

(Aus dem Physiologischen Institut zu Freiburg i. Br.)

## Ueber die Abhängigkeit der Dämmerungswerthe vom Adaptationsgrade.

Von

J. VON KRIES.

Seit den ersten hierher gehörigen Beobachtungen von HERING und HILLEBRAND sind in einer größeren Anzahl von Versuchsreihen diejenigen Werthe der verschiedenen Lichter ermittelt worden, die ich als Dämmerungswerthe bezeichnet habe; es sind dies, rein empirisch ausgedrückt, die Helligkeitswerthe, die den verschiedenen Lichtern zukommen, wenn sie bei dunkeladaptirtem Auge und in so geringer Stärke angewandt werden, daß sie farblos erscheinen. Theoretisch sind sie nach der von mir vertretenen Anschauung die Reizungswerthe für den Dunkelapparat des Auges (die purpurhaltigen Stäbchen) während HERING und HILLEBRAND ihre Werthe ursprünglich als die Weißwerthe im HERING'schen Sinne nahmen (und soweit ich sehe, wohl auch jetzt noch dafür halten). Es liegt in der Natur der Sache, daß die Dämmerungswerthe nicht ohne ein gewisses Maafs von Dunkeladaption bestimmt werden können; denn Lichter, die so schwach sind, daß ihre Farbe nicht erkannt werden kann, werden vom helladaptirtem Auge entweder garnicht oder so schwach und unsicher gesehen, daß eine einigermaassen zuverlässige Vergleichung nicht möglich ist. Da aber eine Dunkeladaptation von

5—10 Minuten, also eine noch keineswegs maximale, im Allgemeinen genügt, um eine Vergleichung dieser Art zu gestatten, so kann die Frage wohl aufgeworfen werden, ob die Dämmerungs-Aequivalenz zweier Lichter, die sich nach kurzer Adaptation findet, auch für beliebig weiter gesteigerte Adaptation gültig bleibt oder mit anderen Worten, ob die Dämmerungswerthe vom Grade der Adaptation irgendwie abhängen.

Zum Voraus läßt sich auf Grund des bisher Gefundenen nur das mit einiger Sicherheit sagen, daß eine sehr erhebliche Abhängigkeit wohl nicht bestehen kann. Denn in den schon erwähnten Beobachtungen von HERING und HILLEBRAND, ebenso in einer großen Reihe folgender ist auf den Grad der Dunkeladaptirung keine besondere Rücksicht genommen worden. Dabei ist aber durchweg, schon wegen der zeitlichen Ausdehnung der Versuche, mit sehr verschiedenen Adaptationsgraden beobachtet worden. Bestand auch wohl im Allgemeinen die Voraussetzung, daß die betreffenden Werthverhältnisse durch zunehmende Adaptation nicht beeinflusst würden, so hätte ein solcher Einfluß, wenn er von großem Betrage wäre, sich doch so störend einmischen müssen, daß er kaum hätte unbemerkt bleiben können. Geringe Modificationen konnten natürlich ohne eine direct hierauf gerichtete Untersuchung, lediglich auf Grund der älteren Beobachtungen, die den Adaptationsgraden nicht besonders Rechnung trugen, nicht ausgeschlossen werden.

Theoretisch wurde der Gedanke an eine gewisse Abhängigkeit der Dämmerungswerthe vom Adaptationsgrade durch die folgende Betrachtung nahe gelegt.

Im Allgemeinen darf ja wohl angenommen werden, daß die chemischen Wirkungen der verschiedenen Lichter den absorbirten Energiemengen proportional gesetzt werden können, eine Annahme, die sich in dem von A. KÖNIG dargelegten Parallelismus der Dämmerungswerthe mit den Absorptionswerthen des Sehpurpurs bestätigt. Geht man von dieser Annahme aus, so ist aber klar, daß sich das Verhältniß der Dämmerungswerthe mit der Dicke der zu durchlaufenden Schicht oder mit der Concentration des Farbstoffs mehr oder weniger ändern muß. In der That möge bei einer bestimmten Schichtdicke und Concentration das Licht  $A_1$  im Verhältniß  $1:\alpha_1$ , das Licht  $A_2$  im Verhältniß  $1:\alpha_2$  geschwächt, also der Antheil  $1-\alpha_1$  resp.  $1-\alpha_2$

absorbirt werden, dann müßten, um Gleichheit des chemischen Effects zu ergeben, die Energiemengen der beiden Lichter  $E_1$  und  $E_2$  so gewählt werden, daß

$$E_1 (1 - \alpha_1) = E_2 (1 - \alpha_2) \text{ oder}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{1 - \alpha_2}{1 - \alpha_1}$$

Man sieht nun sogleich, daß, wenn dies der Fall ist, die beiden Lichter, nachdem sie die erste Schicht passirt haben, in dem Verhältniß  $\frac{E_1 \alpha_1}{E_2 \alpha_2}$  stehen, also auf die zweite Schicht nicht mehr in dem für gleiche Wirkung erforderlichen Verhältniß der Stärke auftreten. Vielmehr ist hier dasjenige Licht, welches relativ stark absorbirt wird, schon zu schwach geworden. So würde also in unserm Falle z. B. ein gelbes und blaues Licht so gewählt werden können, daß sie in einer ersten Schicht gleichviel Energie einbüßen. Hierzu müßte das gelbe Licht mit einem hohen, das blaue mit einem viel geringeren Energiewerth gewählt werden, weil dies letztere sehr viel stärker absorbirt wird. Nach dem Durchgang durch die erste Schicht ist nun aber das blaue Licht erheblich, das gelbe weit weniger geschwächt. In der folgenden Schicht wird daher das Aequivalenzverhältniß nicht mehr bestehen, sondern das gelbe Licht im Uebergewicht sich befinden. Ebenso wird das Aequivalenzverhältniß durch zunehmende Concentration modificirt werden. Allgemein kann man sagen, daß die Aequivalenzverhältnisse chemischen Effects sich unter der gemachten Voraussetzung mit zunehmender Schichtdicke oder Concentration zu Gunsten des schwächer absorbirten Lichtes ändern müssen.

Es ist bemerkenswerth, daß die hiernach zu erwartenden Aenderungen der Dämmerungs-Aequivalenz nicht im Sinne des PURKINJE'schen Phänomens, sondern im entgegengesetzten liegen.

Der experimentellen Prüfung der dargelegten Frage hat sich auf meine Veranlassung Herr Dr. RICARDO STEGMANN gewidmet, in dessen Dissertation auch die Ergebnisse seiner Untersuchungen bereits bekannt gegeben sind. Da die Genauigkeit der Ver-



gleichung jedenfalls so hoch wie irgend möglich getrieben werden mußte, so konnte von vorn herein keine andere Methode als die des „Flecks“ in Betracht kommen, d. h. die Vergleichung eines von einem Lichte erhellten kleinen Feldes mit einem es rings umgebenden, anderes Licht aussendenden Grunde.

Von einer Benutzung zweier homogener Lichter mußte unter diesen Umständen, da die Felder auch nicht gar zu klein sein durften, abgesehen werden. Am geeignetsten erschien die Verwendung des von POLIMANTI und dann von NAGEL benutzten gradssichtigen Spektroskops und zwar auch in ähnlicher Weise wie ihn NAGEL anwandte. In bekannter Weise sah also das hinter dem Ocularspalt befindliche Auge die Objectivlinse des Apparates mit einem beliebig zu wählenden homogenen Lichte erleuchtet. Vor dieser wurde nun eine farbige Scheibe mit einer kleinen runden Oeffnung angebracht und es gab somit das Spektroskop das homogene Licht des Flecks, die Scheibe den umgebenden Grund. Um auch hier ein wenigstens annähernd homogenes Licht zu haben, wurde die Scheibe zunächst aus einem passenden farbigen Papier gefertigt, außerdem aber von dem Lichte eines Auerbrenners in der Weise beleuchtet, daß dieses eine der von NAGEL beschriebenen Absorptionsflüssigkeiten zu durchsetzen hatte. Sehr wesentlich war sodann ein weiterer Punkt der Einrichtung; um jede Unsicherheit durch Intensitätsschwankung der Lichtquellen zu vermeiden, wurde die Anordnung so getroffen, daß derselbe Auerbrenner sowohl das Licht für das Spektroskop wie das für die Beleuchtung der Scheibe lieferte. Die Lampe war zu diesem Zweck in einen lichtdichten Blechkasten eingeschlossen, der nur durch zwei Ansätze Licht austreten ließ. Der eine führte dasselbe auf ein vor dem Spalte des Spektralapparates aufgestelltes weißes oder graues Blatt, der andere (dieser zunächst noch durch das Strahlenfilter abgeschlossen) beleuchtete mittels eines Spiegels die farbige Scheibe. So war anzunehmen, daß die nie ganz zu vermeidenden Helligkeitsschwankungen wenigstens die beiden zu vergleichenden Lichter gleichmäßig treffen würden. Um eine weitgehende und völlig ungestörte Adaptation zu ermöglichen, war ferner durch besondere Vorrichtungen, deren Beschreibung wohl unterbleiben darf, Sorge getragen, daß weder von dem einen noch von dem anderen Lichte etwas direct in das Auge des Beobachters dringen konnte.



Die den Versuchen gestellte Aufgabe bestand ja nun durchweg darin, den Fleck dem Grunde gleichzumachen und dadurch zum Verschwinden zu bringen. Dies wurde in der auch schon früher hier geübten Weise mittels eines dem Beobachter bequem zur Hand stehenden Schnurlaufs bewirkt, der den Collimatorspalt erweitern und verengern, somit die Helligkeit des Flecks variiren liefs. Besondere Aufmerksamkeit erforderte aber die allgemeine Einrichtung der Helligkeitsverhältnisse. Die für jede Versuchsreihe fixirte Helligkeit des Grundes mußte so gewählt werden, daß das Licht, theoretisch gesprochen, unterhalb der Schwelle für den Zapfenapparat blieb, d. h. so daß in keinem Falle seine Farbe gesehen werden konnte. Hierfür ist die Möglichkeit mit dem andersfarbigen Licht des Flecks eine vollkommene Gleichung herzustellen ein gutes Kriterium. Natürlich darf die Intensität aber auch nicht wesentlich geringer gewählt werden als so, daß jene Forderung mit Sicherheit erfüllt ist: denn je schwächer man die Lichter nimmt, um so länger werden die Anfangsstadien der Adaptation, die, weil man überhaupt noch nicht beobachten kann, ganz außer Spiel bleiben, um so mehr verringert man also die Aussicht, bestimmte Ergebnisse zu erhalten.

Für jede Versuchsreihe mußte im Voraus eine passende Lichtstärke des Grundes gesucht und fixirt werden. Dies geschah, nachdem die allgemeine Anordnung des Versuchs einmal gegeben war durch die Wahl des farbigen Papiers und die Mischung der Absorptionsflüssigkeit.

Für das homogene Licht war es nützlich auch so zu Werke zu gehen, daß die einzustellenden Spaltweiten weder zu groß noch zu klein wurden, sondern sich etwa zwischen 20 und 40 Theilstrichen bewegten, da in diesem Falle die Sicherheit der Einstellung weitaus am größten ist. Dies konnte in sehr einfacher Weise dadurch erreicht werden, daß vor dem Collimatorspalt ein etwas helleres oder dunkleres Papier aufgestellt wurde.

Da positive Ergebnisse überhaupt nur bei Vergleichung sehr verschiedener Lichter zu erwarten waren, so ist eine umfangreichere Variirung in dieser Beziehung nicht vorgenommen worden; vielmehr wurden die Versuche auf eine Vergleichung von einem Orange und einem Blaugrün beschränkt, deren durchschnittliche Wellenlängen auf etwa  $640^{\circ}$  und  $480 \mu\mu$  angegeben werden können.

Einigermaassen 'fraglich erschien zum Voraus wie die einzelnen Beobachtungen am zweckmässigsten zeitlich anzuordnen sein würden. Ihre Zahl zu sehr zu häufen, etwa ohne Unterbrechung immer eine Einstellung an die andere zu schliessen, erschien nicht empfehlenswerth, da der Gang der Adaptation dadurch zu sehr hätte beeinträchtigt werden können. Im Gange der Versuche selbst stellte sich schliesslich als das Beste heraus, in bestimmt fixirten Intervallen je eine Einstellung zu machen. Da selbst die einzelne Einstellung, wenn sie mit grosser Sorgfalt gemacht wird, eine recht befriedigende Genauigkeit erhält, so konnte der Gang der Aenderungen auf diese Weise relativ gut verfolgt werden. Auf die Vermehrung der Sicherheit durch die Berechnung von Mittelwerthen ist hierbei freilich verzichtet; diese ist aber, wenn der einzelne Werth sich auf einen bestimmten Zeitpunkt beziehen soll, nicht wohl durchzuführen. Zu bemerken ist hinsichtlich der Zeitverhältnisse noch Eines. Die Adaptationsdauer ist ja im Grunde immer von demjenigen Zeitpunkt an zu rechnen, in dem der Aufenthalt im verdunkelten Zimmer beginnt. Die von diesem Punkte ab gerechneten Zeiten sind jedoch in verschiedenen Versuchsreihen doch nicht unter einander vergleichbar, weil das Sehorgan sich beim Anfang des Versuchs in sehr verschiedenem Zustande befinden kann. Dies machte sich vornehmlich darin bemerklich, dass bei bestimmten Lichtern die Adaptationsdauer, bei der eine Einstellung zuerst möglich war, und von der ab also der eigentliche Versuch begann, sich sehr merklich verschieden herausstellte. Hatten die Augen unmittelbar zuvor sehr helles Licht erhalten (so z. B. wenn der Versuch an hellen Tagen direct nach längerem Aufenthalt im Freien gemacht wurde), so musste, bis die erste Einstellung möglich war, erheblich längere Zeit verstreichen, als wenn der Beobachter vorher in einem mässig erleuchteten Zimmer gewesen war. Aus diesem Grunde sind in den folgenden Zusammenstellungen die Zeiten immer von dem Zeitpunkt an gerechnet worden, in dem zuerst eine zuverlässige Einstellung ausführbar erschien. Natürlich kann auch auf diese Weise immer nur ein annähernd vergleichbarer, nicht ein wirklich genau übereinstimmender Anfangspunkt gewonnen werden. Wie lang nach dem Eintritt ins Dunkelzimmer dieser Punkt lag ist in den Tabellen jedesmal bemerkt worden.

Einer Erwähnung bedarf endlich auch noch die Wahl derjenigen Netzhautstelle, auf der die Beobachtung auszuführen war. Eine Fixirung in dieser Hinsicht erschien nothwendig, da es sich nicht von selbst versteht, daß die Aequivalenzverhältnisse mit derjenigen Genauigkeit, die hier erfordert wird, für alle Netzhautpartien übereinstimmen, in der That auch die Versuche selbst alsbald lehrten, daß Abweichungen ähnlicher Grössenordnung, wie die mit der Adaptation verknüpften, hier vorkommen. Aus diesem Grunde mußte denn der Versuchseinrichtung noch ein Fixirzeichen hinzugefügt werden; es wurde dazu ein Glühlämpchen kleinster Dimensionen benutzt, das durch sorgfältige Stromregulirung auf schwächste Rothgluth eingestellt wurde.

Uebrigens ist zu bemerken, daß eine ganz strenge Fixation, da sie dem Sinne des Versuches nach nicht erfordert wurde und für die Genauigkeit der Vergleichen bekanntlich überaus nachtheilig ist, nicht verlangt und nicht eingehalten wurde. Eine systematische Durchprüfung der ganzen Netzhaut ist nicht vorgenommen worden; die Untersuchung erstreckte sich nur auf eine stärker excentrische Stelle etwa  $20^\circ$  nach oben im Gesichtsfeld gelegen und eine dem Centrum nähere in  $4^\circ$  Abstand.

Im ersteren Falle wurde dem Fleck eine Ausdehnung von  $4^\circ$ , im letzteren eine kleinere von  $2,5^\circ$  gegeben.

In Bezug auf die technische Ausführung der Versuche ist ferner noch hinzuzufügen, daß die Beobachtungen durchweg nur mit einem Auge ausgeführt wurden. Nur dieses wurde auch einer möglichst hochgradigen Dunkeladaptation unterworfen. Dagegen wurde das andere verwendet, um die erforderlichen Ablesungen einerseits der Uhr, andererseits der eingestellten Spaltweiten auszuführen, wodurch es ermöglicht war, die Versuche allein, ohne Gehilfen durchzuführen.<sup>1</sup> Sowohl die neben dem Beobachter aufgehängene Uhr wie auch die Trommel, an der die Spalteinstellung abgelesen wird, konnten durch kleine Glühlämpchen beleuchtet werden; das Dunkelauge blieb natürlich während der (immer nur sehr kurzen) Stromschliessungen verdeckt.

Ehe ich zur Mittheilung der eigentlichen Versuchsergebnisse schreite, sei noch angeführt, daß in einigen Controlversuchen

---

<sup>1</sup> In der Regel wurden übrigens gleichwohl die Ablesungen von einem Gehilfen besorgt.



der Fleck und Grund mit annähernd demselben blaugrünen Licht erleuchtet wurden. Es fand sich hierbei, dafs in einer sehr befriedigenden Weise und mit einer fast überraschenden Genauigkeit die Zahlen der Einstellung constant blieben, wie dies die in Tabelle 1 zusammengestellten Versuche zeigen.

Tabelle I

Mengen des einem bestimmten Blaugrün als gleich eingestellten homogenen Blaugrün.

		Adaptationszeiten in Minuten von der ersten Einstellung an										Erste Einstellung nach Dunkel-aufenthalt von
		0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	
Eingestellte Spaltweiten	I	21	21,5	22	21,5	22,5	21	21	22	21,5	21	5 Min.
	II	35	34	35	33,5	34,5	33	35	34,5	33	33,5	10 "
	III	18	18	18,5	18	17,5	18,5	18	17,5	17,5	18	5 "

Dabei muß allerdings bemerkt werden, dafs, als diese Versuche angestellt wurde, der Beobachter schon durch eine recht erhebliche Zahl von Vorversuchen mit minder vollkommenen Methoden eine bedeutende Uebung gewonnen hatte.

Die eigentlichen, unserer Frage gewidmeten Versuche, bei Vergleichung des orangefarbenen Flecks mit blauer Umgebung und umgekehrt sind nun in den Tabellen II und III zusammengestellt.

Tabelle II.

Mengen des einem bestimmten Orange gleich erscheinenden homogenen Blaugrün (480  $\mu\mu$ ).

Versuch	Adaptationszeiten in Minuten von der ersten Einstellung an										Erste Einstellung nach Dunkel- aufenthalt von	Differenz zwischen erster u. letzter Einstellung in % des kleineren Werthes
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
I	18	—	21	21	22	22,5	24	25	26	28	27	50 %
II	12	—	13,5	13,5	15,5	15	16	15,5	16	16	15,5	29 "
III	22,5	22,5	—	—	26	27	28	30	30	30,5	30	33 "
IV	27	—	27,5	29	30	33	33,5	35	36	35,5	36	33 "
V	24	23,5	24	26	27	26,5	27	28	29,5	30	29,5	23 "

Tabelle III.

Mengen des einem bestimmten Blaugrün gleich erscheinenden homogenen Orange (640  $\mu\mu$ ).

Versuch	Adaptationszeiten in Minuten (von der ersten Einstellung an)										Erste Einstellung nach Dunkel- aufenthalt von	Differenz zwischen erster u. letzter Ein- stellung in % des kleineren Werthes
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45		
I	45	44,5	44	40	38	37,5	37,0	37,5	37,0	37,0	5 Min.	22 %
II	50	47	44	43,6	44	41	35	34,5	35	34,5	10 "	45 "
III	38	—	33	31	32	31,5	32	32	31,5	31,5	6 "	21 "
IV	50	—	46,5	—	36,5	35	36	36,5	36	36	14 "	39 "
V	49	—	50	49	48	46	42	39	37	38	9 "	29 "

Alle Versuche lassen, wie man sieht, eine zwar nicht sehr starke aber doch vollkommen deutliche Aenderung der Aequivalenzverhältnisse in dem Sinne erkennen, daß allmählich das Blau verstärkt resp. das Orange abgeschwächt werden muß, das letztere also relativ stärker wirksam erscheint. Es ist dies in der That die nach den oben angeführten theoretischen Erwägungen erwartete Erscheinung, eine dem PURKINJE'schen Phänomen entgegengesetzte Aenderung.

Durchaus ähnliche Ergebnisse erhielt Professor NAGEL, der einige Versuche nach gleichem Verfahren anstellte. Bei derjenigen Anordnung, wo der Fleck blaues, die Umgebung orangefarbenes Licht hatte, stellte er ein:

Dunkeladaptation	0	15	35	55	60	Minuten nach der ersten Einstellung	
Spaltweiten	36	42	45	52	54	Theilstriche	

und in einem zweiten Versuch:

Dunkeladaptation	0	5	8	18	20	35	45	Minuten nach der ersten Einstellung	
Spaltweiten	32	32	33,5	33,5	37	39	40,5	Theilstriche.	

Bei derjenigen Anordnung, wo der Fleck orangefarbiges Licht, die Umgebung blaugrünes hatte, waren die Ergebnisse die folgenden:

Dunkeladaptation	0	10	13	17	30	33	39	45	Minuten nach d. ersten Einstellung	
Spaltweiten	46	43	43,5	42,5	38	36	37	36	Theilstriche.	

  

Dunkeladaptation	0	5	8	10	20	35	40	Minuten nach der ersten Einstellung	
Spaltweiten	50	50	47	46,5	41	37,5	38	Theilstriche.	

Man sieht also auch hier, wie im Laufe der längeren Adaptation allmählich das Blau an Reizwerth relativ verliert, das Orange gewinnt.

Einige Beobachtungen, die auf einer weniger excentrischen Netzhautpartie ( $10^\circ$ ) durchgeföhret wurden, lieferten so vollkommen übereinstimmende Resultate, daß es gegenstandslos erschien, auch diese in einer größeren Zahl von Reihen zu prüfen. Besonderes Interesse bot dagegen die Untersuchung einer dem Centrum möglichst nahe zu wählenden Stelle; da die Beobachtung mit dem Netzhautcentrum selbst aus bekannten



Gründen unmöglich ist, so konnte natürlich der Fixirpunkt nicht in den Fleck mitten hinein, selbst nicht an den Rand desselben gelegt werden. Es zeigte sich, daß eine sichere Beobachtung noch gelang, wenn dem Mittelpunkt des Flecks ein Abstand von  $4^{\circ}$  vom Fixirpunkt gegeben wurde; der Fleck selbst konnte hierbei zweckmäfsig auf eine etwas kleinere Ausdehnung reducirt werden ( $2,5^{\circ}$ ). Das Resultat der mit dieser Anordnung angestellten Versuche war nun, daß die bei der gröfseren Excentricität beobachtete Erscheinung auch hier in wesentlich gleicher Weise stattfindet. Der unmittelbare Vergleich lehrte dabei, daß allerdings zwischen den mit kleiner und den mit grofser Excentricität gemachten Einstellungen ein constanter Unterschied besteht; ein für die eine Netzhautstelle richtig gemachte Einstellung trifft ganz deutlich für die andere nicht zu und umgekehrt. Es handelt sich aber dabei nicht um einen Unterschied, der etwa auf einer geringeren Variabilität der weniger excentrischen Stelle beruhte, so daß deren Einstellungen etwa dauernd auf einem Werthe blieben, der für die mehr excentrische Stelle nur zu Anfang gültig wäre; vielmehr ändern sich die Werthe für beide Partien in nahe gleichartiger Weise mit fortschreitender Adaptation, so daß die Unterschiede dauernd in etwa gleichem Betrage bestehen bleiben. Um dies möglichst klar zur Darstellung zu bringen, wurden einige Versuche so geführt, daß zwei Fixirzeichen angebracht wurden und in derselben Reihe immer sofort nacheinander eine Einstellung für die kleine und eine für die grofse Excentricität gemacht wurde. Zwei Reihen dieser Art lieferten die nachstehenden Zahlen:

Veränderung der Spaltweiten für ein Licht von der Wellenlänge  $480 \mu\mu$  verglichen mit einem gleichbleibenden Orange.

		Excentric. $4^{\circ}$	Excentric. $20^{\circ}$
Minuten	0	49	43
"	5	50,5	44
"	10	53	46,5
"	20	54,5	47
"	30	55,5	48
"	40	55	48,5

Erste Einstellung nach 15 Minuten möglich.

Veränderung der Spaltweiten  
für ein Licht von der Wellenlänge  $640\ \mu\mu$  im Vergleich zu einem  
gleichbleibenden Licht von  $500\text{--}460\ \mu\mu$ .

		Excentric. $4^\circ$	Excentric. $20^\circ$
Minuten	0	50	57
"	5	49	56
"	10	45,5	53,5
"	15	43	52
"	25	41,5	52
"	35	42	50
"	45	42	49
"	50	41	48

Erste Einstellung nach 10 Minuten möglich.<sup>1</sup>

Man wird vermuthen dürfen, daß die Abweichung zwischen den verglichenen Netzhautstellen auf einem nicht veränderlichen Moment beruht, nämlich auf der Makula-Pigmentirung. Daß die bei kleiner Excentricität gemachten Einstellungen noch etwas unter dem Einflusse des Makula-Pigments gestanden haben, erscheint in der That bei dem, was über die Ausdehnung der Pigmentirung bekannt ist, wohl denkbar. Auch sind die Differenzen, im Durchschnitt etwa auf  $15\%$  zu veranschlagen, von einer Größenordnung, die diese Auffassung wohl zulässig erscheinen läßt.

Es bleibt indessen noch ein anderes zu erwägen. Im Hinblick auf die zu Anfang entwickelte theoretische Auffassung kann es auffallen, daß die mit der Adaptation einhergehenden Aenderungen, die ja auf die Ansammlung des Sehpurpurs zurückgeführt werden sollten, auf der ohne Zweifel relativ purpurarmen dem Centrum nahen Stelle ebenso deutlich hervortreten, wie auf der voraussichtlich viel purpurreicheren excentrischen. Man kann dem gegenüber darauf hinweisen, daß die sichtbaren Unterschiede des Purpurreichthums jedenfalls nicht allein von dem Purpurreichthum der einzelnen Stäbchen, sondern sehr wesentlich auch von deren Zahl pro Flächeneinheit abhängen, während die hier verfolgten Aenderungen mit der Adaptation

---

<sup>1</sup> Der relativ geringe Betrag der hier gefundenen zeitlichen Aenderung erklärt sich daraus, daß wegen der Betheiligung der paracentralen Stelle die Beobachtungen erst nach erheblich längeren Dunkeladaptationen anfangen konnten, als bei den früheren Reihen.

wohl nur mit der Erfüllung des einzelnen Stäbchens mit jenem Farbstoff zusammenhängen dürften.

Das Ergebniss der obigen Mittheilung kann dahin zusammengefasst werden, dass die Dämmerungswerthe der verschiedenen Lichter sich mit zunehmender Adaptation zwar nicht sehr erheblich, aber doch deutlich und zwar in einem den PURKINJE'schen Phänomen entgegengesetzten Sinne ändern.

Von grossem Interesse wird es natürlich sein, zu erfahren, ob eine Erscheinung ähnlicher Art bei den total Farbenblinden zu constatiren ist. In dieser Hinsicht möchte ich vorderhand nur constatiren, dass ich dies durch das negative Ergebniss meiner früheren Beobachtungen nicht für ausgeschlossen halten möchte, da bei ihrer beschränkten Genauigkeit Aenderungen der Aequivalenzverhältnisse von der hier in Betracht kommenden Größenordnung wohl der Wahrnehmung entgehen konnten.<sup>1</sup> Erst wenn sich auch hier ein Gleiches herausstellen sollte, wird man die eingangs angeführte Hypothese über die Ursache der Erscheinung für hinlänglich begründet halten dürfen.

TSCHERMAK hat in einer jüngst erschienenen Arbeit<sup>2</sup> mitgetheilt, dass für stark excentrische Netzhautstellen die Aequivalenzverhältnisse verschiedenfarbiger Lichter sich mit fortschreitender Dunkeladaptation beständig im Sinne des PURKINJE'schen Phänomens ändern. Die Richtigkeit dieser Erfahrung wird gewiss für einen weiten Bereich von Lichtstärken nicht zu bezweifeln sein. Sollen aber, gemäß der von T. weiter gemachten Angabe die optischen Gleichungen von den absoluten Lichtstärken allgemein unabhängig sein, und wird jene Angabe somit auch auf Lichter bezogen, wie sie in den obigen Versuchen STEGMANN's benutzt wurden, solche also, die unter allen Umständen auch central und paracentral keine Farbe erkennen lassen, so tritt sie hier mit unseren Erfahrungen in einen kaum verständlichen Widerspruch. Einen gewissen Anhalt zur Lösung dieses Widerspruchs gewährt nur der folgende Umstand. TSCHERMAK findet

---

<sup>1</sup> Es wurde daher auch damals nur gefolgert, dass die Helligkeitsverhältnisse verschiedener Lichter für die total Farbenblinden nicht in erheblichem Betrage durch den Adaptationszustand beeinflusst werden. (Vergl. *Zeitschr. f. Psychol.* 13, S. 295.) Mit ähnlicher Zurückhaltung drücken sich auch HERING und HESS aus.

<sup>2</sup> TSCHERMAK. Beobachtungen über die relative Farbenblindheit im indirecten Sehen. *PFLÜGER's Archiv* 82, S. 559.



für den helladaptirten Zustand Werthe, die mit unseren Peripheriewerthen genügend übereinstimmen. Dagegen sind die Veränderungen, die er beim Uebergange zur Dunkeladaptation findet, wenn auch erheblich, doch noch lange nicht von dem Betrage, wie es dem Unterschiede unserer Peripherie- und Dämmerungswerthe entsprechen würde. Es folgt daraus, wie es auch seine Zahlen zu zeigen scheinen, daß er zu Aequivalenzverhältnissen zwischen Gelb und Blau, wie sie den Dämmerungswerthen zukommen, d. h. also zu einer Art des Sehens, wie sie doch schon von recht vielen Beobachtern constatirt ist und als einigermaassen typisch gelten kann, überhaupt nicht gelangt ist. Es wird aufzuklären bleiben, ob hier eine individuelle Eigenthümlichkeit vorliegt, oder ob (was zu vermuthen ich mich trotz der gegentheiligen Angabe nicht ganz enthalten kann) die Abschwächung der Lichter eine unzureichende gewesen ist.

*(Eingegangen am 14. Januar 1901.)*

---