnte. Auf der Länge des Brettchens, über welche das eine Auge hinvisirte, wurde eine gerade Linie so verzeichnet, daß sie eine Fortsetzung der Augenaxe bildete. Auf dieser Linie wurde ein Haar lothrecht aufgerichtet, um das Object abzugeben, welches unter fehlerhafter Accommodation betrachtet werden sollte. Unmittelbar vor dem Auge war, ebenfalls lothrecht, eine Metallplatte aufgerichtet, welche die beiden Löcherchen enthielt, und zugleich einen Stützpunkt für die Stirn gewährte, durch welchen eine gleichbleibende Entfernung des Auges vom betrachteten Object ermöglicht wurde. Endlich war 12 Zoll vom Auge, wiederum lothrecht, ein Maafsstab angebracht, auf welchem, nach einer bekannten Eintheilung durch

Diagonallinien, der Nonius bezeichnet war. Fixirte ich nun durch die beiden Löcherchen den Maafsstab, so sah ich das Haar, als zu nahe gelegenes Object, doppelt und konnte die Distanz der Doppelbilder in dem Maafsstabe sogleich bestimmen, und zwar mit ziemlicher Genauigkeit bis auf Hunderttheile des Par. Zolles. War nun das Haar durch ein Paar Löcherchen von 1" Distanz und unter einer Entfernung von 2",1 betrachtet worden, so war die scheinbare Distanz der Doppelbilder auf dem 12",1 entfernten Maafsstabe 0",43; demnach war die Distanz der Netzhautbilder 0",01208, und da das Haar, als 0",002 im Durchmesser haltend, ohne eintretende Zerstreuung des Lichtes nur ein Bild von 0",00028 Diameter hätte bilden können, so war der Diameter des Zerstreuungskreises in diesem Falle 0",01180.

Ich habe in meinen Beiträgen, S. 136, Tabellen mitgetheilt, in welchen für zahlreiche Fälle die Gröfsen der Zerstreuungskreise berechnet sind. Aus dem Vorausgeschickten mufs nun ersichtlich seyn: erstens, dafs für jeden gegebenen Fall eine besondere Beobachtung, zweitens für alle Fälle zusammengenommen ein gemeinsames Princip der Berechnung nöthig war. Demnach könnten die von mir berechneten Gröfsen der Zerstreuungskreise aus doppeltem Grunde falsch seyn, nämlich entweder, wenn die angestellten Beobachtungen ungenau; oder wenn die der Rechnung zu Grunde liegenden Principien an sich nicht richtig wären. Es ist hier nicht die Absicht, eine Bestätigung der Grundsätze der Rechnung zu geben, deren Richtigkeit innerhalb gewisser Gränzen nach früheren Mittheilungen kaum zweifelhaft ist ¹⁾, die Absicht der gegen-

1) Ganz unangreifbar, dünkt mich, sind diese Grundsätze von Seiten ihrer logischen Anwendung, dagegen ist die Bestimmung des Drehpunktes (s. oben), von welchem die ganze Rechnung abhängt, nur innerhalb gewisser Gränzen genau. Der Leser wird nicht verkennen, dafs dieser Mangel absoluter Genauigkeit bei gegenwärtiger Untersuchung gleichgültig ist. Die Aufgabe besteht nicht darin, die Gröfse

wärtigen Arbeit geht dahin, zu erforschen, welche Kenntniss von der Structur des Auges nothwendig sey und genüge, um die Grösse aller von mir gemessenen Zerstreuungskreise *a priori* zu berechnen, und durch Vergleichung der *gemessenen* und *berechneten* Grössen mit einander zuvörderst die Realität einer stattfindenden Lichtzerstreuung und dann die Genauigkeit in der Messung der Zerstreuungskreise zu prüfen.

Eine solche Prüfung kann vollständig nur dadurch ausgeführt werden, dass die Beobachtungen, welche sich auf die Zerstreuungskreise beziehen, von der Theorie ganz ausgeschlossen bleiben, und blofs diejenigen Beobachtungen, welche sich auf die Gestalt und das Brechungsvermögen des Auges beziehen, eingeführt werden, um die Grösse der Zerstreuungskreise zu berechnen. Auf diese Weise ist die *Berechnung* der Zerstreuungskreise von ihrer *Messung* ganz unabhängig, und die Vergleichung beider mit einander kann wirklich über die Richtigkeit der Theorie und über die Genauigkeit der Messungen entscheiden.

Auf das Interessante einer solchen Untersuchung machte mich zuerst Herr Professor W. Weber (früher in Göttingen) aufmerksam; auch verdanke ich seiner Gefälligkeit die Formeln und Gleichungen, welche den nachfolgenden Berechnungen zum Grunde liegen. Bevor ich

eines Zerstreuungskreises mit absoluter Genauigkeit zu messen, sondern die Differenz der Zerstreuungskreise in verschiedenen Fällen des mangelhaften Sehens nachzuweisen. Gesetzt, eine mangelhafte Bestimmung des Drehpunktes veranlasste eine fehlerhafte Berechnung des Zerstreuungskreises, so würde ganz derselbe Fehler in allen Berechnungen wiederkehren, und würde demnach ohne Einfluss seyn auf die Proportionen zwischen den Zerstreuungskreisen, die eben gesucht werden. Die ganze Lehre vom Drehpunkte und seiner Lage ist kürzlich von Miele angegriffen worden (diese Annal. Bd. XXXXII. S. 37), indess wird es mir, wie ich hoffe, gelingen, in dem unter No. II folgenden Aufsätze die Richtigkeit meiner früheren Beobachtungen zu erweisen.

diese mittheile, ist es nöthig, einige Bemerkungen einzuschalten, ohne welche der Ideengang meines scharfsinnigen Freundes mißverstanden werden könnte.

Wollte man die Größe der Zerstreuungskreise der Lichtkegel im Auge aus dem Brechungsvermögen desselben berechnen, so müßte man nicht nur das Verhältniß der verschiedenen brechenden Mittel zu einander (also z. B. die Dimensionen ihrer Schichten), sondern man müßte auch die Gestalt derselben vollkommen kennen, eine Kenntniß, welche uns bekanntlich noch abgeht. Hiernach könnte es scheinen, als ob die Größe der Zerstreuungskreise überhaupt nicht berechnet werden könnte. Indefs leuchtet bald ein, daß man die Rechnung vereinfachen kann, wenn man auf absolute Genauigkeit verzichten und mit genäherten Verhältnissen sich begnügen will. Meine Messungen über den Kreuzungspunkt der Lichtstrahlen im Auge führen aber darauf, wie die Vereinfachung der Rechnung am zweckmäßigsten einzurichten sey, wie sich sogleich ergeben wird.

Die Thatsachen, welche einer Theorie der Brechung im Auge und der Berechnung der Zerstreuungskreise zum Grunde gelegt werden müssen, sind folgende:

- 1) Die Achsenstrahlen schneiden sich *nahe* im Mittelpunkt der Kugel des Augapfels.
- 2) Bei gemessenen Entfernungen, sowohl des Objectes, als der Netzhaut, von jenem Mittelpunkte, war das Bild auf der Netzhaut *deutlich*.

Man kann nun den Einfluß, den die Gestalt der Hornhaut und der Linse im Einzelnen hat, zur Vereinfachung der Rechnung vernachlässigen, und sich das Auge als eine Kugel von homogener brechender Substanz denken. Die zweite angegebene Thatsache giebt dann das Brechungsvermögen dieser Kugel an die Hand, welches mit der bekannten Größe des Kugelhalbmessers zur Berechnung der Zerstreuungskreise vollkommen ausreicht.

So gröblich dem ersten Anblick nach jene Annahme,

dafs das Auge eine Kugel von homogener brechender Substanz sey, erscheinen mag, so thut doch die darauf gegründete Rechnung, wie man finden wird, den feinsten Messungen, die ich gemacht habe, genug, und es steht kaum zu hoffen, dafs diese Messungen bald so vervollkommenet werden sollten, dafs daraus sich derartige feinere Bestimmungen über den inneren Bau des Auges ableiten liessen, welche mit Recht und Vortheil jener ersten und gröblichen Näherung substituirt werden könnten. Diese letztere wird daher lange Zeit den physiologischen Betrachtungen über das Auge zu Grunde gelegt werden können, und dabei ihrer Einfachheit wegen den grofsen Vortheil leichter Uebersicht gewähren.

Es stelle nun in Fig. 2 Taf. II. O den Drehpunkt des Auges vor, in welchem sich die Achsenstrahlen aller Lichtkegel schneiden, E sey ein dem Auge zu nahe liegender Lichtpunkt, welcher seine Strahlen durch zwei Löcherchen DD'' der dem Auge vorgehaltenen Karte KK zur Netzhaut schickt. Diese Strahlen werden nicht auf der Netzhaut, sondern erst hinter ihr in dem Punkte A vereinigt, treffen also die Netzhaut an zwei verschiedenen Punkten BB'' , wodurch in der Empfindung ein Doppelbild gesetzt wird. F bedeutet einen Punkt, welcher innerhalb der Grenzen des Scharfsehens, also so liegt, dafs die von ihm ins Auge fallenden Strahlen in einem Punkte der Netzhaut vereinigt werden. Zum leichteren Ueberblick sey:

$$\begin{aligned} OF &= a & OE &= a' & CC'' &= c & \dot{O}C' &= r \\ OB' &= \alpha & OA &= \alpha' & BB'' &= x & CD' &= m \\ & & & & & & DD'' &= p. \end{aligned}$$

Nach Angabe des Herrn Professor Weber ist nun der Gang der Berechnung folgender:

$$\begin{aligned} x : c &= (\alpha' - \alpha) : (\alpha' + r) \\ c : p &= (a' - r) : (a' - r - m) \\ \hline x &= \frac{\alpha' - \alpha}{\alpha' + r} \cdot \frac{a' - r}{a' - r - m} \cdot p, \end{aligned}$$

woraus x berechnet werden kann, wenn α' bekannt ist. Zur Berechnung von α' dient folgende Gleichung, wobei der Kürze wegen $\frac{a}{\alpha} \cdot \frac{\alpha+r}{\alpha-r}$ durch n bezeichnet werde:

$$\alpha' = \frac{(ra')}{(n-1)\alpha' - nr}.$$

Nach S. 133 meiner Beiträge ist:

$$0'',466 = r,$$

$$0'',353 = \alpha,$$

und nach Tabelle A., S. 136, (a. a. O. siehe auch unter Tabelle A.) ist:

$$12'',1 = a - r,$$

$$\frac{1}{12}'' = p,$$

$$0'',3 = m.$$

Hieraus ergibt sich zunächst der Werth von n :

$$n = \frac{12,1 + 0,466}{0,353} \cdot \frac{0,353 + 0,466}{12,1} = 2,4094.$$

Gesetzt nun, es wäre:

$$6'',1 = a' - r,$$

wie in dem fünften Falle der unter A. unten mitgetheilten Tabelle, so ergibt sich:

$$\alpha' = \frac{0'',466(6'',1 + 0'',466)}{(2,4094 - 1)(6'',1 + 0'',466) - 2,4094 \cdot 0'',466} = 0,3763,$$

woraus nun x berechnet werden kann, nämlich:

$$x = \frac{0,3763 - 0,353}{0,3763 + 0,466} \cdot \frac{6,1}{6,1 - 0,3} \cdot \frac{1}{12} = 0,0024244.$$

Nach diesem von Herrn Professor Weber angegebenen Schema hat Herr Dr. Jahn die Gefälligkeit gehabt, die Größe der Zerstreuungskreise für alle diejenigen Fälle zu berechnen, welche ich in meinen Beiträgen tabellarisch zusammengestellt hatte. Die nun folgenden Tabellen includiren die früher von mir mitgetheilten, enthalten aber zwei neue Columnen, worüber sogleich Aufschluss gegeben werden soll.

Die Columnen I bestimmt die Entfernung des unter fehlerhafter Accommodation betrachteten Objectes, also

des lothrecht aufgespannten Haares (s. oben) von dem vordersten Punkte der Hornhaut; Columnne II bestimmt die scheinbare Distanz des Doppelbildes, vermessen auf einem Maafsstabe von 12",1 Entfernung vom Auge; Columnne III berechnet die Distanz der beiden Netzhautbilder mit Hülfe des oben erwähnten Regel de Tri Exempels, und giebt also direct den Durchmesser des Zerstreuungskreises ¹⁾; Columnne IV enthält die Angabe, wie groß das Netzhautbildchen ohne eintretende Zerstreuung des Lichtes gewesen seyn würde; Columnne V giebt den Diameter des Zerstreuungskreises, berechnet nach der vorgetragenen Theorie, und also unabhängig von der Beobachtung; Columnne VI endlich drückt in Zahlen die Differenz aus, welche zwischen den Angaben der dritten und fünften Columnne stattfindet, und gewährt demnach unmittelbar die Controle meiner Beobachtungen.

T a b e l l e A.

Entfernung des fixirten Maafsstabes: 12",1; Dicke des Haars, welches zwischen dem Fixationspunkte und dem Auge befindlich war: 0",002; Distanz der beiden Löcherchen, durch welche das Haar betrachtet wurde: 1"; Entfernung dieser Löcherchen vom Auge: 0"3.

- 1) Sie giebt diesen Durchmesser darum direct, weil ich die Distanz der *Mittelpunkte* der Haarbilder, nicht aber die Distanz des freien *Raumes zwischen ihnen* gemessen hatte. Diefs habe ich in meiner früheren Arbeit verkannt, in Folge welches Irrthums die Größen der Zerstreuungskreise dort um ein Weniges zu klein angegeben sind.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Entfernung des Haars vom Auge.	Scheinbare Distanz der Doppelbilder.	Distanz der Netzhautbilder, oder Diameter des Zerstreuungskreises.	Erforderliche GröÙe des Netzhautbildes ohne Lichtzerstreuung.	Diameter d. Zerstreuungskreises zufolge der Theorie.	Abweichung der Beobachtung von der Theorie.
2",1	0",43 (?)	0",01208	0",00028	0",01300	+0",00092
3",1	0",24	0",00674	0",00020	0",00752	+0",00078
4",1	0",18	0",00506	0",00016	0",00493	-0",00013
5",1	0",12	0",00337	0",00013	0",00341	+0",00104
6",1	0",09	0",00253	0",000108	0",00242	+0",00011
7",1	0",05	0",00140	0",000093	0",00172	+0",00032
8",1	0",03	0",00084	0",000081	0",00120	-0",00036
9",1	0",02	0",00056	0",000071	0",00080	-0",00024

T a b e l l e B.

Distanz der Löcherchen, durch welche visirt wurde:
 $1\frac{1}{4}''$, alle übrigen Verhältnisse wie in Tabelle A.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Entfernung des Haars vom Auge.	Scheinbare Distanz der Doppelbilder.	Distanz der Netzhautbilder, oder Diameter des Zerstreuungskreises.	Erforderliche GröÙe des Netzhautbildes ohne Lichtzerstreuung.	Diameter d. Zerstreuungskreises zufolge der Theorie.	Abweichung der Beobachtung von der Theorie.
2",1	0",55	0",01545	0",00028	0",01950	-0",00405
3",1	0",36	0",01011	0",00020	0",01128	-0",00117
4",1	0",24	0",00674	0",00016	0",00739	-0",00065
5",1	0",15	0",00471	0",00013	0",00511	-0",00040
6",1	0",10	0",00280	0",000108	0",00363	-0",00083
7",1	0",06	0",00169	0",000093	0",00258	-0",00089
8",1	0",04	0",00112	0",000081	0",00180	-0",00068

Tabelle C.

Distanz der Visirlöcherchen: $1\frac{1}{4}''$, alle übrigen Verhältnisse wie in Tabelle A.

I. Entfernung des Haars vom Auge.	II. Scheinbare Distanz der Doppelbilder.	III. Distanz der Netzhautbil- der, oder Diameter des Zerstreuungskreises.	IV. Erforderliche Größe des Netzhautbildes ohne Lichtzerstreuung.	V. Diameter d. Zerstreuungs- kreises zufolge der Theo- rie.	VI. Abweichung der Beob- achtung von der Theorie.
2",1	0",50	0",01405	0",00028	0",01625	—0",00220
3",1	0",30	0",00843	0",00020	0",00940	—0",00097
4",1	0",20	0",00562	0",00016	0",00616	—0",00054
5",1	0",14	0",00393	0",00013	0",00426	—0",00033
6",1	0",09	0",00253	0",00010	0",00302	—0",00049
7",1	0",06	0",00169	0",00009	0",00215	—0",00016
8",1	0",03	0",00084	0",00008	0",00150	+0",00066
9",1	0",02	0",00056	0",00007	0",00100	+0",00044

Tabelle D.

Distanz der Sehlöcherchen: $\frac{1}{4}''$, die übrigen Verhältnisse wie in Tabelle A.

I. Entfernung des Haars vom Auge.	II. Scheinbare Distanz der Doppelbilder.	III. Distanz der Netzhautbil- der, oder Diameter des Zerstreuungskreises.	IV. Erforderliche Größe des Netzhautbildes ohne Lichtzerstreuung.	V. Diameter d. Zerstreuungs- kreises zufolge der Theo- rie.	VI. Abweichung der Beob- achtung von der Theorie.
2",1	0",30	0",00843	0",00028	0",00650	+0",00193
3",1	0",17	0",00478	0",00020	0",00376	+0",00102
4",1	0",12	0",00345	0",00016	0",00246	+0",00091
5",1	0",07	0",00197	0",00013	0",00170	+0",00027
6",1	0",04	0",00112	0",00010	0",00121	—0",00009
7",1	0",03	0",00084	0",00009	0",00086	—0",00002
8",1	0",02	0",00056	0",00008	0",00060	—0",00004
9",1			0",00007	0",00040	
10",1	0",01	0",00028	0",00006	0",00023	+0",00005

Tabelle E.

Entfernung des fixirten Maafsstabes: 10",1; Dicke des Haars zwischen dem Fixationspunkte und dem Auge: 0",003; Distanz der Visirlöcherchen: 1".

I. Entfernung des Haars vom Auge.	II. Scheinbare Distanz der Doppelbilder.	III. Distanz der Netzhautbil- der, oder Diameter des Zerstreuungskreises.	IV. Erforderliche GröÙe des Netzhautbildes ohne Lichtzerstreuung.	V. Diamet. d. Zerstreuungs- kreises zufolge der Theo- rie.	VI. Abweichung der Beob- achtung von der Theorie.
3",1	0",20	0",00668	0",00029	0",00696	-0",00028
4",1	0",15	0",00500	0",00023	0",00440	+0",00060
5",1	0",08	0",00257	0",00019	0",00289	-0",00022
6",1	0",06	0",00200	0",00016	0",00192	+0",00008
7",1	0",04	0",00134	0",00014	0",00122	+0",00012
8",1	0",03	0",00100	0",00012	0",00071	+0",00029
9",1	0",02	0",00067	0",00011	0",00032	+0",00035

Tabelle F.

Entfernung des Fixationspunktes: 8",1; alle übrigen Verhältnisse wie in Tabelle E.

I. Entfernung des Haars vom Auge.	II. Scheinbare Distanz der Doppelbilder.	III. Distanz der Netzhautbil- der, oder Diameter des Zerstreuungskreises.	IV. Erforderliche GröÙe des Netzhautbildes ohne Lichtzerstreuung.	V. Diamet. d. Zerstreuungs- kreises zufolge der Theo- rie.	VI. Abweichung der Beob- achtung von der Theorie.
2",1	0",30	0",01237	0",00041	0",01145	+0",00092
3",1	0",15	0",00618	0",00029	0",00611	+0",00007
4",1	0",08	0",00330	0",00023	0",00361	-0",00031
5",1	0",06	0",00247	0",00019	0",00215	+0",00032
6",1	0",03	0",00124	0",00016	0",00118	+0",00006
7",1	0",02	0",00082	0",00014	0",00050	+0",00032

Tabelle G.

Entfernung des Fixationspunktes: 6",1; übrige Verhältnisse wie in Tabelle E.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Entfernung des Haars vom Auge.	Scheinbare Distanz der Doppelbilder.	Distanz der Netzhautbilder, oder Diameter des Zerstreuungskreises.	Erforderliche GröÙe des Netzhautbildes ohne Lichtzerstreuung.	Diameter d. Zerstreuungskreises zufolge der Theorie.	Abweichung der Beobachtung von der Theorie.
2",1	0",17	0",00914	0",00041	0",00995	-0",00081
3",1	0,08	0,00130	0,00029	0,00479	-0,00019
4",1	0,05	0,00269	0,00023	0,00256	+0,00013
5",1	0,02	0,00108	0,00019	0,00093	+0,00015

Die Betrachtung der in Columne VI verzeichneten Abweichungen lehrt, daß zwischen den Resultaten der Beobachtung und der Rechnung eine große Uebereinstimmung stattfindet, eine Uebereinstimmung, welche über die Genauigkeit der Beobachtungen keinen Zweifel übrig läßt. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß allen Rechnungen die Angabe $r=0",466$ und $\alpha=0",353$ zum Grunde liegt, eine Angabe, welche nur gröÙlich genau seyn kann, weil jene GröÙen nur das mittlere Verhältniß ausdrücken. Durch eine kleine erlaubte Veränderung dieser GröÙen würde eine noch etwas gröÙere Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Erfahrung erhalten werden können. Indefs ist die Uebereinstimmung zwischen Erfahrung und Theorie, obschon sie nicht absolut ist, doch vollkommen genügend, den Satz zu beweisen, auf welchen es hier ankommt:

Daß Gesichtobjecte, welche nicht im Fixationspunkte des Auges liegen, Zerstreuungskreise bilden, und daß die GröÙe dieser Zerstreuungskreise um so beträchtlicher ist, je weiter das Object von dem Fixations-

punkte entfernt, oder, mit anderen Worten, je weniger das Auge accommodirt ist.

II. Ueber die Lage des Kreuzungspunktes der Richtungsstrahlen des Lichtes im ruhigen und im bewegten Auge; von A. W. Volkmann.

Der Gegenstand, der hier zur Sprache gebracht wird, ist schon anderwärts (Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtsinnes, Leipzig 1836) ausführlich von mir erörtert worden, und es würde unnöthig seyn, auf ihn zurückzukommen, wenn nicht Mlle in einer Abhandlung über die Richtungslinien des Sehens (s. diese Annal. Bd. XXXII. S. 57) die von mir aufgestellten Lehren zu widerlegen gesucht hätte. So weit ich im Stande bin, dem Gange der Untersuchung meines Gegners zu folgen, kann ich nachweisen, daß seine Einwürfe mich nicht widerlegen, und eine solche Nachweisung ist der Zweck dieser Abhandlung.

Ich hatte in meinen Beiträgen durch Beobachtungen zu erweisen gesucht, daß zwei Gesichtsobjecte, welche beim Visiren sich decken, in einer *geraden* Linie liegen, welche das Eine Netzhautbild und die beiden Objecte schneidet. Solche Linien, welche ich Richtungsstrahlen genannt habe, kreuzen sich nach meinen Untersuchungen sämmtlich in einem Punkte, so ziemlich in der Mitte des Augapfels, und um diesen Punkt dreht sich das Auge bei allen seinen Bewegungen, weshalb ich ihn Drehpunkt nannte. Mlle dagegen behauptet: Der Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen müsse nothwendig mit dem Mittelpunkte der Hornhautkrümmung zusammenfallen, welcher nach Sömmering nur 3^{'''},3 hinter dem vordersten Punkte der Hornhaut liege. Der Drehpunkt des Auges dagegen liege genau in dessen Mitte, 5^{'''} hinter der Hornhaut, und