

(Aus der Univ.-Augenklinik zu Breslau.)

Ein Beitrag zur congenitalen totalen Farbenblindheit.

Von

Prof. W. UHTHOFF.

(Mit einer Tafel.)

Auf dem letzten Heidelberger ophthalmologischen Congress August 1898 habe ich im Anschluß an die Mittheilungen der Herrn Collegen VON HIPPEL¹⁸ und PFLÜGER⁸⁷ ein kurzes Referat über Untersuchungsreihen von einem Patienten mit angeborener totaler Farbenblindheit gegeben. Die Untersuchung war zu jener Zeit noch nicht nach allen Richtungen abgeschlossen, ich bin nun in der Lage gewesen, dieselbe inzwischen fortzuführen und zu vervollständigen und will ich die definitiven Resultate in den folgenden Zeilen niederlegen.

Die Farbensinnstörung an und für sich gehört in diesen Fällen zu den relativ bestgeklärten und bestuntersuchten Factoren, ich werde im Ganzen kurz über dieselben hinweggehen. Eine besonders eingehende Berücksichtigung jedoch habe ich dem Verhalten der centralen und der peripherischen Sehschärfe, sowie dem Abhängigkeitsverhältniß derselben von der Beleuchtung des Probeobjectes zu Theil werden. Auch das Verhalten des Lichtsinnes und der Adaptation wurde näher berücksichtigt und ebenso die Gesichtsfeldprüfung, welche zuletzt nach vielen vergeblichen Versuchen doch noch zu dem Nachweis eines kleinen centralen Skotomes (A. KÖNIG) auf beiden Augen und zwar in ganz symmetrischer Weise führte. Ich werde später darauf zurückkommen.

Gerade diesen Punkten aber muß bei der Discussion über das Wesen der angeborenen totalen Farbenblindheit, wie sie in jüngster Zeit besonders lebhaft von v. KRIES, HERING, HESS,

A. KÖNIG, LADD-FRANKLIN, VON HIPPEL, PFLÜGER u. A. geführt worden ist, eine grössere Bedeutung beigelegt werden.

In der Literatur finden sich bisher ca. 30 Beobachtungen niedergelegt, welche wir wohl mit Sicherheit als ausgesprochene Fälle von congenitaler totaler Farbenblindheit ansehen dürfen. Es sei hierbei abgesehen von einer Reihe von Mittheilungen, die zu ungenau sind, um sich ein Urtheil über dieselben bilden zu können, oder die direct bei kritischer Betrachtung als typische Fälle von angeborener totaler Farbenblindheit nicht anzusehen sind. Mit Recht dürfen wir in den zuerst erwähnten Fällen, abgesehen von der charakteristischen Farbensinnstörung, auch noch einige andere Factoren als zu dem typischen Krankheitsbilde der angeborenen totalen Farbenblindheit gehörig rechnen; Anomalien, die eben wegen ihres regelmässigen Vorhandenseins bei derartigen Patienten für die Erklärung des Zustandes von Bedeutung sind und gerade in der letzten Zeit von verschiedenen Autoren in dieser Hinsicht eingehend diskutirt wurden.

Zu solchen fast constanten Begleiterscheinungen sind zu rechnen:

1. Eine subnormale Sehschärfe schwankend zwischen $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{10}$, nur gelegentlich wird nach S. = $\frac{1}{3}$ angegeben; doch sind gerade diese letzteren Mittheilungen unsicher, und ebenso ist der bekannte BECKER'sche Fall² von einseitiger totaler Farbenblindheit mit guter Sehschärfe nicht im eigentlichen Sinne hierher zu rechnen, wie schon HERING betont. Ein Fall, der überdies wenig eingehend analysirt wurde.

2. Eine ausgesprochene Lichtscheu mit deutlicher Verschlechterung des Sehens bei intensiver Beleuchtung.

3. Ein eigenartiger Nystagmus.

Das männliche Geschlecht ist ausgesprochen viel häufiger befallen als das weibliche, ungefähr im Verhältniß von 6:1.

Hereditäre Verhältnisse liessen sich gelegentlich nachweisen und zwar gewöhnlich in der Weise, daß verschiedene Geschwister an der gleichen Anomalie litten.

Unsere Beobachtung ist folgende:

Der jetzt 16 Jahr alte Patient C. Bl. aus Breslau stellt sich im Mai 1898 in der Klinik vor, um sich zur Verbesserung seines Sehens ein Glas verschreiben zu lassen. Er hat von frühster Jugend an schwach gesehen und die Farben von jeher nicht unterscheiden können. In hereditärer Hinsicht ergeben sich

keine Anhaltspunkte. Seine Eltern, sowie seine 3 Stiefgeschwister sehen gut und haben einen guten Farbensinn. Patient selbst ist sonst gesund, körperlich normal entwickelt und von guter Intelligenz, er konnte auch die Schule regelrecht besuchen, obschon seine Sehschwäche ihm in mancher Hinsicht Schwierigkeiten bereitete. Er wählte Anfangs den Beruf eines Gärtners, mußte denselben jedoch wegen seines mangelnden Farbensinnes bald wieder aufgeben und ist jetzt Bäcker.

Die objective Untersuchung des Patienten mit Augenspiegel und Ophthalmometer ergibt auf beiden Augen einen hyperopischen Astigmatismus von 2,0 D nach der Regel. Der Augenhintergrund bietet sonst keine abnormen Verhältnisse, die Papillen zeigen normale Färbung, und normales Verhalten der Netzhautgefäße, ebenso bietet die Gegend der Macula lutea das gewöhnliche Aussehen. Ein Kreisreflex um dieselbe ist nicht wahrnehmbar, die Fovea centralis differenzirt sich, wie gewöhnlich, als bräunlich-rother Fleck, ein kleiner hellweißlicher Reflex gerade in der Mitte der Fovea ist, auch bei der Untersuchung im aufrechten Bilde, nicht nachzuweisen. Pupillenreaction auf Licht und Convergence gleichfalls normal, die Augenbewegungen sind frei. Es besteht ein leichter Grad von Strabismus divergens alternans mit zeitweise störender gekreuzter Diplopie. Ein regelrechter binocularer Sehact, sowie richtiges stereoskopisches Sehen ist nicht vorhanden. Farbe der Iris braun, dieselbe ist stark pigmentirt.

Auffällig ist ferner bei den Patienten eine Art von Nystagmus in der Weise, daß er beim Fixiren häufige ruckweise kleine seitliche Bewegungen mit den Augen ausführt und zwar sowohl beim Sehen mit beiden Augen zusammen als auch beim Verdecken eines Auges. Die Bewegungen erfolgen beiderseits stets im associirten Sinne, unterscheiden sich jedoch durch das wechselnde und namentlich beim Fixiren auftretende Verhalten von dem gewöhnlichen continuirlichen oscillirenden Nystagmus in seitlicher Richtung. Mit großer Mühe gelingt es auch dem Untersuchten, die Augen eine Zeit lang in einer festen, unbeweglichen Stellung zu halten, wenn man ihn dringend mahnt, ruhig geradeaus zu sehen, und er Alles aufbietet, um gar keine Bewegungen mit den Augen auszuführen; sobald er aber aufmerksam und fest ein vorgehaltenes Object fixirt, scheint es ihm sehr schwer zu sein, die leichten ruckweisen seitlichen Bewegungen ganz zu vermeiden. Es macht den Eindruck, als

habe Patient keine ganz bestimmte circumskripte centrale Netzhautpartie, die durch eine so gute Sehschärfe vor den angrenzenden Netzhautpartien sich auszeichne, wie unter normalen Verhältnissen die Fovea centralis vor den benachbarten Theilen der Macula lutea. Der Untersuchte scheint beim Fixiren bald die eine, bald die andere Stelle seiner Macula lutea einzustellen, gleichsam suchend und auswählend zwischen benachbarten centralen Netzhautpartien, die ungefähr die gleiche Sehschärfe haben. Wir werden später sehen, wie die Bestimmung der centralen und excentrischen Sehschärfe ergiebt, daß das Netzhautcentrum in der That ein kleines Skotom aufweist. Wir haben die Gröfse der kleinen nystagmusartigen Excursionen der Augen bei dem total Farbenblinden verglichen mit der Gröfse der Augenbewegungen in seitlicher Richtung beim normalen Beobachter, wenn derselbe bald den einen, bald den anderen Rand des Skotoms fixirt, also den Fixirpunkt um $1\frac{1}{2}^{\circ}$ wandern läfst. Es zeigte sich hierbei, daß die Excursionen beim Achromaten und beim normalen Auge annähernd gleich grofs waren.

I. Bestimmung der Sehschärfe.

1. Die centrale Sehschärfe beträgt $\frac{1}{6}$ der normalen und läfst sich auch bei Anwendung genauster Correction mit Cylindergläsern nicht weiter heben. Patient vermeint zwar mit der Cylinder correction etwas besser zu erkennen, doch läfst sich ein zahlenmäfsiges Wachsen der Sehschärfe nicht nachweisen. Bei der Feststellung der centralen Sehschärfe sowohl für die Nähe als für die Ferne lassen sich immer jene oben beschriebenen kleinen seitlichen ruckweisen Excursionen der Augäpfel beobachten. Bei intensiver Beleuchtung des Probeobjects, nehmen dieselben etwas an Häufigkeit zu.

2. Die excentrische Sehschärfe wurde nach manchen Vorversuchen am gleichmäfsig mit diffusem Tageslicht beleuchteten FÖRSTER'schen Perimeterbogen bestimmt, dann aber auch noch vergleichend bei verschieden herabgesetzten Beleuchtungsintensitäten untersucht.

Die Prüfung wurde zunächst mit Probeobjecten (2 schwarze Punkte auf weißem Grunde mit verschiedener Gröfse des Punktdurchmessers und des Abstandes der beiden Punkte nach dem Maafsstabe der BURCHARDT'schen Punktproben) bewerkstelligt.

Das jeweilige Täfelchen wurde am Bogen des Perimeters von der Peripherie her dem Centrum allmählich genähert, während der Untersuchte die Mitte des Bogens fixirte und möglichst dabei überwacht wurde. Hierbei wurde das eben beschriebene Probeobject, durch einen kleinen matten schwarzen Schirm verdeckt, an die einzelnen Stellen des Perimeterbogens geführt und sodann durch plötzliches Hinwegziehen des Schirmes der betreffenden excentrischen Netzhautstellen für einen kurzen, aber gleichlangen (ca. $\frac{1}{4}$ Secunde) Zeitabschnitt sichtbar gemacht. Durch eine Reihe von Bestimmungen wurde dann constatirt, wo es dem Untersuchten gerade möglich war, den Abstand der beiden Punkte wahrzunehmen und so die Sehschärfe für die betreffende excentrische Netzhautstelle bestimmt. Die bei dem Achromaten auf diese Weise gefundenen Werthe, wurden dann mit den entsprechenden und unter denselben Beobachtungsbedingungen gewonnenen Werthen unseres normalen Auges verglichen; In meiner Heidelberger Mittheilung sind die Zahlenwerthe solcher Untersuchungsreihen niedergelegt.

Schon damals war uns bei diesem Untersuchungsergebnis sehr auffallend, daß die Sehschärfe für das Netzhautcentrum bis zu ungefähr 7° excentrisch vom Fixirpunkt ganz dieselbe bleibe, wir hatten das nicht erwartet. Später wieder aufgenommene Untersuchungen haben uns die Aufklärung für dieses merkwürdige Verhalten gebracht. Die ersten Proben waren offenbar bei einer für den Patienten noch zu hellen Beleuchtung angestellt, eben bei einer Intensität, wo er das Optimum seiner Sehschärfe noch nicht erreicht hatte. Wurde die Beleuchtung des Perimeterbogens durch entsprechende Verdunkelung weiter herabgesetzt, so sah der Untersuchte jetzt auch weiter central, je näher dem Fixirpunkte, stetig besser bis auf einen ganz kleinen centralen Bezirk. Wurde sodann wieder eine intensive Beleuchtung für die Mitte des Perimeterbogens angewendet, so stellte sich das frühere Verhalten wieder her. Die in meiner ersten Mittheilung gegebenen Werthe sind also thatsächlich zutreffend, können aber nur für eine relativ-intensive Beleuchtungsintensität des Perimeterbogens gelten, bei der das Optimum der centralen Sehschärfe für den Patienten nicht mehr vorhanden ist.

Nach einer Reihe von weiteren Versuchen in dieser Richtung sind wir schliesslich zu folgender Versuchsanordnung gekommen.

Als Probeobject diente ein einzelner schwarzer Punkt auf

weißem Grund in einer Reihe von verschiedenen Größen (von 10—0,0625 mm im Durchmesser).

Es wurde nun zunächst mit den größten Objecten begonnen, dieselben bei dem Untersuchten von der Peripherie her allmählich dem Netzhautcentrum angenähert, bis der schwarze Punkt auf dem weißen Grund als solcher wahrgenommen wurde. Expositionszeit (wie oben) ca. $\frac{1}{4}$ Secunde. Diese Werthe wurden dann notirt. Hierbei wurde besonders darauf geachtet, daß für den Untersuchten keine zu helle Beleuchtung gewählt wurde, damit ihm das Optimum seiner Sehschärfe zur Verfügung stand. In analoger Weise wurde sodann für das normale Auge die Untersuchung durchgeführt. Es wurde somit sowohl für die centralen als für die excentrischen Netzhautpartien nicht die Sehschärfe im gewöhnlichen Sinne des Wortes (der Formsinn der Netzhaut) festgestellt, sondern die Punktsehschärfe im Sinne GUILLERY'S¹⁴ und GROENOUW'S¹³.

Es wurde hierbei nach GUILLERY ein Gesichtswinkel von 50" als einer Sehschärfe = 1 entsprechend zu Grunde gelegt. Die Anwendung dieses Verfahrens bewährte sich am besten und gab auch für den Achromaten die relativ constantesten Resultate, jedenfalls erheblich constanter als bei Verwendung zweier durch einen bestimmten Zwischenraum getrennter schwarzer Punkte auf weißem Grunde, im Sinne der BURCHARDT'Schen Punktproben.

Die so gewonnenen Resultate sind in umstehender Tabelle niedergelegt und durch die Curven Fig. 1 auf Tafel III graphisch dargestellt und zwar für den Normalen nur in einer Curve (————), für den Achromaten in zwei Curven; a) bei heller Tagesbeleuchtung; b) —·—·—·— bei herabgesetzter Beleuchtung.

Es zeigt sich somit, daß die periphere Punktsehschärfe des achromatischen und des normalen Auges sich ziemlich analog verhalten und mit der Entfernung vom Fixirpunkt continuirlich abnehmen. Das Steigen der peripheren Sehschärfe zum Fixirpunkt hin ist beim normalen Auge ein ganz continuirliches bis in den Fixirpunkt und findet dieses Ansteigen von 1,5° ab ganz rapide statt, daher die Curve sich ganz steil im Centrum erhebt. Beim Achromaten hat die Curve bis ca. 3° excentrisch vom Fixirpunkt ungefähr denselben Verlauf (bei mäßiger diffuser Tagesbeleuchtung), steigt aber von da ab bis zu 45' nicht mehr wesentlich an, so daß sie der Abscisse ein kleines Stück parallel verläuft, um dann bei 45' ganz abzuschneiden, Beginn eines

Tabelle über die centrale und periphere Sehschärfe im horizontalen Netzhautmeridian.

Sehschärfe	A. beim Achromaten				B. beim normalen Auge (UTHOFF)	
	bei diffus. Tagesbeleuchtung		bei stark herabgesetzter Beleuchtung		bei diffus. Tageslicht	
	nach innen v. Fixirpunkt	nach aussen	nach innen	nach aussen	nach innen	nach aussen
	in Graden					
= 0,0075	50	67	50	65	48	70
= 0,015	38	45	46	50	38	47
= 0,024	30	35	40	42	35	40
= 0,04	20	20	30	22	18	20
= 0,075	8,5	8,5	15	18	13,5	13
= 0,12	7,5	7,5	9,5	10,5	10	9,5
= 0,2	3,5 bis 45' (dasselbe)	3,0 bis 45' (dasselbe)	4,5	4,5	5	5
= 0,3	—	—	2	2	4	4
= 0,39	—	—	1,5	1,5	2,5	3
= 0,48	—	—	—	—	1,5	2
= 2,0	—	—	—	—	0	0

centralen Skotoms. Das letztere besteht in einer Ausdehnung von 45' um den Fixirpunkt herum und werden hier schwarze Punkte von einem Durchmesser weniger als 1 mm nicht wahrgenommen. Beträgt jedoch der Punktdurchmesser 1 mm und darüber, so gelingt es nicht mehr mit Sicherheit, den Defect nachzuweisen. Ich möchte daher geneigt sein, in diesem kleinen centralen Bezirk nicht ein absolutes Fehlen der Function der Netzhaut anzunehmen, aber jedenfalls eine sehr bedeutende Herabsetzung derselben, den nächstangrenzenden Netzhautpartien gegenüber. Die sichere Beurtheilung dieser Prüfungsergebnisse ist außerordentlich schwierig und mühsam, zumal Patient ja sehr die Neigung hat, leichte seitwärts abweichende Bewegungen mit dem untersuchten Auge zu machen, wie früher geschildert; aber bei hinreichend häufiger Wiederholung und genauer Con-

trole der Prüfungen, halte ich dies Resultat für ein ganz sicher gestelltes. — Am leichtesten und besten gelingt der Nachweis des relativen centralen Skotoms, wenn man den Fixirpunkt auf schwarzem Grunde mit einem kleinen weissen Kreis oder einem kleinen weissen Quadrat in einigen Grad Abstand umschreibt. Hierbei kann der Achromat, indem er den Kreis resp. das kleine Quadrat gleichmäfsig fixirt, sein Auge ruhiger einstellen. Die Fovea richtet er hierbei gerade auf den Mittelpunkt des Kreises und mit den nächst angrenzenden excentrischen Retinalpartien fixirt er dabei gleichmäfsig die Kreislinie. Jetzt war es relativ leicht, bei dem Achromaten im Centrum des kleinen umschriebenen Kreises das Skotom mit aller Sicherheit nachzuweisen. Auch unser normales Auge hat die Neigung beim Fixiren einer kleinen weissen Kreislinie die Fovea auf den Mittelpunkt des Kreises einzustellen und somit die Linie selbst mit den nächst angrenzenden excentrischen Retinalpartien zu fixiren. Dieses Verfahren ist überhaupt für den Nachweis sehr kleiner centraler Gesichtsfelddefecte zu empfehlen und erleichtert das Auffinden derselben.

Das kleine centrale Skotom bei unseren Achromaten nur von insgesamt $1,5^\circ$ Durchmesser ist in seiner Gröfse nicht von verschiedenen Beleuchtungsgraden abhängig, es behält denselben Durchmesser auch wenn die Beleuchtung in erheblichem Grade von uns variirt wird, es mufs sich hier jedenfalls um eine Functionsstörung in der Gegend der Fovea centralis handeln, die durch ein bestimmtes anatomisches Verhalten unabhängig von der Beleuchtung bedingt ist.

Dagegen macht sich der schädigende Einflufs einer hellen Beleuchtung auf die Sehschärfe in den der Fovea centralis nächst benachbarten Netzhautpartien exquisit geltend. Wird der centrale Theil des Perimeterbogens nebst Probeobject mit einer elektrischen Lampe sehr grell beleuchtet, so sinkt die Sehschärfe in dem ganzen centralen Netzhautbezirk bis unter $\frac{1}{10}$ der normalen. Hierin liegt auch die Erklärung für meine im Heidelberger Protokoll angeführten Werthe, wo bei hellerer Beleuchtung des Perimeterbogens die Sehschärfe von ca. 7° excentrisch nach dem Fixirpunkt zu nicht mehr wesentlich stieg.

Die Curven des Achromaten bei diffuser Tagesbeleuchtung auf der einen Seite und bei stark herabgesetzter Beleuchtung auf der anderen Seite (durch Herablassen der Fenstervorhänge)

sind, wie ich glaube, sehr instructiv für die schädigende Wirkung der helleren Beleuchtung auf die Sehschärfe. Dieser schädigende Einfluss tritt am markantesten in den mehr centralen Gesichtsfeldtheilen zu Tage, weniger in den peripheren.

Auch für mein Auge wurden bei derselben herabgesetzten Beleuchtung wie beim Achromaten vergleichende Bestimmungen der centralen und peripheren Sehschärfe vorgenommen, die jedoch nichts vom gewöhnlichen Verhalten Abweichendes boten und deshalb nicht mit in die Tabelle aufgenommen wurde.

Ebenso sind Messungen auch im verticalen Netzhautmeridian sowohl beim Achromaten als beim normalen Auge angestellt, die ein analoges Resultat wie im horizontalen Meridian lieferten und deshalb auch nicht besonders aufgeführt worden sind.

II. Das Verhalten der centralen Sehschärfe bei verschiedener Beleuchtungsintensität des Probeobjectes.

In dieser Hinsicht wurden sowohl beim Achromaten als beim normalen Auge eingehende und vergleichende Untersuchungsreihen aufgestellt. Die Prüfungen geschahen in einem sehr langen Dunkelzimmer und wurde durch Entfernung und Annäherung der Lichtquelle an das Probeobject (SNELLEN'sche Hakentafel) die Beleuchtungsintensität variirt. Es sind hauptsächlich 2 Versuchsreihen, deren Zahlenwerthe gleich angegeben werden sollen und nach denen die beifolgenden Curven construirt worden sind. Ich führe die beiden Versuchsreihen gesondert an, weil sie zusammen einen guten Gesamtüberblick geben. Ihre absoluten Werthe stimmen deshalb nicht ganz überein, weil in der einen und der anderen der zu Grunde gelegte Werth der Meterkerze nicht ganz derselbe war. In der ersten Versuchsreihe A wurde eine hell brennende Stearinkerze als Einheit gerechnet, in der zweiten (B) aber die kleine Benzinlampe aus dem WEBER'schen Photometer mit einer Flammenhöhe von 20 mm. Letztere war entschieden lichtschwächer als die in Versuchsreihe A zu Grunde gelegte hell brennende Kerze, woraus die höheren Sehschärfenwerthe in Versuchsreihe A resultiren. Dem Werth einer Normalmeterkerze aber dürfte die Benzinlampe in der Versuchsreihe B näher kommen.

Versuchsreihe A.

Beleuchtungsintensität	Logarithmus der Beleuchtungsintensität	Sehschärfe des Achromaten	Sehschärfe des normalen Auges
Meterkerzen			
190	2,27875	0,136	1,666
47,50	1,67669	0,183	1,500
11,875	1,07464	0,200	1,417
3,878	0,58861	0,200	1,338
1,90	0,27875	0,183	1,250
0,475	0,67669—1	0,136	1,083
0,211	0,32428—1	0,136	0,750
0,1188	0,07482—1	0,136	0,666
0,076	0,88081—2	0,050	0,4177
0,0528	0,72263—2	0,050	
0,0388	0,58883—2	0,050	0,333
0,0244	0,38739—2	0,0333	0,055
0,01375	0,13830—2	0,0250	0,0333
0,00344	0,53656—3	0,0166	0,0166

Versuchsreihe B.

Intensität der Beleuchtung	Logarithmus der Beleuchtungsintensität	Sehschärfe des Achromaten	Sehschärfe des normalen Auges
Normal-Meterkerzen			
5,290	0,72346	0,135	0,831
1,3225	0,12139	0,1308	0,631
0,2116	0,32552—1	0,135	0,292
0,0529	0,72346—2	0,1046	0,154
0,013225	0,12139—2	0,092	0,092
0,0082	0,91381—3	0,077	0,077
0,00366	0,56348—3	0,0513	0,0513
0,0025	0,39794—3	0,0385	0,0385
0,00146	0,16435—3	0,0308	0,0308
0,0008265	0,91724—4	0,022	0,022
0,000529	0,72346—4	0,0154	0,0154
0,000367	0,56467—4	0,01	0,01
0,00027	0,43136—4	0,0077	0,0077

Die nach Tabelle A gezeichneten Curven (Fig. 3 auf Tafel III) geben einen guten vergleichenden Gesamtüberblick über die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität beim normalen und achromatischen Auge und demonstrieren namentlich das Sinken der Sehschärfe des Achromaten bei einer Beleuchtung von über 12 Meterkerzen ab, wo für das normale Auge die Sehschärfe noch stetig steigt. Also der Beweis für die Beobachtung beim Patienten und dessen Angaben, daß eine intensivere Beleuchtung sein Sehen direct schädigt.

Besser jedoch werden die Sehschärfeverhältnisse bei niedrigerer Beleuchtungsintensität für den Achromaten und das normale Auge durch die nach Tabelle B entworfenen Curven (Fig. 4 A und B auf Tafel III) illustriert. Man erkennt hier, wie bei den niedrigsten Graden der Beleuchtung die Sehschärfe des normalen Auges und des achromatischen in ganz analoger Weise sich verhält bis zu einer Beleuchtung von ca. 0,01 Meterkerze, ungefähr der Punkt, wo das normale Auge anfängt Pigmentfarben zu unterscheiden. Von da ab aber steigt mit zunehmender Beleuchtung die Sehschärfe des normalen Auges schnell an, während die des achromatischen nur noch ganz langsam wächst.

Ich werde später bei der Zusammenfassung unserer Versuchsergebnisse auf die Verhältnisse noch etwas näher eingehen.

III. Untersuchung des Farbenerkenntnisvermögens.

Der totale Mangel des Farbensinnes trat bei allen darauf gerichteten Proben sofort zu Tage. Bei den Wahlproben legte er die verschiedensten farbigen Muster, je nach ihrer Helligkeit als gleich oder ähnlich zusammen u. s. w.

Am Farbenkreisel gelingt es, jede beliebige Farbe des Spectrums aus weiß und schwarz darzustellen. Bei den gewählten Pigmentfarben ergab sich Folgendes:

360 Roth	=	355 Schwarz	+	5 Weiß
360 Orange	=	330	„	+ 30
360 Gelb	=	140	„	+ 220
360 Grün	=	200	„	+ 160
360 Blau	=	285	„	+ 75
360 Violett	=	360	„	—

Dieselbe Probe unter Anwendung eines rauchgrauen Glases für den Untersuchten (rauchgrau II) wiederholt, ergibt ein ganz gleiches Resultat, nur für Violett ändert sich das Verhältniß

insofern, als demselben eine Spur Weiss (359 Violett + 1° Weiss) zugesetzt werden muß, um es mit dem verwendeten Schwarz gleich erscheinen zu lassen.

Eine Uebersichtsscala über die Art des Farbenerkennungsvermögens des Achromaten wurde in der Weise hergestellt, daß derselbe zu jeder Pigmentfarbe aus einer grossen Auswahl grauer Papiere (nach HERING's Angaben hergestellt und vom Instituts-Mechaniker ROTHE in Leipzig bezogen) das ihm gleich erscheinende Grau aussuchen mußte. Diese farbigen Pigmente wurden dann in der spectralen Reihenfolge hinter einander (nach v. HIPPEL's¹⁷ Vorgehen) auf eine schwarze Tafel aufgeklebt und darunter das entsprechende ausgewählte Grau angebracht. Sodann wurden die einzelnen Pigmentfarben noch photographirt (Eosin-Silber-Platten) und die nach einem ganz gleichmässigen Verfahren gewonnenen Photographien der Pigmentpapiere zum Vergleich in einer dritten Reihe unter die beiden anderen gesetzt. Es giebt diese Darstellung eine gute Uebersicht und sie zeigt, wie das Grün dem Patienten am hellsten grau erscheint, während in der Reihe der photographirten Pigmentfarben das Blau bei Weitem die grösste Helligkeit repräsentirt. Es ist leider nicht möglich gewesen, wegen der Kostspieligkeit der Reproduction, diese Tafel der Arbeit beizugeben. Aber mit Evidenz geht daraus hervor, wie es nicht angängig ist von dem Achromaten zu sagen, er sähe die Welt wie eine Photographie, die Helligkeitsvertheilung ist eben eine ganz andere. Die grösste Helligkeit liegt für das Auge des Achromaten im Grün, bei der Photographie viel weiter nach dem kurzwelligen Ende des Spectrums im Blau.

Am Spectralapparat (Farbenmischapparat), den Prof. EBBINGHAUS freundlichst zur Verfügung stellte, liess sich eine deutliche Verkürzung am rothen Ende des Spectrums dem normalen Auge gegenüber nachweisen, am violetten Ende fehlte dieselbe bei gleicher Spaltbreite fast völlig. Wird die Spaltbreite weiter verengt, so nähern sich die Werthe für unser normales Auge denen des Achromaten.

Die hellste Stelle im Spectrum lag bei unserem Achromaten bei ca. 530 $\mu\mu$ (grün), während für unser normales Auge bekanntlich das Maximum der Helligkeit im Gelb gelegen ist. Wenn die objective Helligkeit des Spectrums durch Verengerung des Spaltes stetig weiter herabgesetzt wurde, so rückte auch für unser normales Auge das Helligkeitsmaximum deutlich zum Grün hin.

Auf Vorschlag von Prof. EBBINGHAUS wurde noch folgender Versuch ausgeführt. In den beiden neben einander liegenden Feldern des Farbmischapparates, wurde in dem einen ein Weiß aus Roth und Blaugrün und in dem anderen ein solches aus Blau und Gelb gemischt und für das normale Auge auf gleiche Helligkeit eingestellt. Der Achromat nun sieht die beiden für uns gleich hellen Felder ganz verschieden hell und zwar erscheint diejenige Hälfte, welche aus Roth und Blaugrün gemischt ist, heller als die aus Blau und Gelb gemischte. Es bedurfte einer erheblichen Verminderung der Helligkeit des Feldes, welches aus Roth und Grün gemischt war für den Achromaten, um die beiden Felder ihm gleich hell erscheinen zu lassen. Es war hierzu, wie Prof. EBBINGHAUS feststellte, ungefähr eine Herabminderung der Helligkeit auf $\frac{1}{5}$ der früheren nöthig.

IV. Vergleichende Versuche über die Schätzung der Helligkeit der verschiedenen Pigmentfarben bei Tageslicht von Seiten des achromatischen und des normalen Auges.

Dies geschah in der Weise, daß eine große Anzahl farbiger Pigmentpapiere auf einer Platte bei Tagesbeleuchtung neben einander gelegt wurden, sodann wurden sowohl von uns (normalen Augen EBBINGHAUS, SEYDEL, UTHOFF) als auch von dem Achromaten aus einer großen Anzahl EBBINGHAUS'scher, verschieden grauer Marken, diejenigen herausgesucht, welche ihrer Helligkeit nach mit den farbigen Marken für gleich gehalten wurden. Der Achromat traf hierbei eine ganz andere Auswahl, als wir mit unseren normalen Augen, während unsere Angaben unter einander wieder gut harmonirten. Die so gewählten grauen Marken wurden nun auf die betreffenden Pigmentpapiere gelegt und jetzt begaben wir uns allesammt ins Dunkelzimmer, um bei so stark herabgesetzter Beleuchtung, daß auch das normale Auge die Farben als solche nicht mehr erkennen konnte, die Auswahl zu controliren. Es zeigte sich hierbei, daß wir jetzt unsere Auswahl ganz im Sinne des Achromaten ändern mußten. Letzterer war schon bei Tagesbeleuchtung lediglich durch die weiße Valenz der Farben (im HERING'schen Sinne) geleitet worden, während für unser normales Auge die farbige Valenz mit in Betracht ge-

kommen war; sobald durch hinreichende Herabsetzung der Beleuchtung das Farbig-Sehen auch für uns aufhörte, bestanden für uns ganz analoge Verhältnisse wie für den Achromaten.

Um diese Verhältnisse noch genauer zu studiren, wurde der Farbkreis im Dunkelzimmer vor dem AUBERT'schen Diaphragma aufgestellt und gerade so viel Licht zugelassen, daß unserem normalen Auge noch alle Farben der verwendeten Scheiben gerade farblos erschienen. Es wurde jetzt durch Mischung von Weiß und Schwarz (die kleineren inneren Scheiben), ein Grau hergestellt, welches der gröfseren farbigen (bei dieser Beleuchtung aber farblos gesehenen) Scheibe glich. Es wurde somit auch für uns die weiße Valenz der farbigen Scheiben nach HERING bestimmt, nachdem die farbige Valenz durch geeignete Herabsetzung der Beleuchtung eliminirt worden war. Das Resultat war folgendes:

(Siehe die Tabelle auf der folgenden Seite.)

Es ergibt sich hieraus im Sinne der HERING'schen Aufstellungen, wie nach Beseitigung der farbigen Valenz durch genügende Herabsetzung der Beleuchtung in Bezug auf die weiße Valenz das normale und das achromatische Auge sich fast ganz gleich verhalten und fernerhin, daß der Achromat bei voller Beleuchtung annähernd dieselben Gleichungen aus Schwarz und Weiß für die betreffende Farbe herstellt, wie bei stark herabgesetzter Beleuchtung, so daß also die farbige Valenz an und für sich hierbei gar keine Rolle spielt.

Nach LANDOLT's^{30, 31} Vorgehen in einem seiner Fälle wurde noch folgender Versuch bei unserem Achromaten angestellt. Bei einer Abdunkelung, die soweit ging, daß vom normalen Auge ein rothes quadratisches Papierstück von ungefähr 175 qcm auf schwarzem Grunde eben noch als minimale Helligkeit gesehen werden konnte, war der Achromat im Stande noch ein erheblich kleineres rothes Object vom schwarzen Untergrund als geringe Helligkeit zu differenziren. Das Auge des Farbenblinden schien in dieser Hinsicht unserem normalen noch etwas überlegen zu sein. Derselbe Versuch mit einem blauen Object auf schwarzem Grund fiel für das normale und das achromatische Auge ungefähr gleich aus.

	Achromat	Normal	
		UHTHOFF	SEYDEL
360° Roth	= 9 Weifs + 351 Schwarz	— —	— —
360° Orange	= 30 " + 330 "	= 33 Weifs + 327 Schwarz	= 30 Weifs + 330 Schwarz
360° Gelb	= 200 " + 160 "	= 210 " + 150 "	= 205 " + 155 "
360° Grün (hell)	= 161 " + 199 "	= 160 " + 200 "	= 160 " + 200 "
360° Blau	= 68 " + 292 "	= 70 " + 290 "	= 69 " + 291 "
360° Violett	= 4 " + 356 "	= 0 " + 360 "	— —
180° Gelb	} Mischung	= 150 " + 210 "	= 150 " + 210 "
180° Blau			

V. Untersuchung des Lichtsinnes.

In Bezug auf die Höhe der Reizschwelle verhält sich der Achromat annähernd unserem normalen Auge analog. Am FOEBSTER'schen Photometer geprüft vermag derselbe bei einer Diagonalen des Diaphragmas von 1,25 mm die breiten schwarzen Striche auf weißem Grunde zu unterscheiden. Es läßt sich auch hierbei deutlich nachweisen, daß die Reizschwelle bei excentrischer Fixation etwas kleiner ist als bei centraler, so daß für den Untersuchten, wenn beim centralen Fixiren die Sichtbarkeit der Striche gerade aufgehört hat, dieselben bei excentrischer Fixation noch wieder erscheinen. Es lag in dieser Hinsicht die Sache im Wesentlichen ebenso, wie bei unserem normalen Auge.

Jedoch in Bezug auf die Schnelligkeit der Dunkeladaptation ergaben sich erhebliche Differenzen und zwar zu Gunsten des Achromaten. Eine vergleichende Versuchsreihe am FOEBSTER'schen Photometer ergab Folgendes:

	Achromat	UHTHOFF (normal)	SEYDEL (normal)
	Millimeter		
Nach $\frac{1}{2}$ Minute Diaphragmadiagonale	2,5	6,5	7
„ 1 „ „	1,5	4,0	3,5
„ 2 „ „	1,25	3,0	2,2
„ 3 „ „	1,25	2,5	1,75
„ 5 „ „	1,25	1,5	1,5
„ 7 „ „	1,25	1,5	1,25

Der Achromat adaptirte für die Dunkelheit also erheblich schneller als wir, schon nach 2 Minuten war annähernd das Maximum erreicht, bei uns erst nach ca. 7 Minuten. Hiermit in Uebereinstimmung standen auch die thatsächlichen Beobachtungen sowohl als auch seine subjectiven Angaben. Er orientirte sich im Dunkelzimmer bei sehr niedriger Beleuchtung entschieden schneller und besser als wir. Auch gab er an, daß er im gewöhnlichen Leben in starker Dämmerung besser sehen könne als seine Umgebung, wenn z. B. ein Geldstück bei stark herabgesetzter Beleuchtung herunterfalle, so finde er es immer am besten.

Bei voller Tagesbeleuchtung klagt er über ein ausgesprochenes Gefühl von Blendung und auf genaueres Befragen giebt er selbst mit Bestimmtheit an, daß es einerseits die Herabsetzung der Sehschärfe bei voller Beleuchtung sei, die er so unangenehm empfinde, es sei als ob sich ein „Schleier“ über die gesehenen Objecte lagere, und dadurch die Deutlichkeit des Sehens wesentlich beeinträchtigt werde. Auf der anderen Seite aber empfinde er auch ein sehr unangenehmes Gefühl von Blendung bei heller Beleuchtung und zwar gelegentlich in dem Maasse, daß seine Augen direct zu thränen anfangen.

Bei den Untersuchungen auf die Unterschiedsschwelle mit der MASSON'schen Scheibe ergaben sich je nach der objectiven Beleuchtung verschiedene Resultate. Bei voller Tagesbeleuchtung konnte der Achromat keinen Ring differenziren, während wir mit unserem normalen Auge noch 6—7 Ringe vom Centrum nach der Peripherie deutlich erkennen konnten. Wurde jedoch sodann die Beleuchtung soweit herabgesetzt (durch Herablassen der Vorhänge), daß wir nur noch ca. 5 Ringe differenziren konnten, so erkannte der Achromat jetzt alle 8 mit Sicherheit, er war dem normalen Auge jetzt überlegen trotz seiner an und für sich viel geringeren Sehschärfe.

Die entoptische Wahrnehmung der PURKINJE'schen Aderfigur scheint dem Achromaten in ganz analoger Weise möglich zu sein, wie unserem normalen Auge, auch differenzirt er bei dieser Beobachtung uns analog die Gegend der Macula lutea, wie er bestimmt angiebt.

Ein lebhaftes Nachbild läßt sich analog wie beim normalen Auge auch beim Achromaten nachweisen. Im Dunkelmzimmer wird eine kleine elektrische Glühlampe schnell vor dem untersuchten Auge vorübergeführt und dann die Leitung sofort unterbrochen. So wie wir, sieht auch der Achromat einen sehr hellen Lichtstreifen, der allmählich abbläst und je dunkler er wird, eine helle Begrenzung zeigt.

Zuletzt sei hier noch eine eigenthümliche Gehörstörung bei unserem Achromaten kurz erörtert. Er selbst giebt an, daß er von je her ganz unmusikalisch gewesen sei und deshalb auch schon in der Schule nicht habe mitsingen können, auch habe er nie gelernt nach der Musik zu tanzen. Wenn man ihm ganz bekannte Melodien vorsingt oder -pfeift, so erkennt er

sie nur gelegentlich richtig. Er ist nicht im Stande auch nur die bekanntesten Melodien nachzusingen oder zu pfeifen.

Eine genauere Untersuchung des Gehörorgans wurde von Herrn Collegen KÜMMEL ausgeführt. Die Hörschärfe war relativ gut, doch etwas geringer als normal: $\left\{ \begin{array}{l} R \\ L \end{array} \right\}$ Flüstersprache in $4\frac{1}{2}$ m.

L Trommelfell etwas eingezogen, trübe, grau; *R* nur leicht grau und etwas trübe.

Sehr seltsam aber durchweg constant ist nun eine Erscheinung, welche sich beim Patienten geltend macht. Wenn derselbe Ton leise oder stärker angegeben wird, so hält er ihn im letzteren Falle für höher. Es zeigt sich dieses sowohl bei der Prüfung mit der Pfeife als mit der Stimmgabel. Auch bei einer Differenz von einer ganzen Octave giebt er fast constant den stärker angegebenen Ton als den höheren an.

Vergleichende Versuche bei anderen, ungefähr gleichalterigen und ebenfalls musikalisch nicht gebildeten Menschen, ergeben ein anderes Resultat. Es kamen auch hier wohl gelegentliche Irrthümer vor, aber nicht annähernd in der Weise, wie bei unserem Patienten. Auf Grund dieser Untersuchungen sprach sich der untersuchende Fach-Otiater, Herr College KÜMMEL, dahin aus, daß hier eine ganz eigenthümliche, abnorme Form der Gehörstörung vorliege. Ob auch diese angeboren sei, lasse sich natürlich schwer sagen, jedoch sei das wahrscheinlich.

Im Uebrigen liegt es ja sehr nahe, diese Hörstörung mit der angeborenen Farbenblindheit in eine gewisse Parallele zu setzen. Auch hier wird die verschiedene Intensität desselben Tones als etwas Besonderes empfunden, analog wie die verschiedene Intensität desselben Lichtes geeignet ist beim Achromaten eine Empfindung hervorzurufen, die verschiedenen Farben des normalen Auges entspricht.

Ob es berechtigt ist, die beiden Störungen im Sehen und im Hören, wirklich in der Art in Parallele zu setzen, möchte ich zunächst dahingestellt sein lassen. Immerhin wäre bei der Untersuchung der total Farbenblinden doch auf diesen Punkt die Aufmerksamkeit zu richten für die Zukunft.

Epikrise.

Die centrale Sehschärfe betrug in unserem Falle auf beiden Augen $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$ der normalen. Es entspricht ein solches

Verhalten durchaus dem gewöhnlichen Befunde in den bisherigen Fällen von angeborener totaler Farbenblindheit. $S = \frac{1}{4}$ ist gelegentlich noch angegeben, ein Mal auch noch $S = \frac{1}{3}$ der normalen (KREYSSIG), jedoch ist dieses meiner Ueberzeugung nach schon eine große Ausnahme. Es ist hierbei sehr zu berücksichtigen, daß in manchen Fällen ausdrücklich ein absolut normaler Bau des Auges hervorgehoben wird (QUERENGHI²⁹, LANDOLT l. c. u. A.), während in anderen Refraktionsanomalien vorlagen (Astigmatismus, Hyperopie und Myopie). Schon oben hob ich hervor, daß der BECKER'sche Fall von einseitiger congenitaler totaler Farbenblindheit mit voller Sehschärfe nicht hierher zu rechnen ist, zumal Braun der Patientin noch als farbig erscheint. Auch HERING bezeichnet diesen Fall nur als fast total farbenblind. Ganz neuerdings erwähnt RAEHLMANN eine vollständig farbenblinde 60jährige Dame, die früher angeblich volle Sehschärfe hatte und zur Zeit noch $S = \frac{2}{8}$ besitzt.

Dieses fast constante Vorkommen einer nur relativ geringen centralen Sehschärfe bei der angeborenen totalen Farbenblindheit ist nun ein Factor, welcher der Erklärung dieser Anomalie aus dem Fehlen oder der Functionsunfähigkeit der Zapfen in der Retina und speciell in der Macula lutea (KÖNIG^{22 u. 23}, VON KRIES^{26 u. 27}) eine gewichtige Stütze zu bieten scheint. Die Monochromaten werden nach dieser Theorie als „Stäbchenseher“ aufgefaßt. v. KRIES und BUTTMANN⁴ ermittelten die „Stäbchensehschärfe“ ihrer Augen bei Benutzung heller Objecte auf dunklem Grunde auf $\frac{1}{4} - \frac{1}{3}$ resp. $\frac{1}{5} - \frac{1}{7}$ und für dunkle Objecte auf hellem Grunde = $\frac{1}{5} - \frac{1}{8}$ resp. $\frac{1}{7} - \frac{1}{9,5}$. Es sind das Werthe, wie sie durchweg auch der centralen Sehschärfe der angeborenen Totalfarbenblinden zukommen. KÖNIG fand bei seinem zweiten Patienten ein kleines centrales absolutes Skotom, welches er gleichfalls geneigt ist, mit dem Mangel resp. einer Functionsunfähigkeit der Zapfen in der Fovea centralis im Zusammenhang zu bringen. Mit diesem Befunde nun eines kleinen centralen Skotoms stand der KÖNIG'sche Fall bisher allein da, unser Fall würde sich dem jetzt anschließen, es gelang thatsächlich nach vielen vergeblichen Versuchen mit Sicherheit ein solches von ca. $1,5^\circ$ Durchmesser, also annähernd den Durchmesser der Fovea centralis entsprechend nachzuweisen.

Ich möchte für unseren Fall noch besonders hervorheben, daß diese Untersuchung auf einem kleinen centralen Gesicht-

felddefect eine auferordentlich schwierige war, da es sehr schwer war für den Patienten bei der Prüfung daraufhin, das Auge auch nur kurze Zeit hindurch in absoluter Ruhe zu halten; in der Regel erfolgten jene oben beschriebenen kleinen ruckweisen Bewegungen in seitlicher Richtung, durch welche die nächstbenachbarten Retinalpartien in steter Abwechslung eingestellt wurden. Erst jene oben erwähnte Umschreibung des Fixirpunktes erleichterte das Auffinden des Skotoms sehr.

VON KRIES²⁶ verwahrt sich in seiner letzten Publication („Kritische Bemerkungen zur Farbentheorie“. *Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg.* Bd. XIX, Heft 2 u. 3 S. 177) HESS und HERING²⁰ gegenüber, als ob das Fehlen eines centralen Skotoms direct gegen die Erklärung des Monochromaten als „Stäbchenseher“ spreche und meint, es könne eine abnorme Bildung des Sehorgans in der Weise vorliegen, daß auch die normaler Weise nur mit Zapfen ausgerüsteten Theile der menschlichen Netzhautstäbchen führen, während HESS und HERING in dem Fehlen des Skotoms einen Beweis gegen die Deutung der Achromasie als lediglich ein „Stäbchensehen“ erblickten.

Die peripheren Gesichtsfeldgrenzen waren normal bei Prüfung mit einem weissen Object 1 qcm auf schwarzem Grund.

Die genauere Untersuchung nun über das Verhalten der centralen und peripheren Sehschärfe, wie sie wenigstens im horizontalen Netzhautmeridian eingehender durchgeführt wurde, ergeben, abgesehen von dem centralen Skotom, besonders die Abhängigkeit des Untersuchungsergebnisses von der Beleuchtungsintensität. Bei herabgesetzter Beleuchtung (Optimum für den Achromaten) steigt auch für ihn die periphere Sehschärfe continuirlich bis in nächster Nähe des Fixirpunktes, ähnlich wie beim normalen Auge, bei heller Beleuchtung hört schon etwas weiter excentrisch vom Centrum das Ansteigen der Sehschärfe auf. Es scheint in erster Linie die Function gerade der centralen Retinalpartien durch zu helle Beleuchtung geschädigt zu werden.

Der eigenartige Nystagmus, wie früher beschrieben, ruft ganz den Eindruck hervor, als ob eine ganz circumscripte Stelle deutlichsten Sehens, analog der Fovea centralis des normalen Auges, in der Macula lutea functionell nicht existirt, und der Untersuchte somit beim scharfen Fixiren, bald die eine, bald die andere Stelle seiner gleichmässig functionirenden Macula

lutea einstellt. Bei intensiver Beleuchtung des Objectes und aufmerksamem Fixiren nimmt dieser eigenartige Nystagmus zu, während er bei mäßig heller Beleuchtung und ruhigem Blick gerade aus ohne bestimmtes Fixiren eines Objectes so gut wie ganz verschwinden kann. Er hat jedenfalls je nach den äußeren Umständen in dieser Hinsicht etwas sehr Wechselndes. In einigen Mittheilungen in der Literatur wird ebenfalls auf die Eigenartigkeit dieses Nystagmus hingewiesen, doch scheint dieselbe nicht immer hinreichend beachtet zu sein. Auf die ungefähre Gröfse der nystagmusartigen Excursionen habe ich oben hingewiesen.

In ophthalmoskopischer Beziehung sei noch einmal ausdrücklich hervorgehoben, daß in unserem Falle sich die Fovea centralis als kleiner braunrother Fleck deutlich erkennen liefs, von einem Kreisreflex an der Grenze der Macula lutea war nichts wahrzunehmen. Der Augenhintergrund verhielt sich sonst normal.

Direct pathologische Augenspiegelveränderungen des Augenhintergrundes finden sich gelegentlich in der Literatur angegeben, so VON LANDOLT l. c. (Blässe der Pupillen, abnorme Enge der Retinalgefäße, leichte Chorioidaltrophie u. A.). Durchweg sind wir jedenfalls berechtigt, anzunehmen, daß sichtbare pathologisch-ophthalmoskopische Veränderungen bei der angeborenen totalen Farbenblindheit fehlen, ja oft ist auch in diesen Fällen ein ganz normaler Bau des Auges ausdrücklich betont.

Dem Verhalten der centralen Sehschärfe bei verschiedener Beleuchtungsintensität wurde eingehende Beachtung geschenkt und namentlich auch eine vergleichende Untersuchung unseres normalen Auges durchgeführt. Es ergibt sich hierbei, daß die Sehschärfe des achromatischen Auges schon bei einer Beleuchtung des Objectes von über 12 Meterkerzen continuirlich zu sinken beginnt, in Uebereinstimmung mit den subjectiven Angaben des Untersuchten, daß eine hellere Beleuchtung sein Sehen direct verschlechtert. Beim normalen Auge findet bei einer Beleuchtungsstärke von 12 Meterkerzen und mehr noch ein starkes Steigen der Sehschärfe statt, erst bei ca. 30 Meterkerzen hört hier das relativ schnellere Anwachsen der Sehschärfe auf, um dann nur noch einer ganz langsamen Zunahme bei weiter gesteigerter Beleuchtungsintensität Platz zu machen, wie ich das auch bei meinen früheren ausgedehnten

Versuchsreihen¹⁸ nachweisen konnte. Bei den niedrigsten Beleuchtungsintensitäten bis zu ca. 0,013 Normal-Meterkerzen verhält sich die Sehschärfe des achromatischen Auges ganz analog mit der des normalen. Die Uebereinstimmung ist eine so weitgehende, daß dem Zufall bei dieser Versuchsreihe wohl eine gewisse Rolle zuerkannt werden muß. Jedenfalls aber erhellt aus diesem Untersuchungsergebnis, daß bei diesen niedrigen Beleuchtungsintensitäten in Bezug auf das Anwachsen der centralen Sehschärfe zwischen dem normalen und dem achromatischen Auge keine wesentlichen Differenzen bestehen, wie das auch die Curven (Fig. 4 auf Tafel III) illustriren. Das Auseinandergehen der Curven findet ungefähr bei der Beleuchtung statt, wo das normale Auge aufhört, Pigmentfarben noch als farbig wahrzunehmen, wie uns in dieser Hinsicht vorgenommene vergleichende Bestimmungen an unserem eigenen normalen Auge zeigten.

Mit Rücksicht auf die einschlägigen Versuche KÖNIG'S²² und seiner graphischen Darstellung der Untersuchungsergebnisse in betreff des normalen und des total farbenblinden Auges, sind in den Curven (Fig. 2 auf Taf. III) die Aufzeichnungen auch so vorgenommen worden, daß auf der Abscisse nicht direct die Beleuchtungsintensitäten, sondern die Logarithmen derselben eingetragen wurden. Es nähern sich bei diesem Darstellungsmodus die Sehschärfencurven mehr geraden Linien, wenn auch nicht so exquisit, wie bei den KÖNIG'schen Aufzeichnungen. KÖNIG findet bekanntlich nach seinen Ergebnissen, daß die Sehschärfe eine lineare Function des Logarithmus der Beleuchtungsintensität des gesehenen Objectes ist und folgert ferner daraus, daß die Sehschärfe seines normalen Auges der des Total-Farbenblinden erst überlegen wurde, sobald bei entsprechend höherer Beleuchtungsintensität seine (KÖNIG) Zapfen in Function traten, während bei den niedrigsten Graden der Beleuchtung, so lange die Stäbchen functionirten, die Sehschärfe des normalen und des total farbenblinden Auges sich deckten. Jedenfalls aber müßte diese Annahme als richtig vorausgesetzt, auch für die Stäbchen des Total-Farbenblinden noch eine continuirliche Zunahme der Function (Sehschärfe) angenommen werden bei einer Beleuchtungsintensität, wo bei dem normalen Auge die Zapfen längst in Action getreten sind.

Auch bei der PFLÜGER'schen²⁸ Patientin sind genauere Untersuchungsreihen über Sehschärfe und Beleuchtungsintensität durch-

geführt worden und haben ein dem unserigen ziemlich analoges Resultat ergeben.

Der Lichtsinn des Achromaten bietet in Bezug auf die Reizschwelle keine wesentliche Abweichung von der Norm. Dies liefs sich mit dem FÖRSTER'schen Photometer feststellen und ebenso, dafs die Macula lutea des Total-Farbenblinden eine etwas höhere Reizschwelle hatte, als die excentrisch gelegenen Theile der Netzhaut, ganz in Uebereinstimmung mit dem normalen Auge. Diese Thatsache ergab sich schon ganz ausgesprochen am FÖRSTER'schen Photometer, wenn der Untersuchte bald central und bald excentrisch fixirte. Bei einer Beleuchtung, wo die schwarzen Striche auf weifsem Grund central fixirt nicht mehr wahrgenommen wurden, tauchten dieselben bei excentrischer Fixation noch wieder auf. Auch dies wird von allen Autoren, die genauer daraufhin untersuchten, übereinstimmend hervorgehoben und namentlich von HESS und HERING l. c. mit Recht gegen die Annahme verwerthet, als ob die Netzhautmitte nur Stäbchen enthalte, weil dann eine solche Unterempfindlichkeit der Netzhautmitte sich nicht finden dürfte.

Die Unterschiedsempfindlichkeit wurde mit der MASSON'schen Scheibe festgestellt. Es ergab sich hier eine wesentliche Differenz für den Achromaten, je nachdem die Scheibe sehr hell oder weniger intensiv beleuchtet war. Schon volle Tagesbeleuchtung schädigte die Unterschiedsempfindlichkeit des Achromaten auferordentlich, bei Herabsetzung der objectiven Beleuchtung stieg dieselbe sehr, ja bei einer gewissen Abdämpfung des Lichtes war derselbe dem normalen Auge etwas überlegen.

Das Gefühl der Blendung bei heller Beleuchtung war bei dem Untersuchten ein sehr ausgesprochenes und documentirte sich objectiv auch sofort durch Verengerung der Lidspalte. Andererseits empfand er es auch direct als sehr unangenehm, dafs sein Sehen sich bei grellerer Beleuchtung ausgesprochen verschlechterte, es „lagere sich wie ein Schleier über die gesehenen Dinge“. Auch in dieser Hinsicht scheinen mir die HESS-HERING'schen Ausführungen (l. c. S. 111) zu Recht zu bestehen.

Die Dunkeladaptation des achromatischen Auges ging deutlich schneller vor sich als die des normalen.

In Bezug auf die Untersuchung des Farbensinnes decken sich unsere Resultate weitgehend mit denen anderer

Untersucher. Alle Farben lassen sich am Farbkreisel aus Weiß und Schwarz herstellen für den Achromaten. Unschwer konnte derselbe aus einer großen Anzahl HERING'scher verschieden heller grauer Papiere zu jeder Pigmentfarbe ein entsprechendes Grau finden, welches ihm gleich der Farbe erschien. Bei einer photographischen Aufnahme der verschiedenen benutzten Pigmentpapiere unter ganz gleichen Bedingungen ergab sich, wie zu erwarten, eine andere Helligkeitsvertheilung im Spectrum, indem die blauen Lichtstrahlen sich am wirksamsten erwiesen und somit das Maximum der Helligkeit im photographirten Spectrum in dieser Gegend lag. Nicht also wie eine Photographie sieht der Achromat die Außenwelt, sondern die Helligkeitsvertheilung ist eine wesentlich andere. Grüner Rasen, das Laub der Bäume u. s. w. erscheinen dem Achromaten wesentlich heller und mehr zum kurzwelligen Ende hin gelegene Farbentöne in der Natur wesentlich dunkler als in der Photographie.

Am Spectralapparat erscheint für den Achromaten das rothe Ende deutlich verkürzt, das violette dagegen nicht.

Die hellste Stelle im Spectrum liegt im Grün bei ca. 530 μ . Ein ähnliches Resultat haben fast alle früheren Untersucher erhalten, nur ganz vereinzelt wird von einigen auch für den Achromaten die hellste Stelle im Gelb angegeben (MAGNUS²⁵, KREYSSIG²⁴).

Ganz in Uebereinstimmung mit der HERING'schen Lehre von der weißen und der farbigen Valenz der Farben waren die vergleichenden Untersuchungsergebnisse zwischen dem achromatischen und dem normalen Auge. Es ergab sich dies sowohl bei den Untersuchungen mit dem Farbkreisel im Dunkelzimmer bei einer so herabgesetzten Beleuchtung, daß vom normalen Auge die Pigmente gerade nicht mehr erkannt wurden (hierbei stimmten die Werthe zwischen achromatischem und normalem Auge fast genau überein), als auch bei vergleichenden Helligkeitsbestimmungen zwischen grauen Papieren und den farbigen Pigmentpapieren bei Tageslicht. Der Achromat traf bei Tageslicht schon dieselbe Auswahl, wie später im Dunkelzimmer, während das normale Auge im Dunkelzimmer seine Auswahl wesentlich abändern und der Auswahl des Achromaten anpassen mußte. Bei Tageslicht beeinflusste eben die farbige Valenz der Pigmente für das normale Auge sehr wesentlich die Helligkeitsschätzung, ein

Einfluß der natürlich für den Total-Farbenblinden nicht in Betracht kam.

Das sind in kurzen Zügen die gewonnenen Untersuchungsergebnisse in unserem Falle von totaler angeborener Farbenblindheit. Vielfach bestätigen sie die Ergebnisse früherer Untersucher, zum Theil aber dürften sie auch geeignet sein, Lücken bei den bisherigen Untersuchungsergebnissen auszufüllen und somit zur Klarstellung verschiedener noch lebhaft discutirter Fragen mit beizutragen.

Es erübrigt mir noch, dankbar der sehr anerkennenswerthen Bemühungen meines Assistenten des Herrn Dr. SEYDEL zu gedenken, der mir bei diesen zeitraubenden Untersuchungen ein eifriger und stets bereiter Mitarbeiter war. Desgleichen habe ich Herrn Dr. DEPÈNE zu danken für seine Mitwirkung bei verschiedenen Untersuchungsreihen.

Verzeichniss der benutzten Literatur.

- ¹ AUBERT. Physiologie der Netzhaut. Breslau 1865.
- ² O. BECKER. Ein Fall von angeborener einseitiger Farbenblindheit. *GRAEFÉ'S Arch. f. Ophth.* 25 (2), 205. 1879.
- ³ S. BLOOM u. S. GARTEN. Vergleichende Untersuchung der Sehschärfe des hell- und dunkeladaptirten Auges. *Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol.* 7 (8), 372. 1898.
- ⁴ BUTTMAN. Untersuchungen über Sehschärfe. Inaug.-Dissert. Freiburg 1896.
- ⁵ CHELIUS. Handbuch der Augenheilkunde. I. Bd. 1843.
- ⁶ DOR. Un cas de chromatolyphose ou achromatopsie complète. *Revue générale d'ophth.* 433 (M. J. B. 1885, 404). 1885.
- ⁷ F. C. DONDERS. Noch einmal die Farbensysteme. v. *GRAEFÉ'S Arch. f. O.* 30, 79. 1884.
- ⁸ H. EBBINGHAUS. Theorie des Farbensehens. *Zeitschr. für Psychologie u. Physiol. d. Sinnesorg.* 5, 145. 1893.
- ⁹ FAVRE. *Gaz. hebdom. de médic.* 1879, 92 u. 104; 1888, 598.
- ¹⁰ A. C. FICK. Ueber Stäbchen und Zapfensehschärfe nach Versuchen von cand. med. F. KOESTER. v. *GRAEFÉ'S Arch. f. O.* 45, 336. 1898.
- ¹¹ GAUBERT. De l'achromatopsie. Paris 1867. 49 S.
- ¹² GALEZOWSKI. Du diagnostic des maladies des yeux par la chromatoscopie-rétinienne. Paris 1868.
- ¹³ GROENOUW. Ueber die Sehschärfe der Netzhautperipherie und eine neue Untersuchungsmethode derselben. *Arch. f. Augenheilk.* 26, 85. 1893.

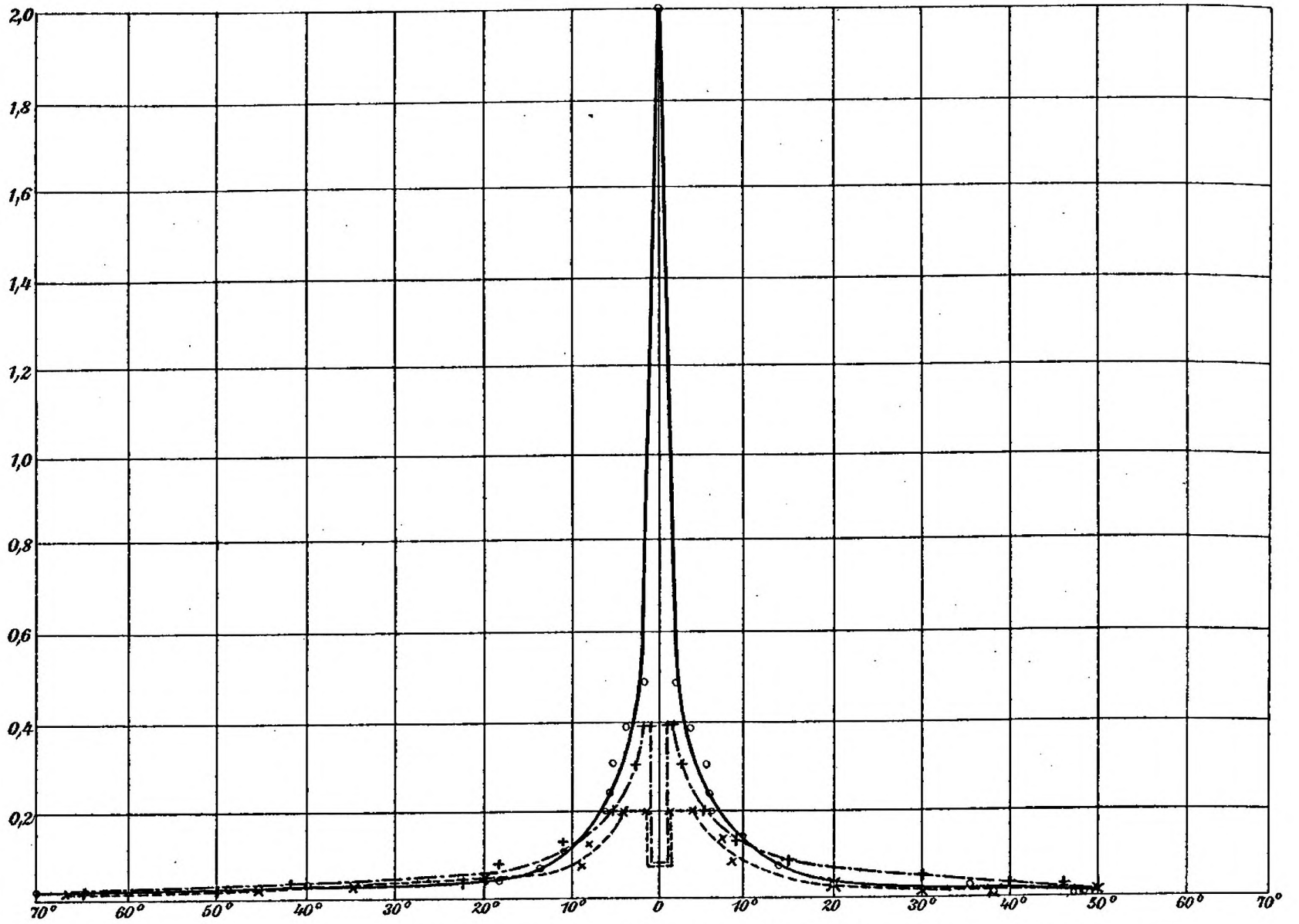
- ¹⁴ GUILLEBY. Ein Vorschlag zur Vereinfachung der Sehproben. *Arch. f. Augenheilk.* 23, 323. 1891.
- ¹⁵ D'HOMBRES-FIRMAS. *Annal d'Oculist* 1849, 70; 1850, 127.
- ¹⁶ HILLEBRAND. Ueber die specifische Helligkeit der Farben. *Sitz.-Ber. d. Wien. Akad.* 98, III. Abth. Febr. 1889.
- ¹⁷ A. v. HIPPEL. Ueber totale angeborene Farbenblindheit. *Festschr. z. 200jähr. Jubelfeier d. Univ. Halle.* 1894.
- ¹⁸ A. v. HIPPEL. Ueber einen neuen Fall von totaler Farbenblindheit. *Ber. d. Heidelb. Ophth. Gesellschaft.* 1898.
- ¹⁹ E. HERING. Ueber den Einfluss der macula lutea auf spectrale Farbgleichungen. *PLÜG. Arch. f. d. ges. Physiol.* 54, 277. 1893.
- ^{19a} Derselbe. Untersuchung eines total Farbenblinden. *Arch. f. d. ges. Physiol.* 49, 563. 1891.
- ²⁰ C. HESS und E. HERING. Untersuchungen an total Farbenblinden. *PFLÜG. Arch. f. Physiol.* 71. 1898.
- ²¹ HESS. Experimentelle Untersuchungen über die Nachbilder bewegter leuchtender Punkte. *Arch. f. Ophth.* 44, 545.
- ²² A. KÖNIG. Die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität. *Sitz.-Ber. d. Königl. Preufs. Akad. d. Wissensch.* Berlin, 13. Mai 1897.
- ^{22a} Derselbe. Ueber den menschlichen Sehpurpur und seine Bedeutung für das Sehen. *Ebenda.* 21. Juni 1894.
- ²³ A. KÖNIG u. DIETERICI. Die Grundempfindungen u. ihre Intensitätsvertheilung im Spectrum. *Sitz.-Ber. d. Königl. Preufs. Akad. d. Wissensch.* Berlin, 29. Juli 1886.
- ²⁴ F. KREYSSIG. Genuine totale Farbenblindheit. *Mitth. aus d. ophth. Klinik Tübingen* 2, 332. 1890.
- ²⁵ F. KOESTER. Ueber Stäbchen- und Zapfensehschärfe. *Centralbl. f. Physiol.* 17. Oct. 1896.
- ²⁶ v. KRIES. Kritische Bemerkungen zur Farbentheorie. *Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg.* 19, (2 u. 3). 1898.
- ²⁷ Derselbe. Ueber die Abhängigkeit centraler und peripherer Sehschärfe von der Lichtstärke. *Centralbl. f. Physiol.* (2). 26. Jan. 1895.
- ²⁸ Derselbe. Ueber die Function der Netzhautstäbchen. *Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane* 9, 5 u. 8.
- ²⁹ Derselbe. Ueber Adaptation. *Centralbl. f. Physiol.* 9. 1895.
- ³⁰ Derselbe. Ueber den Einfluss der Adaptation auf Licht- und Farbenempfindung und über die Function der Stäbchen. *Verh. d. Naturf. Gesellsch. Freiburg* 9 (2), 15—17.
- ³¹ LANDOLT. Achromatopsie totale. *Arch. d'ophth.* 1, 114. 1881.
- ³² Derselbe. Un nouveau cas d'achromatopsie totale. *Arch. d'ophth.* 10, 202. 1891.
- ³³ CHR. LADD-FRANKLIN. Eine neue Theorie der Lichtempfindungen. *Zeitschr. f. Psych. u. Physiol. d. Sinnesorg.* 4, 211. 1893.
- ³⁴ L. MAUTHNER. Farbenlehre. 2. Aufl. Wiesbaden, Bergmann, 1894.
- ³⁵ H. MAGNUS. Ein Fall von angeborener totaler Farbenblindheit. *Centralbl. f. Augenheilk.* 4. 1880.
- ³⁶ NETTLESHIP. On Cases of Congenital Dayblindness with Colour-Blindness. *Reprinted from St. Thomas Hospit. Rep.* 10. 1880.

- ³⁷ PFLÜGER. Beobachtungen an total Farbenblinden. *Ber. d. 27. Heidelb. ophth. Gesellsch.* 1898.
- ³⁸ PANAS. *Traité des maladies des yeux* 1, 201. 1894.
- ³⁹ FR. QUEBRENCHI. Deux cas d'achromatopsie totale. *Annal. d'oculist* 106, 333. 1891.
- ⁴⁰ E. ROSE. *Arch. f. Ophthalm.* 7, 79. 1860.
- ⁴¹ RAEHLMANN. Ueber den Daltonismus und die Young'sche Farbentheorie. v. GRAEFE'S *Arch. f. Ophth.* 22 (1), 47. 1876.
- ^{41a} RAEHLMANN. Ueber totale Farbenblindheit. *Wochenschr. f. Therap. u. Hyg. des Auges* (22). 1899.
- ⁴² TSCHERMAK. Ueber die Bedeutung der Lichtstärke und des Zustandes des Sehorgans für farblose optische Gleichungen. PFLÜG. *Arch. f. d. ges. Physiol.* 70, 297.
- ⁴³ UTHOFF. v. GRAEFE'S *Arch. f. Ophth.* 32 (1) u. 36 (1).
- ⁴⁴ v. WECKER. *Traité complet d'ophtalmologie* 1 (1), 566.
- ⁴⁵ WOLFFBERG. Totale Farbenblindheit. *Wochenschr. f. Therap. u. Hyg. des Auges* (15). 1899.

(Dieses Verzeichniss umfasst nicht alle einschlägigen Arbeiten, so sind namentlich die in ihrer Deutung zweifelhaften Mittheilungen nicht aufgeführt und von den physiologisch-optischen auch nur diejenigen, welche mit den erörterten Fragen in unmittelbarer Beziehung stehen.)

(Eingegangen am 10. März 1899.)

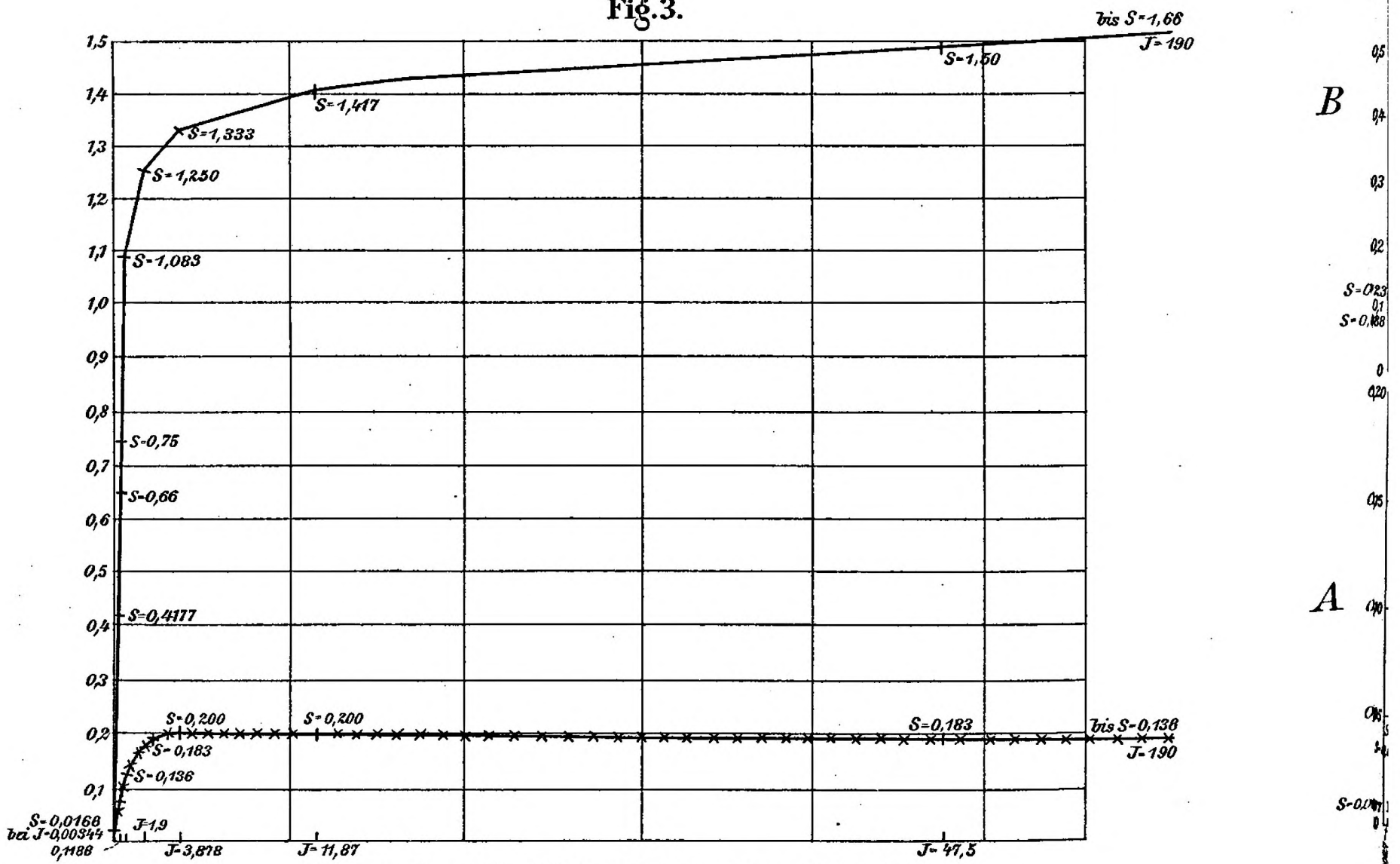
Fig. 1.



Aussen Curven über die centrale und periphere Sehschärfe beim Achromaten und Innen beim normalen Auge.

——— Curve des normalen Auges.
 - - - - - " des Achromaten bei intensiverer Tagesbeleuchtung.
 - · - · - " " " bei stärker herabgesetzter Beleuchtung.

Fig. 3.

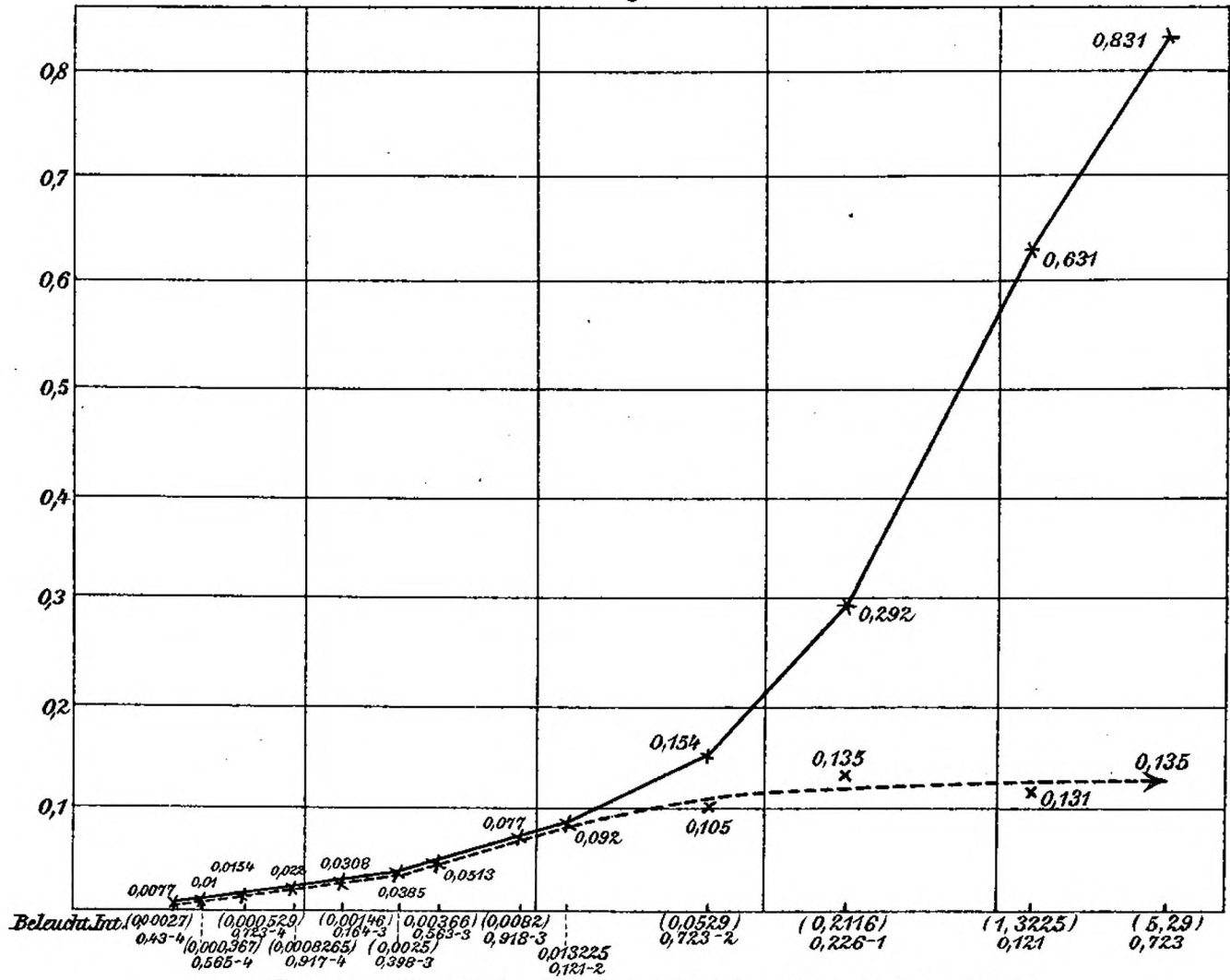


Curven über Sehschärfe und Beleuchtungsintensität (Gesamt-Übersicht von niedriger bis zu hoher Beleuchtungsintensität)

——— von einem normalen Auge
 x x x x x " " achromatischen Auge
 Als Lichteinheit benutzt eine Stearinkerze.

W. U h t h

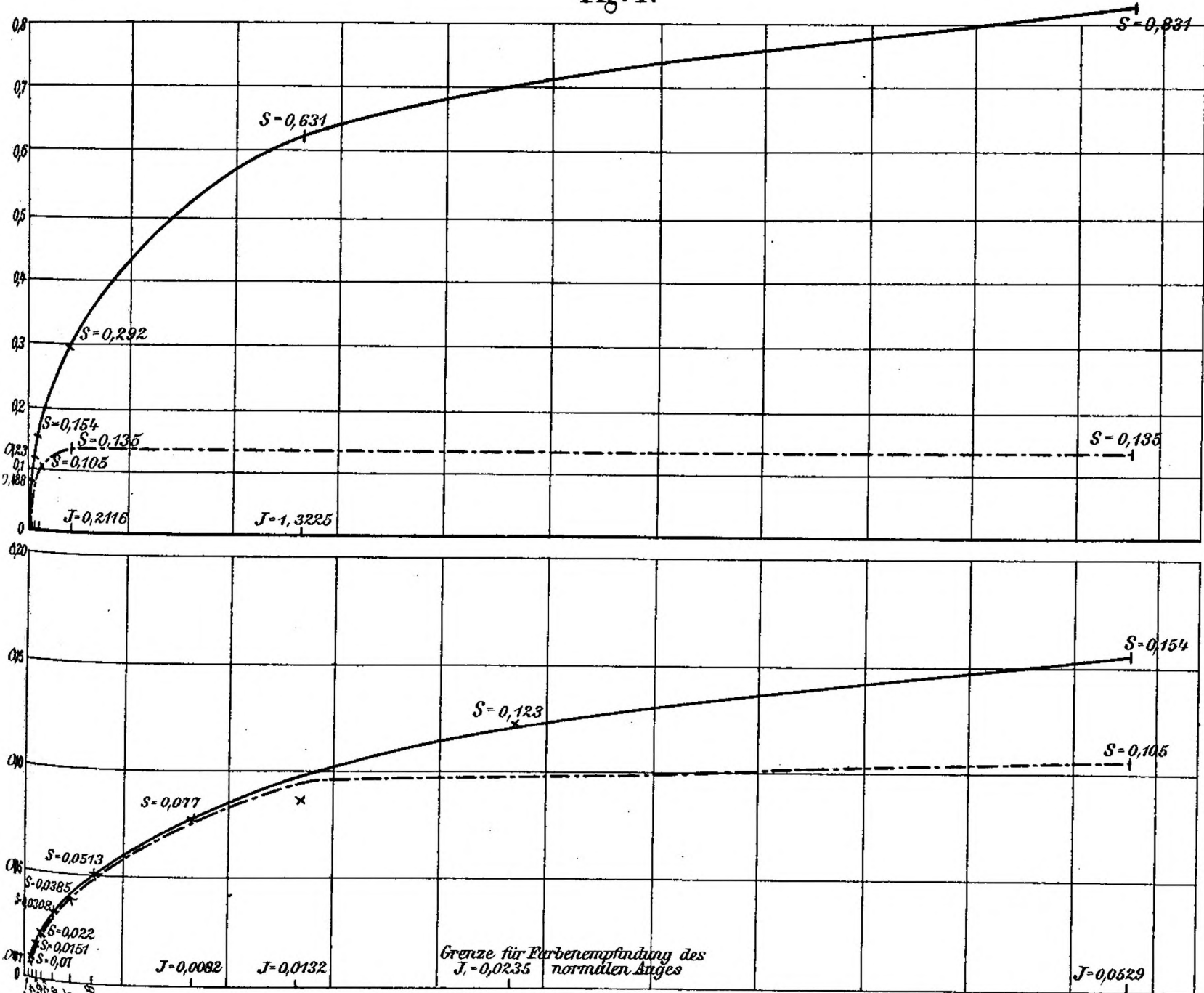
Fig. 2



Curven über Sehschärfe und Beleuchtungsintensität
auf der Abscisse die Logarithmen der Beleuchtungsintensität, auf der
Ordinate die Sehschärfe)

— des normalen Auges
- - - des achromatischen Auges

Fig. 4.



Als Lichteinheit
benutzt
die Benzinlampe
des Weberschen
Photometers

Curven über Sehschärfe und Beleuchtungsintensität
(Curve A im grösseren, Curve B im kleinern Maassstab gezeichnet)

— von einem Normalsichtigen
- - - " " Achromaten

