

(Aus dem Physiologischen Laboratorium der Kaiserl. Universität Charkow.)

Beitrag zur Lehre des intermittierenden Lichtreizes der gesunden und kranken Retina.

Von

Dr. med. E. P. BRAUNSTEIN,
Privatdozent an der Kaiserlichen Universität Charkow.

Einleitung.

Jede Gesichtsempfindung klingt allmählich an, verschwindet nicht gleichzeitig mit der Ursache, durch welche sie hervorgerufen worden ist, sondern bleibt im Auge noch eine Zeitlang erhalten und klingt allmählich ab. Wenn wir z. B. einen beleuchteten Gegenstand ansehen und dann die Augen schliessen, so sehen wir noch eine Zeitlang das Nachbild desselben. Es gibt positive und negative Nachbilder. Das positive Nachbild ist die Fortsetzung der durch den primären Reiz hervorgerufenen Netzhauterregung; das negative Nachbild ist, wie man annimmt, das Resultat der veränderten Erregbarkeit der Retina infolge der durch den primären Reiz hervorgerufenen Ermüdung. Bezüglich der Dauer des Nachbildes, seines Entstehungsortes und seiner Beziehungen zum primären Lichtreiz gibt es in der Wissenschaft noch keine festgestellten Gesetze. Das Nachbild ist kein einfaches, durch Verlängerung des Lichteindrucks hervorgerufenes Produkt, sondern eine ziemlich komplizierte Erscheinung. Nach BRÜCKE gesellt sich hier zu der abklingenden primären Netzhauterregung eine ganze Reihe von subjektiven, aufeinander folgenden positiven und negativen Nachbildern hinzu. Alle Forscher stimmen darin überein, dass auf die primäre Empfindung sehr rasch, ungefähr nach $\frac{1}{5}$ Sekunde, eine mehr oder minder lange sekundäre Empfindung folgt. In

neuerer Zeit hat man sich zum Gegenstand sorgfältiger Forschung die Erscheinung des sekundären positiven Nachbildes des bewegten leuchtenden Punktes gemacht, welche unter dem Namen des sekundären PURKINJESCHEN Nachbildes bekannt ist; die englischen Gelehrten bezeichnen diese Erscheinung als recurrent vision. Die bezüglichen Untersuchungen haben zu Resultaten geführt, die einander widersprechen. Nach den Beobachtungen mancher Autoren ist die sekundäre Lichtempfindung von der primären durch ein deutliches dunkles Zwischenstadium getrennt, während andere Autoren dieses Stadium nicht bemerkt haben wollen. Nach der Ansicht der meisten Forscher ist die sekundäre Empfindung in eine Farbe gefärbt, die dem primären Eindruck gegenüber als Ergänzungsfarbe erscheint, nach der Ansicht anderer Autoren in eine gleichnamige. Nach den neuesten Untersuchungen von J. v. KRIES¹ wird die primäre Empfindung durch Erregung der Zapfen, die spätere sekundäre durch Erregung der Stäbchen bedingt. Dieser Autor fand, daß das positive Nachbild in einem sehr kleinen Fixationsgebiet der Retina, die der Fovea centralis entspricht, fehlt, daß nach längerer Adaptation das Zwischenstadium, welches der sekundären Empfindung vorangeht, verschwindet, und daß die Farbe der sekundären Empfindung eine Ergänzungsfarbe ist. Nach HESS² sind die Nachbilder in allen Teilen der Retina, unabhängig von dem Zustande der Adaptation, gleich, und die Farbe der sekundären Empfindung ist keine Komplementärfarbe, sondern eine gleichnamige. Wenn schon in der Frage des einfachen Nachbildes fixierter oder bewegter leuchtender Punkte sich so widersprechende Ansichten bestehen, so ist die Lehre von dem intermittierenden Lichtreiz, wo sich zu der ersten Empfindung und seinem sekundären Nachbild, das abzuklingen noch nicht vermocht hat, eine ganze Reihe aufeinander folgender neuer Empfindungen gesellt, noch verwickelter. Es ist schon seit lange bekannt, daß, wenn die Intervalle der einzelnen, rasch aufeinander folgenden Lichtreize so klein sind, daß das Nachbild

¹ Über die Wirkung kurzdauernder Lichtreize auf das Sehorgan. *Abhandlungen zur Physiologie der Gesichtsempfindungen* 2. Leipzig, Barth, 1897. Sonderabdruck aus *Zeitschrift f. Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane* 12, 81 ff.

² Experimentelle Untersuchungen über die Nachbilder bewegter leuchtender Punkte. *Graefes Archiv für Ophthalmologie* 44, Abt. 3. 1897.

noch nicht abgeklungen ist, wenn auf dieselbe Stelle der Netzhaut schon ein weiterer Lichtreiz einzuwirken beginnt, im Auge eine ununterbrochene Lichtempfindung zurückbleibt. Als Beispiel kann die glühende Kohle dienen, die bei rascher Kreisbewegung den Eindruck eines ununterbrochenen Feuerkreises macht. Aus demselben Grunde nimmt man bei Drehung von Kreisen, die aus weißen und schwarzen Sektoren zusammengesetzt sind, eine gleichmäßige graue Oberfläche wahr. Auf dieser Eigenschaft unseres Auges, einzelne Gesichtsempfindungen, die von kurzer, aber von in gewissem Sinne ausreichender Dauer sind, zu einem ganzen Gesichtsbilde zu verschmelzen, beruht die Konstruktion einer ganzen Reihe von optischen Apparaten, wie das Stroboskop, der Thaumatrop, das Phänakistoskop und der neueste, der Kinematograph. Desgleichen ist der galizische Volkslehrer SZCZEPANIK bei der Konstruktion seines Teleelektroskops, eines Apparats, der es ermöglicht, auf Entfernungen die Bilder von Gegenständen mittels Elektrizität zu übertragen, von der besprochenen Eigenschaft unseres Auges ausgegangen. Die Lehre des intermittierenden Lichtreizes hat schon seit jeher die Physiologen interessiert. Manche Gesetze dieses Reizes sind schon vor mehreren Jahrzehnten erforscht worden (das Gesetz von TALBOT-PLATEAU). Nichtsdestoweniger sind viele Seiten dieser Lehre noch nicht aufgeklärt, und wir stoßen hier auf Erscheinungen, welche uns sogar paradox erscheinen. So besteht z. B. die Beobachtung, daß bei der Drehung eines aus weißen und schwarzen Sektoren zusammengesetzten Kreises zur Erzielung eines gleichmäßigen grauen Grundes bei schwacher Beleuchtung eine geringere Drehgeschwindigkeit erforderlich ist, als bei guter Beleuchtung, während man doch a priori hätte erwarten können, daß mit der Verringerung der Intensität des Lichtreizes sich auch die Intensität und die Dauer des Nachbildes verringern müsse, und umgekehrt. Diese Erscheinung zu erklären, wurde erst nach den Experimenten von MARBE¹ möglich; bis dahin hatte man dem Umstande wenig Aufmerksamkeit entgegengebracht, daß mit der Abschwächung der Beleuchtung beim Gebrauch von Kreisen mit weißen und schwarzen Sektoren die Differenz zwischen beiden aufeinander folgenden

¹ Theorie des TALBOTSchen Gesetzes. *Wundts Philosophische Studien* 12, S. 279.

Reizen sich verringert, während die Verringerung der Differenz zwischen einzelnen Reizen, wie experimentell erwiesen ist, das Verschmelzen der Empfindung begünstigt.

Kurz, die Lehre des intermittierenden Lichtreizes der Retina ist noch nicht ganz ausgearbeitet. Was nun die Frage des intermittierenden Lichtreizes der kranken Retina betrifft, so ist dieselbe in der Wissenschaft noch fast von niemandem in Angriff genommen worden. In der Literatur ist ein Hinweis enthalten, daß FILEHNE¹, der an einer Tabakamblyopie gelitten hatte, mit intermittierenden Lichtreizen an seinen eigenen Augen Beobachtungen angestellt hat. Ferner können wir auf die zufällige Beobachtung von v. KRIES² hinweisen, der bei einem an Hernalopie leidenden Patienten das Fehlen des sekundären PURKINJE-schen Nachbildes konstatiert hat. Man kann schon a priori annehmen, daß die kranke Retina auf intermittierende Reize anders reagieren muß, da durch die genauen Untersuchungen von TREITEL³ und anderen Gelehrten festgestellt ist, daß die Lichtempfindung der kranken Retina sowohl in bezug auf die Reizschwelle, wie auch in bezug auf die Unterschiedsempfindlichkeit verändert ist. Außerdem fand unsere Annahme in folgenden theoretischen Betrachtungen wirksame Unterstützung. Der Übergang des intermittierenden Lichtreizes in eine ununterbrochene Empfindung stellt eine Erscheinung dar, die in gewissem Sinne dem ununterbrochenen Tetanus eines Muskels analog ist, der bei längerer intermittierender Reizung des Muskels entsteht. Diese Analogie geht noch weiter.⁴ So wie der Muskel unter gewissen Umständen durch einzelne aufeinander folgende starke Kontraktionen rascher in Ermüdungszustand versetzt wird, als durch Tetanus, so ermüdet nach den Untersuchungen von BRÜCKE auch die Retina stärker bei Einwirkung von intermittierendem Licht beim Flimmern desselben, als beim Verschmelzen des Lichtreizes zu einer ununterbrochenen Empfindung (flackerndes Licht ist dem Auge bekanntlich sehr unangenehm). Ferner ist durch vergleichende physiologische Untersuchungen erwiesen, daß je

¹ Über die Entstehung des Lichtstaubes, der Starblindheit und der Nachbilder. *Graefes Archiv f. Ophthalmologie* 21, Abt. 2, S. 1.

² l. c.

³ Weitere Beiträge zur Lehre von den Funktionsstörungen des Gesichtssinnes. *Graefes Archiv f. Ophthalmologie* 37, Abt. 2, S. 178—180.

⁴ Lehrbuch der Physiologie von Prof. J. BERNSTEIN. 1894. S. 624.

vollkommener die Struktur eines Muskels, desto größer die Anzahl der einzelnen Reize sein muß, die empfangen werden können, ohne daß sie zu einer ununterbrochenen Empfindung verschmelzen; je höher differenziert der Muskel ist, desto mehr einzelne Kontraktionen können erzeugt werden, ohne daß sie zu einer einzigen tetanischen Kontraktion verschmelzen (TRUTOWSKI¹ aus dem Laboratorium von W. DANILEWSKI). Dieses physiologische Gesetz besteht nun nach W. DANILEWSKI zu Recht nicht nur in bezug auf den Muskel, sondern auch in bezug auf das Nervensystem, sowie speziell in bezug auf die physiologische Funktion der Gehirnrinde. Manche Beobachtungen, wie z. B. solche über Hypnose, können die vorstehenden Ausführungen bestätigen. Die Leichtigkeit des Zusammenfließens von Empfindungen ist das Resultat einer mangelhaften Entwicklung der analytischen Funktion des Gehirns. Diese Beobachtungen aus der vergleichenden Physiologie geben uns ein gewisses Recht, die aprioristische Hypothese aufzustellen, daß die kranke Retina, die zweifellos infolge pathologischer Störungen sowohl eine Veränderung ihrer anatomischen Struktur, wie auch eine Störung des physiologischen Gleichgewichts erleidet, bis zu einem gewissen Grade die Vollkommenheit ihrer Organisation einbüßt und infolgedessen hinsichtlich ihrer funktionellen Eigenschaften eine Analogie mit den Nerven oder der Retina eines Tieres darbietet, welches sich auf einer niedrigeren Stufe der biologischen Stufenleiter befindet. Würde sich diese auf rein theoretische Betrachtungen aufgebaute Hypothese als begründet erweisen, und würden die Retina oder deren Centren in der Tat zur Gewinnung einer ununterbrochenen Empfindung aus intermittierenden Lichtreizen für ein und denselben Zeitabschnitt einer anderen Quantität von Reizen benötigt sein als die gesunde Retina, so würden wir darin einerseits noch ein bis jetzt unbekanntes Symptom der Retinaerkrankung und andererseits eine neue diagnostische Methode der funktionellen Augenuntersuchung haben: die analytische Funktion der Retina würde als sehr feines und empfindliches Reagens dienen können, und die Leichtigkeit der Verschmelzung der Empfindungen würde eine Erkrankung der Retina, ihrer Centren oder des N. opticus schon zu einer

¹ Beitrag zur Lehre der physiologischen Wirkung häufiger elektrischer Entladungen auf Herz, Nerven und Muskeln. Charkow 1897. [Russisch.]

Zeit der Diagnose zugänglich machen, zu der das weder die ophthalmoskopische noch die gewöhnliche funktionelle Untersuchung ermöglicht.

Die historische Übersicht der Lehre des intermittierenden Lichtreizes habe ich vor einigen Jahren in einer Arbeit¹ veröffentlicht. Wir wissen, was für Widersprüche die Ansichten der Gelehrten hinsichtlich dieses wichtigen Gebietes der Augenphysiologie aufweisen. Schon in der Grundfrage selbst, nämlich in der Frage, bei welcher Intermittenzzahl die periodischen Reize zu einer permanenten Empfindung zusammenfließen, bestehen zahlreiche, einander widersprechende Ansichten. Während diese Zahl nach HELMHOLTZ² und EXNER³ 24 Unterbrechungen in der Sekunde beträgt, gibt EMSMANN⁴ eine solche von 48, PLATEAU⁵ eine solche von 60, AUBERT⁶ eine solche von 50 Unterbrechungen in der Sekunde an; nach FILEHNE⁷ steigt diese Zahl entsprechend der Zunahme der Sektorenzahl und zwar infolge des Einflusses der Konturenbewegung. Der Einfluss der Konturenbewegung wird von BELLARMINOFF⁸, MARBE⁹ und BAADER¹⁰ bestätigt, von SCHENCK¹¹ aber in Abrede gestellt, wobei letzterer Autor der Meinung ist, dass in der Beobachtung FILEHNES die Bewegung der Augen eine Rolle spiele. Desgleichen gehen die Meinungen der Autoren hinsichtlich einer anderen wichtigen Frage, nämlich derjenigen, ob die Breite des weissen und schwarzen Sektors von Einfluss ist, auseinander. Nach der Ansicht PLATEAUS¹² und HELMHOLTZ'¹³ ist für die Verschmelzung der periodischen Reize

¹ Zur Lehre der intermittierenden Reizung der gesunden und kranken Netzhaut. *Bericht der medizinischen Gesellschaft zu Charkow*. 1899. [Russisch.]

² Handbuch der Physiologischen Optik. II. Aufl., S. 483.

³ *Repert. d. Physik* 20, S. 344 und *Pflügers Archiv* 20, S. 614.

⁴ *Poggendorfs Annalen* 89, S. 611. 1853.

⁵ *Poggendorfs Annalen* 20, S. 304.

⁶ Physiologie der Netzhaut. Breslau 1865. S. 351.

⁷ l. c.

⁸ Über intermittierende Netzhautreizung. *Graefes Archiv f. Ophthalmologie* 35, Abt. 1, S. 25.

⁹ Theorie des TALBOTSchen Gesetzes. *Philosophische Studien* 12, S. 279.

¹⁰ Über die Empfindlichkeit des Auges für Lichtwechsel. Inaug.-Diss. Freiburg 1891.

¹¹ *Pflügers Archiv f. Physiologie* 64, S. 165.

¹² l. c.

¹³ l. c.

zu einer permanenten Empfindung das Verhältnis zwischen der Breite des weissen und derjenigen des schwarzen Sektors gleichgültig, wenn nur die weissen und schwarzen Sektoren in gleicher Zahl vorhanden sind. Demgegenüber soll die Zahl der Unterbrechungen nach den Untersuchungen von FILEHNE¹ bei Sektoren von verschiedener Breite bei gleicher Helligkeit des grauen Grundes (wenn die weissen Sektoren von gleicher Breite sind wie die schwarzen) verschieden sein. Die Angaben von PLATEAU und HELMHOLTZ werden auch durch die Untersuchungen von MARBE² in bezug auf den Einfluss der Dauer der Reize und deren Differenz auf die Entstehung der permanenten Empfindung widerlegt.

In der Frage von der scheinbaren Intensität der permanenten Empfindung, die sich aus intermittierenden und periodischen Reizen zusammensetzt, bekennen sich fast sämtliche Autoren zum Gesetz von PLATEAU-TALBOT-HELMHOLTZ. Die Genauigkeit dieses Gesetzes, welche von A. FICK³ angefochten wird, ist von A. KLEINER⁴ bestätigt worden. Die Ansicht HENRYS⁵ von der Abhängigkeit dieser Intensität von der Drehgeschwindigkeit des Kreises wird durch die Untersuchungen von Dr. KATZ⁶ widerlegt.

In der Frage des Einflusses der mittleren Helligkeit auf die Intermittenzzahl stehen die verschiedenen Ansichten in krassem Widerspruch zueinander: nach BAADER⁷ vergrößert die Steigerung der mittleren Helligkeit die Intermittenzzahl, d. h. sie behindert das Auftreten der permanenten Empfindung; demgegenüber soll die Steigerung der mittleren Helligkeit nach MARBE das Zustandekommen der permanenten Empfindung im Gegenteil begünstigen. Dieses Gesetz, welches durch die letzte Arbeit

¹ l. c.

² l. c.

³ Über den zeitlichen Verlauf der Erregung in der Netzhaut. *Archiv für Anatomie und Physiologie* S. 739. 1863.

⁴ Physiologisch-optische Beobachtungen. *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie* 18, S. 542. 1878.

⁵ Lois d'établissement et de persistance de la sensation lumineuse, déduites des recherches nouvelles sur les disques rotatifs. *Comptes rendues de l'Academie des sciences* S. 604. 1896.

⁶ *Westnik ophthalmologie* S. 246. 1897. [Russisch.]

⁷ l. c.

von MARBE¹ selbst gewissermaßen erschüttert wurde, wird von SCHENCK in Schutz genommen. Bezüglich der Intermittenzzahl, die für jede Farbe bei der Drehung von aus schwarzen und farbigen Sektoren zusammengesetzten Kreisen erforderlich ist, fanden PLATEAU² und in Übereinstimmung mit ihm BELLARMINOFF³, daß nach der weissen Farbe die grösste Intermittenzzahl für die gelbe, dann für die rote, für die grüne (nach BELLARMINOFF), blaue Farbe, sowie für violett (nach BELLARMINOFF) erforderlich ist, während EMSMANN⁴ an erster Stelle statt der weissen die gelbe Farbe anführt.

In der Frage der Differenz, die für intermittierende Empfindungen zwischen dem Zentrum und der Peripherie der Retina besteht, begegnen wir gleichfalls keiner Übereinstimmung der Ansichten. Während nach den Beobachtungen von RUPP⁵ die Intermittenzzahl, welche für das Auftreten einer permanenten Empfindung erforderlich ist, für die Peripherie kleiner ist als für das Zentrum, ist nach den Untersuchungen von EXNER⁶ die Intermittenzzahl im Gegenteil für die Peripherie grösser als für das Zentrum. BELLARMINOFF⁷ fand nun wiederum, daß bei schwacher und mittlerer Beleuchtung die Intermittenzzahl für alle Farben, den Angaben EXNERS entsprechend, für die Peripherie grösser als für das Zentrum, dagegen bei intensiver Beleuchtung für das Zentrum grösser als für die Peripherie ist.

In der Frage, wo die permanente Empfindung gebildet wird, in der Retina oder in den mehr zentral liegenden Teilen des Nervensystems, sind die Gelehrten gleichfalls uneinig: nach EXNER⁸ kommt das positive Nachbild in der Retina zustande; FILEHNE⁹ verlegt dasselbe nach dem Zentralnervensystem, während MARBE¹⁰ der Ansicht ist, daß die Grundlage des TALBOTSchen

¹ Neue Versuche über intermittierende Gesichtsrize. *Philosophische Studien* 13, S. 106.

² l. c.

³ l. c.

⁴ l. c.

⁵ Über die Dauer der Nachempfindung an den seitlichen Teilen der Netzhaut. Inaug.-Dissertation. Königsberg 1869.

⁶ Bemerkungen über intermittierende Netzhautreizung. *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie* 3. Jahrg., S. 214. 1876.

⁷ l. c.

⁸ *Repert. der Physik* 20, S. 344.

⁹ l. c.

¹⁰ *Philosophische Studien* 12, S. 279.

Gesetzes sowohl durch zentrale wie auch durch peripherische Prozesse bedingt ist.

Kurz, es geht aus den vorstehenden Ausführungen deutlich genug hervor, wie verschieden die Ansichten der Forscher in bezug auf die verschiedenen Fragen der Lehre der intermittierenden Lichtreizung noch sind, und wie sehr weitere Untersuchungen in dieser Richtung erforderlich sind.

Die Arbeit, welche den Fachgenossen vorzulegen ich mir hiermit erlaube, entstammt aus dem physiologischen Laboratorium der Universität zu Charkow und verdankt ihre Entstehung der Anregung des Herrn Prof. W. DANILEWSKI, der im Jahre 1893 sich selbst mit der Frage der intermittierenden Lichtreizung im Laboratorium des Herrn Prof. v. KRIES beschäftigt hatte. Die Resultate seiner Arbeit sind bis jetzt noch nicht veröffentlicht worden und haben den Anstoß zu meinen Untersuchungen gegeben, die bezweckten: 1. einige noch nicht vollkommen genau ausgearbeitete Punkte der Lehre der intermittierenden Lichtreizung der Retina klarzulegen und 2. festzustellen, wie die Retina in ihren verschiedenen pathologischen Zuständen auf die intermittierende Lichtreizung reagiert.

Methoden und Technik der Untersuchungen.

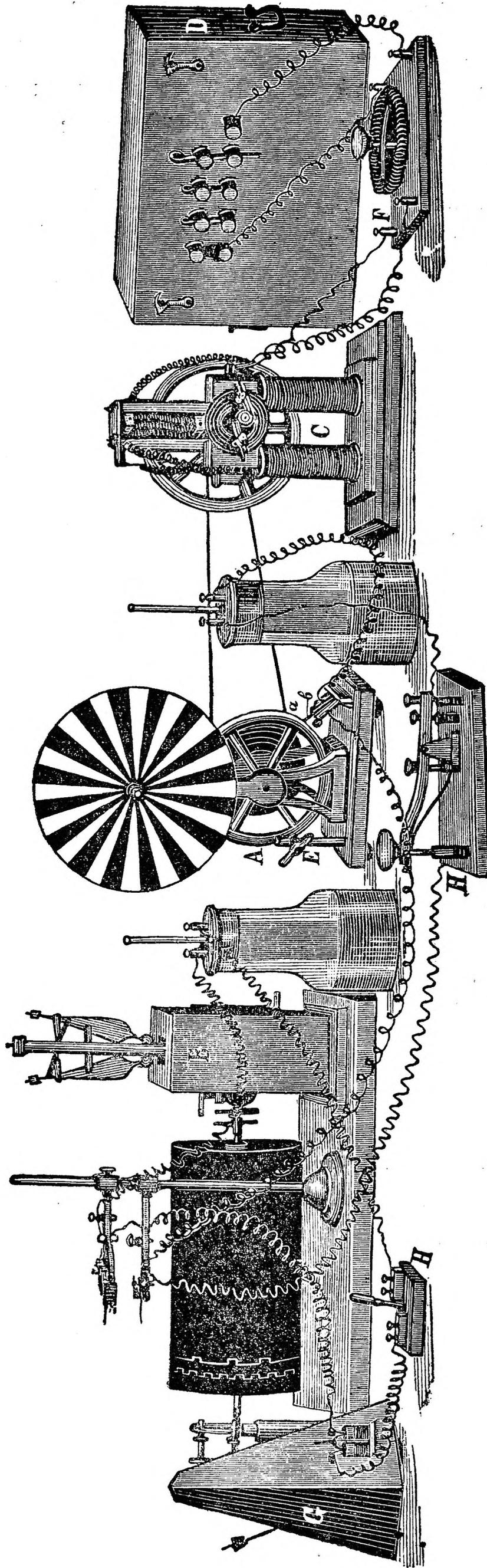
Die Apparate, deren wir uns bei unseren Experimenten bedient haben, bestanden erstens aus einer Vorrichtung zur Erzeugung von intermittierendem Licht, zweitens aus Maschinen, welche diese Vorrichtungen in Betrieb zu setzen hatten und drittens aus Apparaten zur Registrierung der Beobachtungen.

Das intermittierende Licht erzeugten wir mittels rotierender Kreise. Letztere wurden aus dickem Blech oder dickem Karton angefertigt. Auf diese Kreise wurde dickes, weiches, glanzloses Papier, auf dem mittels schwarzer Farbe Sektoren verschiedener Breite und in verschiedener Anzahl gezeichnet wurden. Zu demselben Zwecke wurden weisse oder geschwärzte Kreise verwendet, auf denen die Sektoren in Form von Zwischenräumen ausgeschnitten waren. Zur Erzeugung von intermittierendem buntem Licht gebrauchten wir das ROTHEsche bunte Papier; letzteres wurde auf Metallkreise aufgeklebt, worauf auf demselben mittels schwarzer Farbe verschiedene Sektoren gezeichnet wurden. In anderen Fällen bedienten wir uns der Spektralfarben.

Um die rotierenden Kreise in Bewegung zu setzen, gebrauchten wir die Rotationsmaschine von KRIES-BAADER (*A* auf der beigefügten Abbildung), welche 2 Räder hat. Das untere grössere Rad ist mit einem kleinen Stiftchen mit knöchernem Köpfchen (*a*) versehen. Dieses Stiftchen berührt bei jeder Umdrehung des Rades ein federndes Plättchen (*b*) und schaltet, indem es letzteres seitwärts schiebt, den Strom aus. Der Hebel des elektrischen Chronographen (*c*), der mit dem federnden Plättchen in Verbindung steht, notiert bei Ausschaltung des Stromes jede Radumdrehung am rauchgeschwärzten Zylinder des Kymographen (*B*). Die Bewegungen des unteren Rades, auf dem sich der Kontaktunterbrecher befindet, werden mittels Schnur dem oberen Rade übermittelt, auf welches die rotierenden Kreise angeschraubt werden. Das Verhältnis der Radii der beiden Räder ist dermaßen gestaltet, daß das obere Rad 6,9 Umdrehungen, wenn das untere nur eine Umdrehung macht. Die Rotationsmaschine wurde bei BAADER durch einen Wassermotor betrieben. Wir gebrauchten zu diesem Zwecke einen Elektromotor (*C*), der durch einen Akkumulator (*D*) betrieben wurde. Um die Drehgeschwindigkeit zu regulieren, haben wir uns bei unseren ersten Experimenten der Hemmvorrichtung (*E*) bedient, welche aus einem weichen Kissen (*F*) besteht, das mittels Schraube gegen das untere Rad gedrückt wird, dessen Drehung sich dadurch verlangsamt; später haben wir zu diesem Zwecke einen Metallrheostaten eingeschaltet (*F*), mit dessen Hilfe die Drehgeschwindigkeit regelmässiger, gleichmässiger und geläufiger reguliert werden kann.

Zur Registrierung der Beobachtungen benutzten wir den Kymographen von BALTZAR, auf dessen rauchgeschwärzten Zylinder die Umdrehungen des unteren Rades notiert und zugleich mittels Metronomen (*G*) oder mittels elektrischer Stimmgabel die Zeit aufgetragen wurde. Das Metronom schaltete einerseits den Strom jede Sekunde oder jeden bestimmten Teil einer Sekunde ein und aus, andererseits war es mit einem elektrischen Allarmapparat verbunden, dessen Hebel das Chronogramm schrieb.

Bei der Mehrzahl der Versuche benutzten wir statt des Metronoms eine Stimmgabel, deren 20 Vibrationen 1 Sekunde entsprachen. Der Strom wurde jedem registrierenden Teile von einem GRENAISSchen Elemente zugeführt. In jede Leitung wurde



ein Quecksilberschlüssel (*H*) eingeschaltet, mit dessen Hilfe man jeden Augenblick den Strom unterbrechen konnte. Man erhielt auf diese Weise auf dem Zylinder 2 Kurven; auf der einen entsprachen je 20 Vibrationen einer Sekunde; auf der anderen entsprach jede Stromausschaltung einer Umdrehung des unteren Rades. Kennt man die Umdrehungszahl des unteren Rades in einer Sekunde, so erhält man, indem man diese Zahl mit 6,9 multipliziert, die Umdrehungszahl, welche der am oberen Rade befestigte rotierende Kreis in der Sekunde zurücklegt, und indem wir die neue Zahl mit der Zahl der auf dem Kreise gezeichneten Sektoren multiplizieren, erhalten wir die Intermittenzahl (*I*) für eine Sekunde. Indem wir die Leitung im Elektromotor schliessen, setzen wir den rotierenden Kreis in Bewegung und bringen gleichzeitig den Zylinder des Kymographen in Rotation. Sobald das Flimmern der weissen und schwarzen Sektoren aufhört und die Empfindung eines gleichmässigen grauen Grundes eintritt, wird der Strom mittels des Schlüssels geschlossen. Jede Umdrehung des Rades wird dann auf dem Zylinder durch den Hebel gezeichnet. Nach einiger Zeit setzen wir die Drehgeschwindigkeit durch Steigerung des Widerstandes des Rheostaten herab und schalten beim ersten Auftreten von Flimmern den Strom aus.

Die Untersuchungen wurden entweder in einem hellen Zimmer mit 3 Fenstern oder in einem vollständig dunklen Zimmer mit schwarz angestrichenen Wänden und Decken ausgeführt. Die Beobachtungen wurden durch Röhren, die von innen vollständig geschwärzt waren und 5—10 mm im Querdurchmesser hatten, oder durch eine $\frac{1}{2}$ —1 mm breite Spalte in einer schwarzen Scheibe bzw. Karton, gemacht. Um die Röhre rasch von der Peripherie zum Zentrum des Kreises fortbewegen zu können, wurde die Röhre in einen hölzernen Rahmen gestellt, der die Form eines Schlittenapparats hatte und von einem Ende zum anderen sich leicht hin- und herbewegen liess. Der Schlittenapparat war mit einem Massstab versehen, auf dem man leicht abzählen konnte, in welcher Entfernung vom Zentrum des Kreises die Beobachtungen gemacht wurden.

Physiologischer Teil.

I. Einfluß der Sektorenzahl.

Indem wir vor allem den Einfluß der Sektorenzahl auf die Zahl der Unterbrechungen (Reizungen) pro Sekunde, die zur Herbeiführung einer permanenten Empfindung erforderlich ist, in Erfahrung zu bringen suchten, machten wir Beobachtungen mit Kreisen, die in eine verschiedene Zahl von weißen und schwarzen Sektoren gleicher Größe eingeteilt waren: auf einem Kreise war ein weißer und ein schwarzer Sektor zu je 180 gezeichnet, auf einem anderen waren 2 schwarze und 2 weiße Sektoren zu je 90, auf einem dritten 4 weiße und 4 schwarze Sektoren zu je 45 u. s. w., bis zu 32 weißen und 32 schwarzen Sektoren. Ich habe auch Versuche mit Kreisen gemacht, auf denen 62 und noch mehr Sektoren gezeichnet waren; ich sehe aber von der Mitteilung der betreffenden Experimente ab, weil bei einer so großen Sektorenzahl nicht ganz beständige und genaue Zahlen herauskommen. Die Beobachtungen machte ich bei zerstreutem Tageslicht an meinen eigenen Augen, sowie an den Augen einiger Kollegen mit normaler Sehschärfe und normaler Refraktion. Wir suchten es nach Möglichkeit so einzurichten, daß die Augen vor der Beobachtung eine ausreichende Zeit im Ruhezustande verblieben. Desgleichen wurde nach einigen Beobachtungen stets eine ausreichende Erholungspause eingeschaltet. Tabelle I stellt die Zahl der Unterbrechungen pro Sekunde (I) dar, die für das nicht ermüdete Auge zur Gewinnung einer ununterbrochenen Empfindung bei verschiedener Sektorenzahl erforderlich waren. I (Intermittenzzahl) erhält man durch Multiplizierung der Umdrehungszahl des Kreises pro Sekunde mit der Zahl der weißen (resp. bunten) Sektoren; sie zeigt die Zahl der Unterbrechungen des Lichtreizes an, d. h. wievielmals in der Sekunde eine gewisse Stelle der Netzhaut eine Reizung empfing, oder einfacher: I ist die Häufigkeit des Reizes per Sekunde, die erforderlich ist, um ein Zusammenfließen der Empfindungen herbeizuführen; sie ist höher als diejenige Grenze, bei der unser Auge die Teilbarkeit der Empfindungen resp. Reize noch unterscheidet. Es ist klar, daß für die wechselnden Bedingungen der Beobachtung die Größe I dieser Unterschiedsempfindlichkeit proportional ist; sie dient als Ausdruck der

letzteren. Die Beobachter waren: Dr. BRAUNSTEIN, TRUTOWSKI und ZESLINSKI. Die Beobachtungen wurden durch eine von innen geschwärzte Röhre von $\frac{1}{2}$ cm im Durchmesser gemacht.

Tabelle I.

BRAUNSTEIN		TRUTOWSKI		ZESLINSKI	
Sektoren- zahl	Inter- mittenzzahl	Sektoren- zahl	Inter- mittenzzahl	Sektoren- zahl	Inter- mittenzzahl
1	25	1	24	1	23
2	30	2	29	2	27
4	42	4	40	4	38
8	55	8	52	8	49
16	66	16	61	16	60
32	74	32	70	32	72

Diese Tabelle zeigt, daß mit der Zunahme der Sektorenzahl die Intermittenzzahl zunimmt, was durch die Beobachtungen von FILEHNE, Prof. BELLARMINOFF und BAADER durchaus bestätigt wird. Immerhin unterscheiden sich unsere Resultate einigermaßen von denen FILEHNES und BAADERS. Letztere Autoren erhielten bei 2—8 Sektoren eine gleiche Intermittenzzahl, während nach unseren Beobachtungen die Intermittenzzahl langsam steigt: schon bei 2 Sektoren ist sie größer als bei einem Sektor, bei 4 größer als bei 2 u. s. w.

Um festzustellen, ob die Zunahme der Intermittenzzahl bei Zunahme der Sektorenzahl vom Einfluß der Konturenbewegung nach FILEHNE oder vom Einfluß der Augenbewegung, wie SCHENCK annimmt, abhängt, haben wir eine Reihe von Beobachtungen durch Spalten im schwarzen Karton von 1 und $\frac{1}{2}$ mm Breite angestellt. Der Schlitz wurde parallel zur Richtung der Sektoren eingestellt. Bei der Beobachtung durch den 1 mm breiten Schlitz kommt der Einfluß der Sektoren noch nicht zur Geltung, wenn auch die gewonnenen Zahlen niedriger als diejenigen sind, die bei der Beobachtung durch die Röhre erhalten werden. Macht man aber die Untersuchungen durch einen noch schmäleren Schlitz, z. B. durch einen $\frac{1}{2}$ mm breiten Schlitz, so erweist sich die SCHENCKsche Beobachtung als richtig (cf. Tabelle II).

Tabelle II.

BRAUNSTEIN		ZESLINSKI		KARATASCHOW	
Sektoren- zahl	Inter- mittenzzahl	Sektoren- zahl	Inter- mittenzzahl	Sektoren- zahl	Inter- mittenzzahl
1	37	1	34	1	38
2	37	2	34	2	38
4	36	4	34	4	38
8	38	8	34	8	39
16	37	16	35	16	38
32	36	32	35	32	38

Wenn auch dieses Experiment die Richtigkeit der SCHENCK-
 schen Ansicht, daß die besprochene Beobachtung FILEHNES nur
 durch die Augenbewegung bedingt wird, nicht vollkommen be-
 stätigt, so beweist doch dasselbe immerhin, daß das FILEHNESCHE
 Phänomen bei verbesserter Fixation fehlt. SCHENCK suchte die
 Richtigkeit seiner Ansicht durch das Experiment mit einem
 Kreise zu beweisen, auf dem 2 konzentrische Ringe und in
 diesen je 6 schwarze und 6 weiße Sektoren gezeichnet waren,
 bei welchem Experiment er gefunden hat, daß das Zusammen-
 fließen im inneren Ring, in dem sich die Konturen langsamer
 bewegen, früher eintritt als im äußeren, in dem die Bewegung
 der Konturen eine weit raschere ist. Dieses Experiment ent-
 kräftet nach SCHENCK die Bedeutung der Konturenbewegung im
 FILEHNESCHEN Phänomen und bestätigt den Einfluß der Augen-
 bewegung auf das Auftreten der permanenten Empfindung; das
 leichtere Zusammenfließen im inneren Ring geschieht nach
 SCHENCK dadurch, daß es uns schwieriger ist, den Bewegungen
 der Konturen des inneren Ringes als denjenigen der Konturen
 des äußeren zu folgen. Unter diesen Umständen erachten wir
 es für nötig, folgende Experimente mitzuteilen, welche Prof.
 W. J. DANILEWSKI noch im Jahre 1893 ausgeführt hat: Wenn
 man durch eine ziemlich breite Röhre von 15 mm im Durch-
 messer (oder auch ohne Röhre) einen rotierenden Kreis, bei-
 spielsweise einen solchen mit 8 weißen und 8 schwarzen Sek-
 toren, fixiert, so kann man leicht beobachten, daß, während der
 peripherische Teil des Kreises schon gleichmäßig grau erscheint,
 in der Nähe des Zentrums *ceteris paribus* noch deutliches
 Flimmern wahrgenommen wird. Diese Differenz ist desto krasser,

je weiter das Zentrum und die Peripherie voneinander entfernt sind, und je größer die Zahl der auf dem Kreise gezeichneten Sektoren ist. Es ist klar, daß die Größe I (Intermittenzzahl) unter den bezeichneten Umständen für die zentralen Teile (c) des Kreises größer sein muß als für die peripherischen (p), um ein Zusammenfließen zu bewirken. Nach der Zahl der Sektoren, nach der mittleren Helligkeit, nach der Winkelgeschwindigkeit und nach der Dauer des Lichtreizes unterscheiden sich beide Teile c und p nicht voneinander. Wohl aber unterscheiden sie sich durch die lineäre Geschwindigkeit der Bewegung der Sektoren, und es versteht sich von selbst, daß diese Geschwindigkeit je näher zum Zentrum desto geringer sein und das Auge desto leichter dieser Bewegung folgen und sie aufnehmen wird; daraus ergibt sich ein Hindernis für das Zusammenschmelzen der Empfindungen, daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer größeren Rotationszahl für c . Es ist klar, daß beim Sehen im p und c durch ein und dieselbe genügend breite Röhre die Zusammensetzung des Gesichtsfeldes stark differiert. Um dieses Moment klarzustellen, hat Prof. W. J. DANILEWSKI 2 Röhren gegen p und c mit Spalten eingestellt, die nach Form und Breite den Sektorenteilen in diesen fixierten Teilen genau entsprachen. (Der Kreis wurde in 16 Sektoren eingeteilt.) Es stellte sich nun heraus, daß ein Verschmelzen in p und c bei ein und derselben Rotationszahl zu stande kommt, d. h. I bleibt fast unverändert. Dasselbe Resultat wurde beim Sehen durch eine sehr schmale Röhre oder durch eine Spalte, namentlich bei nicht besonders starker Beleuchtung erhalten. Dabei wäre hervorzuheben, daß das Flimmern der Sektoren dann leichter aufgenommen wird, wenn die schmale und genügend lange Spalte, durch welche man beobachtet, nicht parallel, sondern senkrecht zu den Sektoren angeordnet ist. Augenscheinlich wirkt hier als Ursache die Möglichkeit der Augenbewegung (die Konturenbewegung zu „verfolgen“) im letzteren Falle. Die Experimente des Herrn Prof. W. J. DANILEWSKI habe auch ich wiederholt und dasselbe Resultat erzielt. In den zentralen Teilen des Kreises kommt das Verschmelzen später, d. h. bei größerer Intermittenzzahl zu stande als im peripherischen (cf. Tabelle III).

Schon bei freier Beobachtung ohne Röhre an Kreisen mit 8, 16 oder 32 Sektoren sind bei der Rotation in den zentralen Teilen des Kreises noch sehr deutlich die Konturen der

Tabelle III.

Sektoren- zahl	Intermittenzzahl	
	Zentraler Teil des Kreises	Peripherischer Teil des Kreises
4	34	32
8	43	40
16	52	48
32	68	62

flimmernden Sektoren zu sehen, während in den peripherischen schon ein Verschmelzen stattgefunden hat. Am besten gelingt es, diese Erscheinung zu konstatieren, wenn man die Beobachtung durch eine Röhre anstellt, die in einem hölzernen Rahmen in Form eines Schlittenapparats von einem Ende des Kreises zum anderen geschoben wird, oder wenn man die Beobachtung durch 2 Röhren macht, die gegen den zentralen und peripherischen Teil des Kreises eingestellt sind. Diese Resultate stimmen mit den Angaben SHERRINGTONS¹ überein, der gleichfalls gefunden hat, daß das Verschmelzen in den peripherischen Teilen des Kreises früher stattfindet als in den zentralen. SCHENCK sucht die Angaben SHERRINGTONS zu widerlegen, indem er die Vermutung ausspricht, daß letzterer zwei Erscheinungen miteinander verwechselt hat: nämlich das Flackern, d. h. den Zustand, in dem der Kreis eben zu dämmern beginnt, sämtliche Konturen aber noch deutlich zu sehen sind, mit dem Flimmern, d. h. mit dem Zustande, in dem die Konturen schon gar nicht mehr zu sehen sind; jedoch ist diese Vermutung SCHENCKS wenig begründet. Es ergibt sich somit, daß das Experiment, mit dessen Hilfe SCHENCK zu beweisen suchte, daß die verlangsamte Konturenbewegung das Verschmelzen nicht behindert, gegenstandslos ist.

Das leichtere Verschmelzen in den peripherischen Teilen des Kreises kann man nicht ausschließlich auf den Einfluß der Augenbewegung zurückführen. Das wird dadurch bewiesen, daß man, wenn man bei freiem Beobachten die Augenbewegung durch Fixierung irgend eines in der Mitte zwischen Zentrum und Peripherie des Kreises liegenden Punktes ausschließt, bei

¹ *Journal of Physiology* 21, S. 165.

gewisser Drehgeschwindigkeit deutlich das Flimmern des zentralen Teiles und den gleichmäßigen grauen Grund der Peripherie des Kreises gleichzeitig wahrnimmt. Es ist klar, daß selbst bei Beseitigung der Augenbewegung durch Fixation der Einfluß der Konturenbewegung noch zur Geltung kommt. Auch MARBE¹ gibt an, daß er den Einfluß der Konturenbewegung auch in einem Falle hat konstatieren können, wo Augenbewegungen genügend ausgeschlossen gewesen sein sollen. Etwas ganz anderes erhält man, wenn man das Auge zur besseren Fixation veranlaßt und gleichzeitig den Bestand des Gesichtsfeldes verändert (resp. verringert), wie z. B. in folgendem Experiment: Stellt man vor einem mit weißen und schwarzen Sektoren versehenen Kreise, der Richtung der Sektoren parallel, eine Spalte im schwarzen Karton von nur $\frac{1}{2}$ mm Breite ein, und beobachtet man durch eine geschwärzte Röhre, die vom Zentrum des Kreises zur Peripherie geschoben wird, so erhält man für das Zentrum und für die Peripherie eine vollständig gleiche Intermittenzahl (cf. Tabelle IV). Dasselbe erhält man bei Beobachtung durch eine punktförmige Öffnung im schwarzen Karton, wenn man denselben in gewisser Entfernung vom Auge hält, damit das Gesichtsfeld kein sehr großes ist.

Tabelle IV.

Sektoren- zahl	Intermittenzahl	
	Peripherie des Kreises	Zentrum des Kreises
4	37	37
8	37	37
16	37	37
32	37	37

Alle diese Beobachtungen lassen uns anerkennen, daß im bekannten Phänomen FILEHNES außer der Augenbewegung auch noch der Bestand des Gesichtsfeldes eine Rolle spielt, d. h. die Zahl der Teilungslinien, welche im jeweiligen Moment auf ein und dieselbe Partie der Retina fallen. Letzterer Umstand kann nicht nur infolge des Einflusses des gleichzeitigen Kontrastes,

¹ *Philosophische Studien* 14, S. 393.

der von SCHENCK selbst erwiesen ist, von Bedeutung sein, sondern auch infolge der Veränderung der GröÙe des Gesichtsbildes auf der Retina. In seiner 9. Mitteilung über intermittierende Netzhautreizung gelangte SCHENCK¹ zu dem Satze, daß für die intermittierende Netzhautreizung mit Hilfe der aus abwechselnden weißen und schwarzen Sektoren bestehenden Kreiselscheiben 2 verschiedene Perioden in Betracht kommen: 1. die durch den Periodenwechsel bedingte Periode; 2. die auf Ungleichmäßigkeiten (Zeichenfehlern, ungleichmäßiger Lichtreflexion von verschiedenen Stellen) der Scheibe beruhende Periode. Bei Scheiben mit wenigen Sektoren stören die Ungleichmäßigkeiten der Scheibe nicht oder wenig, bei Scheiben mit vielen Sektoren werden die Ungleichmäßigkeiten der Scheibe bemerkbar und bedingen, daß man die Scheibe schneller drehen muß, als die Zahl der Sektoren entspricht. Die Tabelle IV, wo die Beobachtungen mit wenigen und vielen Sektoren eine gleiche Intermittenzzahl geben, ist nicht mit dieser Lehre SCHENCKS in Einklang zu bringen.

II. Der Einfluß der Beleuchtungsintensität und der mittleren allgemeinen Helligkeit.

In Anbetracht des Widerspruchs, der in den Ansichten mancher Forscher hinsichtlich des Einflusses der Beleuchtungsintensität und der allgemeinen Helligkeit auf das Auftreten der ununterbrochenen Empfindung besteht, haben wir in dieser Richtung eine Reihe von Untersuchungen nach folgender Methode ausgeführt: In einem vollständig dunklen Zimmer mit geschwärzten Wänden und Decke wurde der oben beschriebene Apparat mit rotierenden Kreisen untergebracht. Zur Beleuchtung diente ein elektrisches Lämpchen oder eine Stearinkerze mit ebensolcher federnder Vorrichtung wie im FÖRSTERSCHEN Photometer. Das Lämpchen oder das Licht befanden sich innerhalb eines undurchsichtigen Metallzylinders mit runder Öffnung von 20 mm im Durchmesser. Diese Öffnung konnte durch eine bikonvexe Linse geschlossen werden, mittels der die parallelen Lichtstrahlen auf den rotierenden Kreis gerichtet wurden. Zur Änderung der Beleuchtungsintensität dienten Diaphragmen mit verschiedenen runden Öffnungen, welche in den Rahmen vor

¹ *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie* 82, S. 192. 1900.

der Linse hineingestellt wurden. Die von uns mittels dieser Methode gewonnenen Resultate ergeben, daß die Intermitenzzahl, welche zur Herbeiführung einer ununterbrochenen Empfindung erforderlich ist, mit der Verstärkung der Beleuchtung zunimmt (cf. Tabelle V). Diese Befunde bestätigen die von PLATEAU, HELMHOLTZ, AUBERT und BAADER gemachten Beobachtungen (für aus weißen und schwarzen Sektoren bestehende Kreise).

Tabelle V.

Beleuchtungsintensität	Intermitenzzahl
$\frac{1}{256}$	12
$\frac{1}{128}$	14
$\frac{1}{64}$	16
$\frac{1}{32}$	18
$\frac{1}{16}$	20
$\frac{1}{8}$	24
$\frac{1}{4}$	30
$\frac{1}{2}$	38
1	44

Bezüglich des Einflusses der allgemeinen mittleren Helligkeit führt MARBE den zwischen ihm und BAADER bestehenden Widerspruch darauf zurück, daß BAADER, der die aus weißen und schwarzen Sektoren bestehenden Kreise verschieden beleuchtete, eine Vergrößerung der Intermitenzzahl nicht infolge einer Veränderung der allgemeinen mittleren Helligkeit bekam, sondern infolge einer Vergrößerung der Differenz der Reize, da ein schwarzer Sektor, dessen Helligkeit fast 0 beträgt, bei der Steigerung der Beleuchtungsintensität sehr wenig an Helligkeit zunimmt. Infolgedessen haben wir beschlossen, das Experiment dadurch zu modifizieren, daß wir statt 2 Kreise mit weißen und schwarzen Sektoren 2 Kreise anwendeten, von denen der eine zur Hälfte weiß und zur Hälfte grau, der andere zur Hälfte schwarz, zur Hälfte grau war. Die graue Farbe wird von solcher Nuance genommen, daß sie ihrer Helligkeit nach die Hälfte der Helligkeit des weißen Sektors ausmacht. Das ist leicht dadurch zu erreichen, indem man einen Kreis in Drehung setzt, auf dem 180 Grade schwarz und 180 Grade weiß sind. Man wählt dann aus grauem Papier verschiedener Nuance dasjenige, das seiner

Helligkeit nach der Helligkeit des grauen Grundes des Kreises gleicht. Bezeichnet man die Helligkeit des schwarzen Sektors mit 0, die des weissen Sektors mit 1, so wird die Helligkeit des grauen Sektors $\frac{1}{2}$ ausmachen. Die Differenz in der Helligkeit der beiden Sektoren (resp. der Reizunterschied) ist folglich in unseren beiden Kreisen gleich und beträgt $\frac{1}{2}$, während die mittlere allgemeine Helligkeit des ersten Kreises $\frac{1 + \frac{1}{2}}{2} = \frac{3}{4}$, die des zweiten $\frac{\frac{1}{2} + 0}{2} = \frac{1}{4}$ beträgt, d. h. die mittlere allgemeine Helligkeit des ersten Kreises ist dreimal so groß als diejenige des zweiten. Werden nun bei zerstreutem Tageslicht beide Kreise in Bewegung gesetzt, so braucht der erstere, dessen Helligkeit dreimal so groß ist, eine geringere Intermittenzzahl zur Herbeiführung einer permanenten Empfindung als der zweite, dessen Helligkeit geringer ist, wie dies aus dem Nachstehenden hervorgeht:

	Intermittenzzahl
Kreis mit 180° weissen und 180° grauen (mittlere allgemeine Helligkeit = $\frac{3}{4}$)	31
Kreis mit 180° grauen und 180° weissen (mittlere allgemeine Helligkeit = $\frac{1}{4}$)	34

Diese Beobachtung bestätigt vollkommen die Richtigkeit der MARBESchen Schlussfolgerung, dass die Steigerung der mittleren allgemeinen Helligkeit die Intermittenzzahl herabsetzt, d. h. das Verschmelzen der Empfindungen begünstigt. Das von mir gewonnene Resultat steht aber im Widerspruch mit dem von MARBE aufgestellten neuen Satze, dass einer gleichen Differenz der Gesichtsreize ungefähr eine gleiche Dauer der Unterbrechungen entspricht. Jedoch ist dieses Gesetz von SCHENCK widerlegt worden, der im Gegenteil fand, dass mit der Zunahme der mittleren Intensität die Dauer der Unterbrechungen steigt resp. die Intermittenzzahl sich verringert, mit anderen Worten: das Verschmelzen tritt früher ein. SCHENCK erhielt für eine sehr verschiedenartige Zahl von Kombinationen, wo die Differenz zwischen je zwei Gesichtsreizen die gleiche war, stets eine geringere Intermittenzzahl dort, wo die mittlere Intensität größer war; nur für die von mir erwähnte Kombination von 180 Graden weissen + 180 Graden grauen bzw. 180 Graden

grauen + 180 Graden schwarzen hat SCHENCK eine gleiche Intermittenzzahl gefunden. Dieser schwer verständliche Widerspruch zwischen der einen Kombination und vielen anderen ceteris paribus zusammengestellten Kombinationen kann ich nur auf einen Beobachtungsfehler zurückführen. Ein solcher Fehler ist nach SCHENCK selbst sehr leicht möglich, indem er sagt: „Wenn nun der Reizunterschied in den Versuchen so groß ist, daß für die gewählten Kombinationen das Minimum der kritischen Periodendauer schon fast erreicht ist, dann ist es begreiflich, daß erhebliche Unterschiede bei den verschiedenen mittleren Reizintensitäten nicht auftreten und die unerheblichen Unterschiede durch Beobachtungsfehler verdeckt sein können.“ Dem von mir erzielten Resultat widerspricht nicht die oben erwähnte Beobachtung, daß die Verstärkung der Beleuchtung bei Anwendung von Kreisen aus weißen und schwarzen Sektoren die Intermittenzzahl vergrößert, weil dies, wie schon MARBE hervorgehoben hat, voll und ganz auf die Steigerung der Reizdifferenz zurückzuführen ist. Darin liegt die Ursache der in der Einleitung erwähnten wunderlichen Erscheinung, die darin besteht, daß bei schwacher Beleuchtung, bei der die Reizintensität sich zweifellos verringert und sich dementsprechend folglich auch die Intensität und Dauer des Nachbildes verringert, die ununterbrochene Empfindung nichtsdestoweniger früher eintritt.

III. Einfluß des Reizunterschieds.

Auf den Übergang des intermittierenden Reizes in eine ununterbrochene Empfindung ist die Differenz der aufeinander folgenden Reize von Einfluß. Es ist schon früher erwähnt worden, daß mit der Verstärkung der Beleuchtung die Intermittenzzahl für einen Kreis mit einem weißen und einem schwarzen Sektor sich vergrößert, und daß dies durch die Veränderung des Reizunterschieds bedingt wird. Bezeichnen wir die Helligkeit des schwarzen Sektors mit 0, die des weißen mit 1, so wird mit der Verstärkung der Beleuchtung um 2-, 4- 8 mal u. s. w. die Reizdifferenz in beiden Fällen sich gleichfalls entsprechend vergrößern und 2, 4, 8 u. s. w. betragen. Daß die Vergrößerung des Reizunterschieds das Verschmelzen der Empfindung behindert, während die Verringerung des Reizunterschieds im Gegenteil dasselbe begünstigt, kann man anschaulich aus unserer nachstehenden Beobachtung ersehen: 2 Kreise, von

denen der eine 180 Grade weissen und 180 Grade schwarzen, der andere 180 Grade weissen und 180 Grade grauen hat, werden parallel bei verschiedenen Beleuchtungsgraden untersucht. Der Reizunterschied ist im ersten Kreise gröfser als im zweiten, und dementsprechend ist die Intermittenzzahl für den ersten Kreis gröfser.

Tabelle VI.

Kreis mit 180° weissen und 180° schwarzen Anstrichs		Kreis mit 180° weissen und 180° grauen Anstrichs	
Beleuchtungsintensität	Intermittenzzahl	Beleuchtungsintensität	Intermittenzzahl
$\frac{1}{32}$	13	$\frac{1}{32}$	11
$\frac{1}{16}$	15	$\frac{1}{16}$	13
$\frac{1}{8}$	18	$\frac{1}{8}$	16
$\frac{1}{4}$	20	$\frac{1}{4}$	18
$\frac{1}{2}$	25	$\frac{1}{2}$	22
1	27	1	24

Die mitgeteilten Befunde, die mit den Anschauungen von KLEINER, MARBE und SCHENCK über den Einfluss des Reizunterschieds auf das Verschmelzen übereinstimmen, fanden auch Bestätigung in den Beobachtungen von W. J. DANILEWSKI, die er im Jahre 1893 ausgeführt hat: Er nahm 2 Kreise, einen schwarzen und einen weissen, beide mit radialen Einschnitten; indem er durch den Einschnitt einen Kreis in den anderen einfügte, konnte er einen weissen Sektor von beliebiger Gröfse (natürlich einen einzelnen) auf schwarzem Grund bekommen. Indem er nun den weissen Sektor 90°, dann 45° und schliesslich 22,5° groß gestaltete und den Verschmelzungsmoment bestimmte, fand W. J. DANILEWSKI, dass die Intermittenzzahl sich dabei verringerte (47—43—39), d. h. dass die Verschmelzung rascher stattfand, bzw. dass eine gröfsere Anzahl von Lichtreizen erforderlich war. Es ist klar, dass unter den geschilderten Bedingungen des Versuches die Reizdauer sich verringerte. Trotz dieses letzteren Umstandes, der augenscheinlich für die Verschmelzung ungünstig ist, wurde letztere doch bei der Verkleinerung des Sektors erleichtert. Es versteht sich von selbst, dass je gröfser der weisse Sektor, desto langsamer der Kreis gedreht werden muss, d. h. desto kleiner muss die Intermittenzzahl sein, damit die Dauer

des Lichtreizes dieselbe, unverändert bleibe. Eine einfache Berechnung zeigt jedoch, daß für die oben angegebene Größe des Sektors und der Intermittenzzahl die Dauer des Lichtreizes beim Sektor von 90° — $\frac{1}{188}$ Sekunde, für den von 45° — $\frac{1}{344}$ Sekunde und schließlich für den von $22,5^\circ$ — $\frac{1}{624}$ Sekunde betrug. Es mußte somit für die Grenzintermittenzzahl die Intervallgröße zwischen den einzelnen Reizen, die für das Zustandekommen der Verschmelzung erforderlich ist, eine um so größere sein, je geringer die Dauer des Lichtreizes war. Natürlich geht die Grundbedingung darauf hinaus, daß bei geringer Reizdauer die Empfindung das Maximum nicht zu erreichen vermag; mit anderen Worten: unter dieser Bedingung geht alles auf eine Verringerung der Empfindungsdifferenz des weißen und schwarzen Sektors hinaus. Je geringer die Differenz der Nachreize, desto leichter kommt augenscheinlich die Verschmelzung zu stande, desto geringer ist die Intermittenzzahl.

IV. Einfluß der Form, der Anordnung der Sektoren und der Größe des Gesichtsfeldes.

Die von uns in dieser Richtung ausgeführten Experimente haben ergeben, daß sowohl die Form und Anordnung der Sektoren, wie auch die Größe des Gesichtsfeldes auf die Intermittenzzahl von Einfluß ist. Nach allem, was wir vom Einfluß des Reizunterschieds auf die Verschmelzung der Empfindungen gesagt haben, geht klar hervor, daß die Form und Anordnung der Sektoren von Einfluß auch sein müssen, da beide Momente Veränderungen im Reizunterschied bedingen. In seiner 7. und 8. Mitteilung hat SCHENCK¹ den Satz aufgestellt, „daß eine ganz mit abwechselnd schwarzen und weißen Sektoren erfüllte Kreisel-scheibe geringere Umdrehungsgeschwindigkeit nötig hat, um gleichmäßig auszusehen, als ein nur zur Hälfte mit gleichmäßigen dem Sektorengemisch gleichhellem Grau erfüllte Scheibe.“ Da diese Tatsache allen unseren theoretischen Anschauungen widerspricht, so sucht SCHENCK die bekannten von FICK für das Anklingen der Netzhauterregung aufgestellten sägeartigen Erregungskurven durch eine neue zu ersetzen. Diese von SCHENCK beobachtete Erscheinung, die im ersten Anblick

¹ *Pflügers Archiv f. d. gesamte Physiologie* 68, S. 54 und 77, S. 44.

widersprechend scheint, wurde sehr sinnreich von SAMOJLOFF¹ erklärt. SAMOJLOFF hat das Mangelhafte des Beweises SCHENCKS, der beim ersten Augenblick nicht zu entdecken ist, gezeigt und bewiesen, daß die Beobachtung SCHENCKS uns zu neuen theoretischen Anschauungen gar nicht zwingt.

Was die Größe des Gesichtsfeldes betrifft, so beruht ihr Einfluß erstens auf der bekannten Beobachtung von SCHENCK, daß die Verschmelzung der Empfindung von der Augenbewegung beeinflusst wird, so daß bei einem sehr kleinen Gesichtsfeld, bei dem die Augenfixation leichter zu stande kommt, die Intermittenzzahl geringer sein wird als bei großem Gesichtsfeld, bei dem die Augenbewegung sich frei vollzieht; zweitens auf der Veränderung der Größe des Gesichtsbildes auf der Retina, sowie auch der Zahl der Teilungslinien, welche im jeweiligen Moment auf ein und dieselbe Partie der Retina fallen. Die von uns bei diesen Untersuchungen gewonnenen Zahlen mitzuteilen, halten wir in Anbetracht der im ersten Kapitel gemachten Angaben für überflüssig.

V. Intermittierende Lichtreize der Peripherie der Retina.

Zur Untersuchung der Empfindlichkeit der peripherischen Teile der Retina gegenüber intermittierenden Reizen wurde das Auge im Zentrum eines gewöhnlichen Perimeters eingestellt, auf dessen Rahmen sich die zu untersuchende Person mit dem Kinn stützte. Die Beobachtungen wurden durch die Röhre des BADALschen Perimeters gemacht, in der sich ein langer Seitenschlitz befindet, der die Möglichkeit gibt, bei Fixation durch das Zentrum der Röhre die Peripherie der Retina im Umkreise von 30° von der Fovea centralis frei zu untersuchen. Für die mehr peripher liegenden Teile mußte man eine Röhre mit einem längeren Seitenschlitz anwenden. Unsere Beobachtungen haben ergeben, daß das Zentrum der Retina bei gutem zerstreutem Licht gegen intermittierende Reize empfindlicher ist als die Peripherie, wobei der temporale Teil der letzteren empfindlicher ist als der nasale (cf. Tabelle VII).

¹ *Pflügers Archiv* 85, S. 90.

Tabelle VII.

BRAUNSTEIN				ZESLINSKI			
Ent- fernung vom Zentrum der Retina (Grad)	Intermittenzzahl			Ent- fernung vom Zentrum der Retina (Grad)	Intermittenzzahl		
	Zentrum der Retina	Tem- poraler Teil	Nasaler Teil		Zentrum der Retina	Tem- poraler Teil	Nasaler Teil
	43				38		
5		41	38	5		37	36
10		38	36	10		34	32
15		37	36	15		31	30
30		35	33	30		30	28
40		34	33	40		28	27

Diese mit den von RUPP sowie von BELLARMINOFF in bezug auf die Empfindlichkeit der Peripherie der Retina gegen intermittierende Reize bei starker Beleuchtung erhobenen Befunden übereinstimmenden Untersuchungen scheinen die Ansicht EXNERS von der gröfseren Empfindlichkeit der Peripherie gegen intermittierende Reize zu widerlegen. EXNER nimmt, indem er der Peripherie der Retina das Vermögen zuschreibt, unserem Gehirn intermittierende Reize in Form von Bewegungen zu übermitteln, an, dafs die Peripherie der Retina das Zentrum an Empfindlichkeit gegen feine Bewegungen der Gegenstände im Gesichtsfeld übertrifft, und misst dieser Tatsache eine grofse Bedeutung aus dem Grunde bei, dafs die Peripherie der Retina im Tierreich im Kampf ums Dasein im Sinne der DARWINSchen Theorie bei der Erkennung der Bewegungen des Feindes keine unwichtige Rolle spielt.

Die von uns bei der Untersuchung der Peripherie der Retina erhobenen Befunde finden ihre Bestätigung in den sorgfältigen Untersuchungen von TREITEL¹, CHODIN², DOBROWOLSKI und HENE³, welche Autoren gefunden haben, dafs das Zentrum der Retina empfindlicher ist als die Peripherie. Darüber, wie sich die Peri-

¹ l. c.

² *Graefes Archiv* 22 (3), S. 177.

³ *Pflügers Archiv* 12, S. 432.

pherie der Retina gegenüber intermittierenden Reizen bei abgeschwächtem Licht verhält, wird im nachstehenden die Rede sein.

VI. Einfluß der Adaptation des Auges.

Im Jahre 1896 hat M. SCHULZE, sich mehr auf vergleichende anatomische als auf physiologische Tatsachen stützend, die Meinung ausgesprochen, daß die Stäbchen der Retina zwar nicht im stande sind, Farben zu unterscheiden, dafür aber sehr empfindlich gegen schwaches Licht sind, während die Zapfen nicht so lichtempfindlich sind, dafür aber eine feine Empfindlichkeit für Farben besitzen. Diese Lehre, welche den Zapfen Empfindlichkeit für Farben und den Stäbchen farblose Lichtempfindung zuschreibt, ist von VON KRIES zu einer ganzen Theorie entwickelt worden. Dieser Autor teilt, indem er von der anatomischen Tatsache, daß im optischen Apparat Stäbchen im Zentrum der Retina fehlen, sowie von zahlreichen verschiedenartigen Experimenten ausgeht, sämtliche Gesichtsfunktionen zwischen dem Apparat der Stäbchen und demjenigen der Zapfen auf. Den ersteren nennt er Dunkelapparat, den zweiten Hellapparat. Der v. KRIESSchen Theorie entsprechend, ist das Sehen bei geschwächtem Licht und das hohe Vermögen des Auges, zu adaptieren, d. h. sich an die Dunkelheit anzupassen, eine Funktion desjenigen Teiles unseres Sehorgans, welches die Stäbchen zu seinem Endapparat hat. Die Zapfen stellen nach der Lehre von v. KRIES einen farbentüchtigen (trichromatischen) Apparat dar, welcher bezüglich seiner Funktion auf eine etwas grössere Lichtstärke angewiesen ist und in seinen Empfindungseffekten sehr hohe Werte erreichen kann. Diese Theorie, welche eingehend zu erörtern wir für überflüssig erachten, ist einerseits auf Einwendungen von seiten HESS' gestossen, der die Richtigkeit der Anordnung gewisser von v. KRIES ausgeführten Experimente kritisiert, hat aber andererseits eine Bestätigung in der Arbeit von E. FICK gefunden; letzterer hat ebenso wie v. KRIES die Sehschärfe sowohl eines für die Dunkelheit, wie auch eines für Licht adaptierten Auges untersucht oder, um kürzer zu sagen, die Stäbchen-Sehschärfe und die Zapfen-Sehschärfe untersucht und das vollauf bestätigt, was man auf Grund der v. KRIESSchen Lehre hätte erwarten können, nämlich: in der Fovea centralis ist die Stäbchen- oder Dunkel-Sehschärfe = 0, in den lateralen Teilen der Retina nimmt sie rasch zu,

erreicht bald ihr Maximum und bleibt dann bis zur äußeren Grenze der Retina unverändert. Was die Zapfen- oder Hellsehstärke betrifft, so ist sie im Zentrum der Retina am größten, während sie in der Peripherie von der Fovea centralis rasch abnimmt, worauf diese Abnahme langsamer vor sich geht und an der Grenze der Retina äußerst gering wird. In Anbetracht dieser von v. KRIES und von E. FICK erzielten Resultate haben wir eine Reihe von Untersuchungen über den Einfluß der Adaptation für Dunkel und derjenigen für Hell auf die Intermittenzzahl oder, um bei der v. KRIESSchen Terminologie zu bleiben, die Stäbchen-Intermittenzzahl und die Zapfen-Intermittenzzahl bestimmt. Zu diesem Zwecke wird in einem vollständig dunklen Zimmer mit geschwärzten Wänden auf einen Kreis mit weißen und schwarzen Sektoren durch ein Diaphragma mit einer $\frac{3}{4}$ mm großen Öffnung das Licht von einem Glühlämpchen gerichtet, welches in einem undurchsichtigen Zylinder eingeschlossen war. Vor den Sektoren wird ein schmaler Schlitz im schwarzen Karton eingestellt. Um die Fixation zu erleichtern, wurde seitwärts vom Schlitz auf dem schwarzen Karton ein kleiner weißer Kreis aufgeklebt. Die Beobachtungen wurden durch eine an der Innenfläche geschwärzte Röhre gemacht. Die Augen wurden zunächst einer Adaptation für Dunkel $\frac{1}{2}$ Stunde lang unterzogen. Wenn auch v. KRIES bisweilen seine Augen einer Adaptation 2 Stunden lang unterzog, so haben wir uns doch auf eine $\frac{1}{2}$ stündige Adaptation beschränkt, weil wir bei längerer Adaptation genau dieselben Resultate erzielten wie bei einer $\frac{1}{2}$ stündigen. Nach der Ansicht AUBERTS nimmt die Adaptation nach einem $\frac{1}{4}$ stündigen Verweilen im Dunkeln in den folgenden 2 Stunden äußerst wenig zu, in einem Falle will A. sogar nach einiger Zeit infolge subjektiver Lichtempfindungen eine Verringerung der Adaptation festgestellt haben. FECHNER führt im Gegenteil unglaubliche Beispiele von bedeutender Zunahme der Lichtempfindung nach einem 8 Tage langen Aufenthalt im Dunkeln an. Damit die von uns ausgearbeitete minimale Beleuchtung im schon genügend adaptierten Auge keine Ermüdung hervorriefe, wurde das Glühlämpchen, welches sich hinter dem Untersucher befand, mit einem undurchsichtigen Schirm bedeckt, der bei noch geschlossenen Augen geöffnet wurde. Die Augen wurden nur für einen Augenblick geöffnet, als der Apparat schon vollständig im Gange war. Nach einer, höchstens

nach zwei Beobachtungen wurde das Auge einer neuerlichen halbstündigen Adaptation unterworfen, um keine Beobachtungen mit der durch die vorangehenden Beobachtungen ermüdeten Retina zu machen.

Die von uns bei dieser Methode erzielten Resultate sind folgende: Fixiert man bei einem so minimalen Licht mit dem Zentrum der gut adaptierten (innerhalb $\frac{1}{2}$ Stunde) Retina, so kann man bei sehr langsamer Drehung des Kreises ein Flimmern nicht wahrnehmen; es ist uns nicht ein einziges Mal gelungen, die Drehgeschwindigkeit festzustellen, bei der Flimmern noch wahrzunehmen wäre, so geringfügig ist diese Geschwindigkeit. Etwas ganz anderes erhält man bei der Untersuchung der Peripherie der Retina (ungefähr $10-20^\circ$ vom Zentrum): hier ist das Flimmern noch bei diesem minimalen Licht deutlich wahrnehmbar, und das Verschmelzen der Empfindungen geschieht bei 8—9 Unterbrechungen in der Sekunde. Für die mehr peripher liegenden Teile der Retina (über 20° vom Zentrum) wächst die Intermittenzzahl bis 22—23 in der Sekunde. Wird die Beleuchtungsstärke bis $\frac{1}{64}$ gesteigert, so wird im Zentrum der Retina das Flimmern wahrnehmbar, und das Verschmelzen der Empfindungen tritt bei 17 Unterbrechungen ein, während für die Peripherie 19—20 Unterbrechungen erforderlich sind. Die gleichen Wahrnehmungen macht man bei einer Beleuchtungsintensität von $\frac{1}{32}$. Bei einer Beleuchtungsintensität von $\frac{1}{16}$ ist die Intermittenzzahl für die Peripherie und das Zentrum fast die gleiche. Bei weiterer Steigerung der Beleuchtung bis $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ und 1 wird die Intermittenzzahl für das Zentrum größer als für die Peripherie, wobei bei sämtlichen Beleuchtungsintensitäten die Intermittenzzahl für den temporalen Teil größer ist als für den nasalen. Die Tabelle VIII gibt die Intermittenzzahl für das Zentrum und die Peripherie der Retina in ihrer Abhängigkeit von der Beleuchtungsintensität nach einer $\frac{1}{2}$ stündigen Adaptation an.

Von ebensolchem Einfluß wie die Steigerung der Beleuchtung ist die ungenügende Adaptation. Untersucht man ein für Dunkel nicht adaptiertes Auge, so ist die Intermittenzzahl bei minimaler Beleuchtung für die Peripherie die gleiche wie für das Zentrum, bisweilen sogar geringer.

Zur Bestimmung der Zapfen-Intermittenzzahl haben wir in einem hellen Zimmer mit nach der Sonnenseite gehenden

Tabelle VIII.

Be- leuchtungs- intensität	Intermittenzzahl		
	Zentrum	Temporaler Teil	Nasaler Teil
	der Retina		
$\frac{1}{456}$	Flimmern nicht wahrnehmbar	9	8
$\frac{1}{64}$	17	20	19
$\frac{1}{32}$	20	23	22
$\frac{1}{16}$	24	24	24
$\frac{1}{8}$	27	25	24
$\frac{1}{4}$	29	26	24
$\frac{1}{2}$	32	29	27
1	43	40	38

Fenstern die Augen nach einem $\frac{1}{2}$ stündigen Verweilen im dunklen Zimmer untersucht. In den ersten 1—2 Minuten ist es wegen des unangenehmen Blendungsgefühls fast unmöglich, zu untersuchen. Nach einer Adaptationszeit von einigen Minuten ist das Zentrum der Retina für intermittierende Reize am empfindlichsten, während diese Empfindlichkeit in der Richtung zur Peripherie in einer Entfernung von $10-20^\circ$ abnimmt. Wird dasselbe Auge nach 5—10 Minuten untersucht, so verringert sich die Differenz zwischen Peripherie und Zentrum, um sich nach einer halben Stunde fast vollständig auszugleichen. Die Ursache dieser Erscheinung ist wahrscheinlich in Ermüdung des Zentrums zu suchen. Die Adaptation für Hell tritt, wie wir sehen, weit rascher ein als für Dunkel. Dieselbe Beobachtung hat auch O. SCHIRMER gemacht, der gefunden hat, daß die Adaptation für Hell das Maximum schon in einer $\frac{1}{2}$ Minute erreichen kann. Aus der Tabelle IX kann man die Abhängigkeit der Intermittenzzahl für das Zentrum und die Peripherie der Retina von der Adaptation für Hell verfolgen.

Die Resultate unserer Beobachtungen zeigen somit, daß die Empfindlichkeit des Zentrums der Retina für intermittierende Lichtreize bei abgeschwächter Beleuchtung und nach genügender Adaptation sehr unbedeutend und bei minimaler Beleuchtung = 0 ist. In der Richtung von der Peripherie zur Netzhaut, wo die Stäbchen gelagert sind, nimmt die Empfindlichkeit für unterbrochene Reize bei abgeschwächter Beleuchtung zu. Eine voll-

Tabelle IX.

Dauer der Adaptation für Hell	Intermittenzzahl		
	Zentrum	Temporaler Teil	Nasaler Teil
	der Retina		
3 Minuten	64	52	52
5 „	58	48	45
10 „	48	44	42
15 „	48	44	43
$\frac{1}{2}$ Stunde	43	43	42

ständig entgegengesetzte Erscheinung wird bei guter Beleuchtung beobachtet: hier sehen wir hohe Empfindlichkeit des Zentrums, wo die Zapfen liegen und Stäbchen fehlen, und eine Verringerung derselben in der Richtung zur Peripherie. Eine solche Analogie in der Empfindlichkeit des Zentrums und der Peripherie der Retina zwischen intermittierendem und gewöhnlichem Licht kann als indirekter Beweis für die Richtigkeit der v. KRIESSchen Lehre dienen. Unsere Beobachtungen stimmen mit den Resultaten, die BELLARMINOFF bezüglich der intermittierenden Reizungen des Zentrums und der Peripherie der Retina gewonnen hat, überein und werden auch durch die von SCHADOW gemachten Beobachtungen unterstützt. Letzterer fand, daß, wenn bei direkter Fixation der Lichtquelle noch keine Empfindung eintritt, letztere jedesmal bei seitlicher Beleuchtung des Auges auf 30 hervorgerufen werden kann. SCHADOW führt noch folgende Beobachtung an: Wird ein leuchtender Punkt zentral fixiert und die Lichtstärke so weit verringert, daß jede Lichtempfindung verschwindet, so kann letztere wieder durch laterale Bewegung des Auges hervorgerufen werden. Hierher kann auch die längst bekannte Tatsache gerechnet werden, daß die Astronomen schwach leuchtende Sterne, die bei direktem Sehen unsichtbar sind, bei seitlicher Beleuchtung gut erkennen. Es muß hinzugefügt werden, daß Dr. TREITEL gleichfalls gefunden hat, daß das Verhältnis zwischen der Empfindlichkeit der Peripherie und des Zentrums der Retina sich bei abgeschwächter Beleuchtung im Vergleich zu demselben Verhältnis bei Tageslicht wesentlich ändert; nach den Beobachtungen von TREITEL verringert sich die Empfindlichkeit des Zentrums um das 12fache, während die Empfindlichkeit der

Peripherie sich um das 2fache verringert; immerhin bleibt die Empfindlichkeit im Zentrum 2mal so hoch als in der Peripherie. TREITEL führt diese Erscheinung darauf zurück, daß die peripheren Teile der Retina das Zentrum in bedeutendem Grade an Adaptationsfähigkeit übertreffen, welche im Zentrum weit langsamer vor sich geht als in der Peripherie. Wir aber haben ebenso wie v. KRIES die oben geschilderte Erscheinung des Vorherrschens der Peripherie über dem Zentrum deutlich selbst nach 2 stündiger Adaptation gesehen.

Diese Beobachtungen habe ich schon vor einigen Jahren veröffentlicht.¹ Im vergangenen Jahre sind die Untersuchungen von SCHATTERNIKOFF² erschienen, nach denen rotierende Scheiben, um völlig gleichmäßig zu erscheinen und nicht mehr zu flimmern, schneller laufen müssen, wenn man mit gut helladaptiertem Auge, als wenn man mit dunkeladaptiertem Auge beobachtet. Aus diesen Beobachtungen, welche die meinigen teilweise bestätigen, zieht v. KRIES³ hervor, daß die Stäbchen resp. der mit ihnen als Endorganen ausgerüstete Bestandteil des Sehorgans eine geringere Empfindlichkeit für schnelle periodische Wechsel des einwirkenden Lichtes besitzen, als der trichromatische Bestandteil.

VII. Farbige intermittierende Reizungen des Zentrums und der Peripherie der Retina.

Zur Gewinnung von farbigem intermittierendem Licht benutzen wir Pigment- oder Spektralfarben. Im ersteren Falle wurde auf einem Metallkreis das ROTHESCHE farbige Papier angeklebt, auf dem mit schwarzer Farbe schwarze Sektoren gezeichnet wurden. Zur Gewinnung einer reinen intermittierenden Spektralfarbe wurde mittels Prismas auf einen weißen Schirm das Sonnenspektrum reflektiert, vor dem schwarze undurchsichtige Sektoren eingestellt wurden, die durch einen Rotationsapparat in Rotation versetzt, bald die eine, bald die andere vom Schirm reflektierte Farbe zurückhalten, bald durch ihre Zwischenräume ungehindert durchlassen. Vor den Sektoren wurde ein schwarzer Karton mit einem Horizontalschlitz von $\frac{1}{2}$ mm

¹ Zur Lehre der intermittierenden Reizung der gesunden und kranken Netzhaut. *Bericht der medizinischen Gesellschaft zu Charkow*. 1899. [Russisch.]

² *Zeitschrift f. Psychologie u. Physiologie d. Sinnesorgane* 29, S. 241.

³ *Zeitschrift f. Psychologie u. Physiologie d. Sinnesorgane* 32, S. 113.

Durchmesser eingestellt. Mit Hilfe dieses Schlitzes konnte man jeden beliebigen Teil des Spektrums isolieren und auf diese Weise beliebiges reines spektrales intermittierendes Farbenlicht bekommen.

Die mittels Pigmentfarben ausgeführten Untersuchungen haben ergeben, daß für die gelbe Farbe die größte Intermittezzahl erforderlich ist; dann kommen rot, grün und schließlicb blau (cf. Tabelle X).

Tabelle X.

Bezeichnung der Farbe	Intermittezzahl
gelb	53
rot	44
grün	37
blau	29

Je nach der Entfernung vom Zentrum zur Peripherie der Retina sinkt die Intermittezzahl bei guter Beleuchtung für alle Farben, wobei für den nasalen Teil der Retina die Intermittezzahl kleiner ist als für den temporalen (cf. Tabelle XI).

Tabelle XI.

Bezeichnung der Farbe	Intermittezzahl		
	Zentrum	Temporalere Teil	Nasaler Teil
	der Retina		
gelb	53	46	41
rot	44	40	37
grün	37	35	32
blau	29	45	23

Bei der Untersuchung der Spektralfarben erhält man eine ebensolche Farbenskala wie bei der Untersuchung der Pigmentfarben (cf. Tabelle XII).

Tabelle XII.

Bezeichnung der Farbe	Intermittenz- zahl
gelb	41
rot	36
grün	33
blau	30

Bei der Untersuchung der Spektralfarben der Peripherie der Retina wurde gleichfalls gefunden, daß die Intermittenzzahl bei guter Beleuchtung für die Peripherie kleiner ist als für das Zentrum, und für den nasalen Teil der Retina kleiner als für den temporalen (cf. Tabelle XIII).

Tabelle XIII.

Bezeichnung der Farbe	Intermittenzzahl		
	Zentrum	Temporal- Teil	Nasaler Teil
	der Retina		
gelb	41	33	30
rot	36	31	27
grün	33	25	25
blau	30	25	24

Mit dem Nachlassen der Beleuchtungsintensität beginnt sich die Differenz zwischen Peripherie und Zentrum der Retina auszugleichen; bei einer Beleuchtungsintensität von $\frac{1}{8}$ wird die Empfindlichkeit des Zentrums und der Peripherie gleich; bei weiterem Nachlassen der Beleuchtung übertrifft die Empfindlichkeit der Peripherie diejenige des Zentrums, während bei minimaler Beleuchtung von $\frac{1}{456}$ und nach einer $\frac{1}{2}$ stündigen Adaptation es noch deutlich an der Peripherie flimmert, während im Zentrum ein Flimmern gar nicht mehr wahrzunehmen ist. Die Tabellen XIV, XV, XVI und XVII geben die Intermittenzzahlen für die verschiedenen Farben im Zentrum, im temporalen und im nasalen Teil der Retina je nach der Beleuchtungsintensität an.

Tabelle XIV. Gelbe Farbe.

Beleuchtungsintensität	Intermittenzzahl		
	Zentrum	Temporaler Teil	Nasaler Teil
	der Retina		
$\frac{1}{2}$	42	35	34
$\frac{1}{4}$	40	32	30
$\frac{1}{8}$	38	38	35
$\frac{1}{16}$	35	35	34
$\frac{1}{32}$	29	32	30
$\frac{1}{16}$	24	30	29
$\frac{1}{456}$	Flimmern nicht wahrnehmbar	20	20

Tabelle XV. Rote Farbe.

Beleuchtungsintensität	Intermittenzzahl		
	Zentrum	Temporaler Teil	Nasaler Teil
	der Retina		
$\frac{1}{2}$	29	22	19
$\frac{1}{4}$	27	22	20
$\frac{1}{8}$	25	25	25
$\frac{1}{16}$	22	23	22
$\frac{1}{32}$	19	23	22
$\frac{1}{16}$	17	19	18
$\frac{1}{456}$	Flimmern nicht wahrnehmbar	16	16

Tabelle XVI. Grüne Farbe.

Beleuchtungsintensität	Intermittenzzahl		
	Zentrum	Temporaler Teil	Nasaler Teil
	der Retina		
$\frac{1}{2}$	30	27	27
$\frac{1}{4}$	27	22	21
$\frac{1}{8}$	23	23	23
$\frac{1}{16}$	21	22	21
$\frac{1}{32}$	18	20	19
$\frac{1}{16}$	16	19	19
$\frac{1}{456}$	Flimmern nicht wahrnehmbar	12	12

Tabelle XVII. Blaue Farbe.

Beleuchtungsintensität	Intermittenzzahl		
	Zentrum	Temporaler	Nasaler Teil
	der Retina		
$\frac{1}{2}$	24	19	18
$\frac{1}{4}$	21	18	16
$\frac{1}{8}$	20	21	18
$\frac{1}{16}$	17	19	15
$\frac{1}{32}$	14	19	14
$\frac{1}{16}$	8	12	10
$\frac{1}{456}$	Flimmern nicht wahrnehmbar	8	8

Die vorstehenden Tabellen zeigen, daß ein Nachlassen der Empfindlichkeit der Retina für intermittierende Reize bei guter Beleuchtung in der Richtung vom Zentrum zur Peripherie, bei herabgeminderter Beleuchtung und nach genügender Adaptation im Gegenteil in der Richtung von der Peripherie zum Zentrum nicht nur in bezug auf die weiße Farbe, sondern auch in bezug auf sämtliche Grundfarben stattfindet. (Fortsetzung folgt.)

(Aus dem Physiologischen Laboratorium der Kaiserl. Universität Charkow.)

Beitrag zur Lehre des intermittierenden Lichtreizes der gesunden und kranken Retina.

Von

Dr. med. E. P. BRAUNSTEIN,
Privatdozent an der Kaiserlichen Universität Charkow.

(Schluss.)

Klinischer Teil.

Aus den Experimenten über die intermittierende Lichtreizung der Retina kann man wertvolle Anhaltspunkte zur Beurteilung der Unterschiedsempfindlichkeit des lichtempfindenden Apparats des Auges bei verschiedenen pathologischen Zuständen desselben gewinnen. Untersuchungen in dieser Richtung sind unseres Wissens noch von keinem vorgenommen worden und haben zum Ausgangspunkt die bereits im physiologischen Teil unserer Arbeit vorgebrachten Erwägungen: Wir haben gesehen, daß bei intermittierendem Licht die Empfindung während der Reizungsperiode um eine gewisse Größe steigt, während sie zur Zeit des Intervalls um dieselbe Größe sinkt. Die Schwankungen der Empfindungen bei Permanenz der Lichtintensität werden um so größere sein, je langsamer die Unterbrechungen aufeinander folgen. Bei einer gewissen Schnelligkeit der letzteren werden die Schwankungen überhaupt nicht wahrnehmbar und die Eindrücke ununterbrochen. Wenn wir die Intermittenzzahl kennen, bei der ein Verschmelzen der Empfindungen eintritt, so bestimmen wir auf diese Weise diejenigen Schwankungen der Empfindungen, die bereits nicht mehr wahrnehmbar sind und die an und für sich der minimalen Unterschiedsempfindlichkeit, die noch am Auge wahrgenommen wird, entsprechen. Wenn wir nun mittels

intermittierender Lichtreizung im stande sind, die Empfindlichkeit des Auges für die minimale Differenz der Lichtempfindungen genau zu bestimmen, so haben wir im intermittierenden Licht eine neue Methode zur Untersuchung des Lichtsinnes des Auges. Unter Lichtsinn verstehen verschiedene Autoren eine verschiedene funktionelle Fähigkeit des Auges. AUBERT¹ hat als erster das Wort Lichtsinn in die Physiologie eingeführt und bezeichnet mit diesem Worte die Fähigkeit unserer Netzhaut, Licht oder Lichtdifferenzen zu empfinden und die Fähigkeit, Intensitäten des Lichts zu empfinden. Dieser von AUBERT eingeführten Bezeichnung entsprechend, versteht WOLFFBERG² unter Lichtsinn die Empfindlichkeit des Auges für die minimale objektive Intensität des Reizes und für die minimale Differenz in der Intensität des Reizes. Bei der Untersuchung des Lichtsinnes muß man also nach WOLFFBERG bestimmen: erstens die minimale, noch zur Empfindung gelangende Intensität des Lichtreizes (Reizschwelle von FECHNER) und zweitens die minimale, noch zur Empfindung gelangende Differenz des Lichtreizes (Unterschiedsschwelle von FECHNER). BJERRUM³ und SAMELSON⁴ unterscheiden gleichfalls eine Unterschiedsschwelle. FÖRSTER⁵ versteht unter Lichtsinn die Empfindlichkeit des Auges für Licht und bestimmt diese Empfindlichkeit nach dem Einfluß der absoluten Intensität der Beleuchtung auf die Sehschärfe. MAUTHNER⁶ betrachtet den Lichtsinn als eine Fähigkeit, bei gewisser Lichtintensität eine gewisse Lichtdifferenz zu bestimmen. PHILIPSEN⁷ glaubt, daß die Untersuchung des Lichtsinnes einzig und allein auf die Bestimmung der Reizschwelle hinausgeht. TREITEL⁸, der sich mit der Frage des Lichtsinnes sehr viel beschäftigt und eine ganze Reihe schöner Arbeiten über den Lichtsinn der gesunden und kranken Retina geschrieben hat, versteht unter

¹ Physiologie der Netzhaut. Breslau 1885. S. 5 u. 23.

² *Graefes Archiv f. Ophthalmologie* 31, Abt. 1, S. 3.

³ *Graefes Archiv f. Ophthalmologie* 30, Abt. 2, S. 202.

⁴ *Annales d'oculistique* 92. Internat. Kongress Kopenhagen 1885: Die Bedeutung der Lichtsinn-Untersuchung in d. prakt. Ophthalmologie.

⁵ Über Hemeralopie und Anwendung eines Photometers im Gebiete der Ophthalmologie. Breslau 1857. S. 3.

⁶ Vorträge aus dem Gesamtgebiete der Augenheilkunde. Wiesbaden 1881. Bd. I.

⁷ *Archiv f. Augenheilkunde*. 1882.

⁸ *Archiv f. Ophthalmologie* 30, Abt. 1, S. 36.

Lichtsinn nur die Empfindlichkeit für die Bestimmung einer gewissen Lichtdifferenz. Er wendet sich gegen die Deutung, welche WOLFFBERG der AUBERTSchen Bezeichnung beigegeben hat. Nach TREITEL versteht AUBERT selbst unter Lichtsinn nur die Fähigkeit des Auges, Intensitäten des Lichts zu empfinden. TREITEL nimmt an, daß zwischen Reizschwelle und Unterschiedschwelle keine große Differenz besteht, weil Reizschwelle dieselbe Unterschiedschwelle ist, die nur bei der geringsten Beleuchtungsintensität bestimmt wird. Er wendet sich gegen die Autoren, welche den Lichtsinn untersuchen, indem sie Gegenstände von verschiedener Größe verschieden beleuchten, und wenn sie eine Abschwächung des Sehvermögens bei verringerter Beleuchtung oder sogenannte Hemeralopie konstatieren, dieselbe als eine Anomalie des Lichtsinnes betrachten. Nach TREITEL können nur diejenigen funktionellen Störungen des Auges als Anomalien des Lichtsinnes betrachtet werden, bei denen eine verringerte Unterschiedsempfindlichkeit besteht.

Was die Methoden betrifft, die zur Untersuchung des Lichtsinnes dienen, so kann man dieselben in 2 Gruppen einteilen. Zu der ersten Gruppe gehören diejenigen Methoden, welche auf den unrichtigen Prinzipien der Bestimmung der Sehschärfe bei verringerter Beleuchtungsintensität beruhen. Hierher gehört vor allem das FÖRSTERSche Photometer. Mit Hilfe dieses letzteren wird nicht die minimale Differenz in der Helligkeit zweier beleuchteter Gegenstände, welche das Auge noch zu empfinden vermag, sondern die Sehschärfe bei minimaler Beleuchtung bestimmt. Dasselbe kann man auch von dem HIPPELSchen Photometer sagen, das dem FÖRSTERSchen ähnlich ist. Dasselbe besteht aus einem Kasten, in dessen Mitte sich eine Lampe befindet. In der hinteren Wand des Kastens sind Buchstaben ausgeschnitten. Zwischen dieser Wand des Kastens und der Lampe befinden sich 6 matte Platten, die zur Verdunkelung der Lampe dienen. Die Intensität des Lichtsinnes wird nach der Zahl der matten Platten bestimmt, mit deren Hilfe das Auge noch sämtliche Buchstaben in einer Entfernung von 20 Fuß zu unterscheiden vermag. Auf demselben Prinzip beruht die Methode von BJERRUM, wo Buchstaben von gewisser Helligkeit bei verschiedener Beleuchtung in Augenschein genommen werden, sowie auch die Photometer von SCHNABEL und SCHMIDT-RIMPLER. Letztere verwenden Rauchgläser von verschiedenen Nuancen und gewöhn-

liche Tafeln zur Bestimmung der Sehschärfe. Der Färbungsgrad der Gläser wird zuvor photometrisch mittels der MASSONschen Scheiben bestimmt. Das dunkelste Glas, durch welches die Buchstaben der Tafel in gewisser Entfernung erkannt werden, entspricht der normalen Intensität des Lichtsinnes, und wenn dieselbe Sehschärfe nur durch ein helleres Glas erzielt werden kann, so hat man es mit einer Herabsetzung des Lichtsinnes zu tun. Durch alle diese Methoden wird eigentlich nicht der Lichtsinn untersucht, sondern nur konstatiert, ob eine Hemeralopie vorhanden ist, welche, wie TREITEL bewiesen hat, keine Anomalie des Lichtsinnes, sondern eine vollkommen selbständige Störung der Funktion der Retina ist. Zu der zweiten Gruppe gehören die Methoden, welche auf den regelmässigen Prinzipien der Bestimmung bei Tageslicht der geringsten Differenz in der Helligkeit zweier Gegenstände, die vom Auge noch empfunden wird, beruhen. Hierher gehören vor allem die MASSONschen Kreise. Letztere bestehen aus Kreisen, die aus weissem und festem Karton hergestellt sind und mittels Rotationsapparats in Bewegung gebracht werden. Auf die weisse Oberfläche des Kreises wird durch einen in radiärer Richtung angelegten Schnitt ein schwarzer, aus mehreren Graden bestehender Sektor eingeführt. Bei der Drehung dieses Kreises wird die minimale Grösse des schwarzen Streifens oder des schwarzen Sektors bestimmt, die man nach der kaum wahrnehmbaren grauen Nuance an der entsprechenden Stelle des sich drehenden Kreises erkennen kann. Als normale Intensität des Lichtsinnes wird ein 3 Grad breiter schwarzer Streifen oder Sektor bei einer Länge desselben von 3 mm angenommen. Ist das Auge im stande, nur die graue Nuance eines Sektors von 6 Grad zu unterscheiden, so ist der Lichtsinn dieses Auges herabgesetzt und beträgt die Hälfte des normalen. DONDERS hat die MASSONschen Kreise etwas modifiziert: anstatt die Breite des schwarzen Streifens zu wechseln, wurden auf einen weissen Kreis nebeneinander schwarze Streifen von verschiedener Breite gezeichnet, die bei der Drehung des Kreises sich in graue Ringe verwandeln, wobei die zu untersuchende Person bestimmen muß, wieviel Ringe sie unterscheidet. Zu dieser Gruppe gehören auch die photometrischen Tabellen von OLE BULL, TREITEL und WOLFFBERG. In den Tabellen von OLE BULL befinden sich auf schwarzem mattem Papier bunte kleine Quadrate, die aus einer Zusammenmischung der Haupt-

farben mit grau zusammengesetzt sind. Um grau zu bekommen, nahm OLE BULL 305 Grad schwarz und 55 Grad weiß. Der schwächste Farbenton auf den Tabellen von OLE BULL entspricht einem Quadrat, welches 20 Grad einer bestimmten Farbe und 340 Grad grau enthält. Das Auge, welches den Farbenton eines solchen Quadrats in einer Entfernung von 1 m zu unterscheiden vermag, hat einen Lichtsinn von 1. Das folgende Quadrat entspricht einer Zusammenmischung von 40 Grad der bestimmten Farbe mit 320 Grad grau. Das Auge, welches im stande ist, den Farbenton nur dieses Quadrats zu unterscheiden, hat einen Lichtsinn von $\frac{1}{2}$ des normalen. Die Tabellen von TREITEL sind nach demselben Prinzip zusammengestellt, wie die chromatischen Tabellen von OLE BULL und sind in praktischer Beziehung für die klinische Untersuchung des Lichtsinnes kranker Personen die zweckmäßigsten. Die Tabellen von TREITEL bestehen aus grauen Quadraten auf schwarzem Grund. Das schwarze Quadrat, welches die schwächste Nuance von grau hat, enthält 3 Grad weiß und 357 Grad schwarz. Wenn auch viele gesunde Augen unter denselben Verhältnissen (die Untersuchung mit den Tabellen von TREITEL wird in einer Entfernung von 1 m ausgeführt) im stande sind, schwächere Nuancen von grau zu unterscheiden, so wird die Fähigkeit des Auges, die Helligkeit dieses Quadrats vom matten schwarzen Grund zu unterscheiden, von TREITEL als die normale Unterschiedsempfindlichkeit betrachtet. Es muß bemerkt werden, daß TREITEL zur Vermeidung einer Verwirrung die Bezeichnung Lichtsinn vollständig ausschließt. In den Tabellen von WOLFFBERG dient als Ausgangspunkt die Bestimmung der Unterschiedsschwelle durch Unterscheidung bei Tageslicht von kleinen bunten Kreisen auf schwarzem Grund. Nach den Berechnungen von WOLFFBERG ergab ein gesundes Auge mit guter Sehschärfe von $\frac{6}{3}$ — $\frac{6}{2}$ bei Tageslicht auf schwarzem Sammet einen roten Gegenstand von $\frac{1}{2}$ mm im Durchmesser, einen blauen von 3 mm und einen gelben von $1\frac{1}{2}$ mm im Durchmesser in einer Entfernung von 5 m. Zur Bestimmung der Unterschiedsschwelle bei abgeschwächter Beleuchtung stellt WOLFFBERG in einem dunklen Zimmer seine schwarze Sammettabelle in einer Entfernung von 5 m von den Fensterladen ein, wo eine rechteckige Öffnung ausgeschnitten ist, die von einem mit bläulich-weißlichem Seidenpapier überzogenen Rahmen verdeckt wird. Es wird zuvor bestimmt, um wieviel

der Durchmesser der bunten Kreise vergrößert werden muß, daß man sie in einer Entfernung von 5 m bei Abschwächung der Beleuchtung durch ein Blatt Seidenpapier erkennen könnte. Hierauf wird dasselbe bei Abschwächung der Beleuchtung durch 2, 3, 4 u. s. w. Blätter bestimmt. Auf diese Weise wird die Unterschiedsschwelle für 15 verschiedene Beleuchtungsintensitäten festgestellt. Wenn man die Helligkeit des Tageslichts mit 1 und die durch 15 Bogen Seidenpapier bewirkte Dunkelheit mit 0 bezeichnet, so schwächt jeder Bogen die Beleuchtung um $\frac{1}{15}$ ab.

Von allen geschilderten Methoden der Untersuchung des Lichtsinnes sind am richtigsten begründet und am zweckmäßigsten in praktischer Beziehung die MASSONSchen Kreise und die Tabellen von TREITEL, wenn man auch nicht umhin kann, zu sagen, daß sowohl der einen wie der anderen Methode gewisse Mängel anhaften. Bei der Messung der Intensität des Lichtsinnes mittels MASSONScher Kreise wird als normale Intensität, d. h. als Einheit, die Breite eines schwarzen Streifens von 3 Grad angenommen, während ein vollständig gesundes Auge das Vorhandensein des schwarzen Streifens schon bei einer Breite von 2 Grad zu unterscheiden vermag. Unter diesen Umständen kann man leicht die ursprünglichen Störungen der Lichtempfindung dort übersehen, wo sie in schwachem Grade bereits vorhanden sind. Derselbe Mangel haftet den Tabellen von TREITEL an. Hier ist gleichfalls als Ausgangspunkt eine zu große Intensität genommen. TREITEL selbst weist darauf hin, daß die meisten gesunden Augen sein Quadrat Nr. 1 nicht nur in einer Entfernung von 1, sondern auch in einer Entfernung von 5 m zu unterscheiden vermögen. Aus diesem Grunde hat man es hier mit einer Abschwächung der Lichtempfindung zu tun, wenn Nr. 1 noch unterschieden wird. Durch diesen Mangel der Untersuchungsmethode glauben wir die Tatsache erklären zu sollen, daß TREITEL in einigen Fällen von bereits stark ausgesprochener Atrophie der Nn. optici normalen Lichtsinn gefunden hat.

Wir sehen also, daß sämtliche Methoden der Untersuchung der Lichtempfindung, die wir zu der ersten Gruppe hinzugerechnet haben, auf unrichtigen Prinzipien beruhen, während von der Methode der zweiten Gruppe die MASSONSchen Kreise und die Tabellen von TREITEL nicht ganz ihrem Zwecke entsprechen, und die Methode von WOLFFBERG, wie TREITEL mit Recht behauptet, nicht die Anomalie der Lichtempfindung,

sondern diejenigen funktionellen Störungen feststellt, welche durch die Hemeralopie bedingt sind. Infolgedessen ist es leicht erklärlich, daß man bestrebt war, neue wissenschaftlich begründete und genaue Methoden zur Untersuchung der Lichtempfindung zu finden, die von hohem diagnostischem Wert sind. Ich kann mich in dieser Richtung mit der Ansicht ADAMJUKS¹ nicht einverstanden erklären, der folgendes sagt: „Die Untersuchung der Lichtempfindung kann man nicht als sehr wichtig und notwendig betrachten, weil wir eine Vorstellung vom Lichtsinn in genügendem Grade aus den hinsichtlich der Sehschärfe erhobenen Befunden bekommen. Aus diesem Grunde wird in den Kliniken eine Bestimmung der Lichtempfindung nur äußerst selten vorgenommen und stets durch eine Bestimmung der Sehschärfe ersetzt. Wenn auch bei manchen Augenkrankheiten, wie z. B. bei Erkrankung der Chorioidea, die Lichtempfindung besonders stark sinkt, so wird doch bei diesen Affektionen auch das Sehvermögen in hohem Grade gestört, und auch die ophthalmoskopischen Veränderungen treten bei diesen Erkrankungen so deutlich hervor, daß auch hier keine Notwendigkeit vorliegt, zu diagnostischen Zwecken eine Untersuchung der Intensität der Lichtempfindung vorzunehmen.“ Gegen diese Ansicht kann man folgende außerordentlich wichtige Tatsache vorbringen: Viele Kranke erscheinen lange vor dem Auftreten von einfacher Atrophie der Nn. optici, von einfachem Glaukom oder von Makulitis beim Arzt und klagen über Störung des Sehvermögens, welche uns die Untersuchung der Sehschärfe, des Gesichtsfeldes und des Augengrundes nicht zu erklären vermag, weil diese keine Abweichungen von der Norm darbieten. Nur die Untersuchung der Lichtempfindung, namentlich bei abgeschwächtem Licht, gibt uns die Möglichkeit an die Hand, den Beginn einer schweren Erkrankung des Sehnerven lange vor dem Auftreten von Nachlassen der Sehschärfe oder von Symptomen von seiten des Augengrundes zu diagnostizieren. Infolgedessen betrachte ich die Untersuchung der Lichtempfindung in klinischer Beziehung als sehr wichtig, da man, wenn man diese Untersuchung nicht vornimmt, die ersten Grade einer Erkrankung der Retina oder des N. opticus leicht übersehen kann.

¹ Erkrankungen des Lichtsinnapparats des Auges. Kasan 1897. Bd. I, S. 198. [Russisch.]

Die von mir in Vorschlag gebrachte Methode zur Untersuchung der Lichtempfindung der gesunden und kranken Retina mittels intermittierenden Lichts ist schon für klinische Zwecke aus dem Grunde geeignet, weil die Klinik schon früher ähnliche MASSONSche Kreise, mit deren Hilfe intermittierendes Licht erzeugt wird, zur Untersuchung der Lichtempfindung verwendet hat. Es ist zu erwähnen, daß ROOD¹, NICHOLS², POLIMANTI³ und SCHENCK⁴ versucht haben, das intermittierende Licht zu photometrischen Untersuchungen zu verwenden, allerdings zu einem anderen Zwecke, und zwar zur Bestimmung der Helligkeit der Farben. Ich aber verwende das intermittierende Licht, um festzustellen, bei welcher Intermittenzzahl eine Verschmelzung der Empfindungen stattfindet, d. h. ich bestimme die minimale Differenz der Empfindungen, welche vom Auge noch wahrgenommen werden. Die Intensität der Lichtempfindung zahlenmäßig nach dieser minimalen Differenz auszudrücken, ist sehr kompliziert. A. KLEINER⁵ hat für sein Auge nach der Zeichnung von EXNER die Tangenten der beiden Kurven ausgerechnet und gefunden, daß bei einem aus einer schwarzen und einer weißen Hälfte bestehenden Kreise ein Verschmelzen der Empfindungen bei einer Drehgeschwindigkeit von 0,02 Sekunden stattfindet. A. KLEINER hat auf diese Weise festgestellt, daß die minimale Differenz der Empfindungen, welche sein Auge noch aufzunehmen vermag, kaum 0,01 derjenigen Empfindungskraft ausmacht, die ein weißer Bogen Papier bei zerstreutem Tageslicht gibt. Infolgedessen werde ich die Intensität der Lichtempfindung nicht nach der minimalen, noch wahrnehmbaren Differenz der Empfindungen, sondern nach der Intermittenzzahl bezeichnen, bei der ein Verschmelzen der Empfindungen stattfindet. Das ist weit einfacher und in praktischer Beziehung bequemer.

Wir bedienen uns bei unseren Untersuchungen des in dem Kapitel über Methoden der Untersuchung beschriebenen Rotations-

¹ *Americ. Journ. of Science* 46, S. 173.

² *Americ. Journ. of Science* 28, S. 243.

³ Über die sogenannte Flimmerphotometrie. *Zeitschrift f. Psychologie u. Physiologie d. Sinnesorgane* 19, S. 263.

⁴ 2. Mitteilung. *Archiv f. d. gesamte Physiologie* 54, S. 607.

⁵ *Pflügers Archiv* 18, S. 542.

apparates von KRIES - BAADER nebst Vorrichtungen zur graphischen Registrierung der Beobachtung.

Parallel mit der Lichtempfindung der zu untersuchenden Person habe ich stets die Intensität meiner eigenen Lichtempfindung bestimmt, die als Maßstab zur Anstellung eines Vergleichs diene. Unter diesen Umständen konnte man Untersuchungen zu jeder Zeit, am Tage sowohl, wie am Abend, und bei jedem Wetter vornehmen, da ich, nachdem ich zuvor die Intensität meiner eigenen Lichtempfindung bei gewisser Beleuchtung festgestellt habe, nach der Veränderung meiner eigenen Lichtempfindung unter den betreffenden Bedingungen im stande war, über die Veränderung dieser Fähigkeit bei der zu untersuchenden Person zu urteilen. Soweit es angängig war, wählte ich für die Untersuchungen mehr oder minder verständige und intelligente Individuen. Dieselben Beobachtungen wurden unter Einschaltung von Pausen mehrfach wiederholt und aus denselben das arithmetische Mittel berechnet. Um festzustellen, inwieweit sich die Intensität der Lichtempfindung mit dem Fortschreiten des pathologischen Prozesses verändert, wurden die Untersuchungen der Kranken, wenn es irgend möglich war, periodisch wiederholt.

Die von mir in Vorschlag gebrachte Methode zur klinischen Untersuchung der Lichtempfindung scheint nur bei oberflächlicher Betrachtung kompliziert zu sein. In Wirklichkeit ist die Methode ziemlich einfach. Die Handhabung des einmal eingestellten Apparats bietet keine besondere Schwierigkeiten. Die Ausführung der Beobachtungen ist außerordentlich einfach, die Berechnungen bei weitem nicht kompliziert. Es ist nur erforderlich, von Zeit zu Zeit das rauchgeschwärzte Papier auf dem Zylinder des Kymographen zu wechseln. Statt graphischer Registration der Zahl der Reizunterbrechungen könnte man den Apparat mit einem Uhrmechanismus versehen. Für praktische Zwecke, wo nur eine qualitative Bestimmung der Lichtempfindung ohne genaue quantitative Berechnungen der Intensität derselben erforderlich ist, ist es vollständig ausreichend, wenn man Kreise mit weißen und schwarzen Sektoren, ein von innen geschwärztes Rohr oder einen horizontalen Schlitz im schwarzen Karton und einen ganz einfachen Rotationsapparat hat. Selbst der praktische Arzt ist im stande, mit Hilfe dieses Apparates Störungen der Lichtempfindung zu konstatieren. Er braucht nur festzustellen,

ob eine Verschmelzung der Empfindungen bei der zu untersuchenden Person gleichzeitig mit einer Verschmelzung der Empfindungen in seinem eigenen Auge stattfindet oder nicht. Wenn dies bei geringerer Drehgeschwindigkeit stattfindet, so ist eine Abschwächung der Intensität der Lichtempfindung vorhanden.

Meine klinischen Untersuchungen habe ich an den Kranken der Ophthalmologischen Klinik der Universität Charkow angestellt. Die Untersuchungen wurden bei Tageslicht, und zwar bei gewöhnlichem oder bei durch Stores etwas geschwächtem Tageslicht oder im dunklen Zimmer bei künstlicher Beleuchtung ausgeführt. Die Beobachtungen wurden durch geschwärzte Röhren von 3—4 mm im Durchmesser oder durch eine ebenso große runde Öffnung oder $\frac{1}{2}$ mm breiten Schlitz im schwarzen Karton vorgenommen. Im ganzen sind 80 Patienten untersucht worden, und zwar:

22	mit Atrophia n. optici
8	„ Neuritis
7	„ Amblyopia
5	„ Retinitis
2	„ Apoplexia retinae
6	„ Chorioretinitis
1	„ Chorioiditis disseminata
3	„ Ablatio retinae
6	„ Glaucoma
10	„ Hemeralopia
10	„ Erkrankungen der brechenden Augenmedien.

I. Atrophia n. optici.

1. Der Patient IWAN Z., 47 Jahre alt, Kaufmann. Sehvermögen am rechten Auge seit 1892 erloschen. Visus oculi dextri = Lichtempfindung in einer beschränkten Partie des äußeren Teiles der Retina. Das linke Auge erkrankte im Jahre 1893, und das Gesichtsvermögen läßt an demselben, wenn auch langsam aber stetig nach. Visus oculi sinistri mit — 1,25 D = $\frac{10}{c}$. Gesichtsfeld im linken Auge nicht beschränkt. Der Patient unterscheidet weder rot noch grün. Untersuchung am 3. Dezember 1895.

Tabelle XVIII.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl	
	Beobachter Autor	Beobachter IWAN Z.
2	30	22
4	42	28
8	52	36
16	68	50
32	80	68

Diese Beobachtung zeigt, daß ein mit Atrophie des Nervus opticus behafteter Patient im Vergleich zu einem gesunden Menschen einer geringeren Intermittenzzahl benötigt ist, d. h. seine Unterschiedsempfindlichkeit ist geschwächt. Ferner geht aus dieser Beobachtung hervor, daß auch bei Affektionen des N. opticus das FILEHNESCHE Phänomen deutlich wahrnehmbar ist: mit der Vergrößerung der Sektorenzahl nahm auch die Intermittenzzahl bei unserem Patienten zu.

Um zu eruieren, wie sich die Unterschiedsempfindlichkeit mit dem Fortschreiten der Krankheit verändert, wurde der Patient in gewissen, ziemlich langen Zeitabschnitten nachuntersucht. Am 20. Januar 1896 war die Sehkraft des linken Auges bis $\frac{10}{LXX}$ gesunken. Die Untersuchung mittels intermittierenden Lichtes wurde wiederholt, und diese ergab, daß die Unterschiedsempfindlichkeit mit dem Nachlassen des Sehvermögens noch mehr gesunken ist, wie dies aus der Tabelle XIX hervorgeht.

Tabelle XIX.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl	
	Autor	IWAN Z.
2	29	20
4	43	24
8	52	33
16	65	44
32	76	67

Am 8. Juni 1897 betrug Visus oculi sinistri mit — 1,25 = $\frac{10}{c}$; die Unterschiedsempfindlichkeit war noch schwächer, wie dies aus der Tabelle XX hervorgeht.

Tabelle XX.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl	
	Autor	IWAN Z.
2	30	18
4	42	23
8	50	30
16	66	41
32	78	63

Am 6. Juli 1898 betrug Visus oculi sinistri mit $-1,25 = \frac{6}{cc}$, und wiederum war ein Nachlassen der Unterschiedsempfindlichkeit zu konstatieren (cf. Tabelle XXI).

Tabelle XXI.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl	
	Autor	IWAN Z.
2	31	17
4	43	21
8	54	29
16	65	40
32	79	58

Diese Beobachtungen zeigen, daß mit dem Fortschreiten der Atrophie und mit dem Nachlassen des zentralen Sehens die Intermittenzzahl sich für verschiedene Sektorenzahl verringerte, d. h. die Unterschiedsempfindlichkeit liefs bei dem betreffenden Patienten nach. Um festzustellen, wie die Unterschiedsempfindlichkeit bei dem betreffenden Patienten unter dem Einfluß einer Änderung der Beleuchtungsintensität verändert wird, wurde der Kranke in einem dunklen Zimmer untersucht, in dem die Beleuchtung mittels der bereits geschilderten Vorrichtung gewechselt wurde. Parallel wurde ceteris paribus die Unterschiedsempfindlichkeit des gesunden Auges des Verfassers untersucht. Die Resultate dieser Untersuchung (cf. Tabelle XXII) haben ergeben, daß, während beim gesunden Menschen mit der Verringerung der Beleuchtungsintensität um die Hälfte die Intermittenzzahl bzw. die Unterschiedsempfindlichkeit um 9—15 %

abnimmt, die Intermittenzzahl bei einem Atrophiker bei größeren Beleuchtungsintensitäten um 20—25 abnimmt und bei kleinen Beleuchtungsintensitäten bald das sich nicht mehr verändernde Minimum von sieben Unterbrechungen erreicht.

Tabelle XXII.

Beleuchtungsintensität	Intermittenzzahl	
	Autor	IWAN Z.
1	42	20
$\frac{1}{2}$	38	16
$\frac{1}{4}$	34	12
$\frac{1}{8}$	30	9
$\frac{1}{16}$	26	7
$\frac{1}{32}$	22	7
$\frac{1}{64}$	19	7
$\frac{1}{128}$	16	7
$\frac{1}{256}$	14	7

2. GRIGORI CH., 40 Jahre alt, Gutsbesitzer; Tabes. Atrophie der Nn. optici an beiden Augen seit $\frac{1}{2}$ Jahre. Visus oculi utriusque = $\frac{20}{L}$. Gesichtsfeld nicht beschränkt. Der Patient unterscheidet rot, bezeichnet aber grün als schwarz. Die Untersuchung mittels intermittierenden Lichts ist am 20. Mai 1898 ausgeführt worden und hat folgendes Resultat ergeben (cf. Tabelle XXIII).

Tabelle XXIII.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl	
	Autor	GRIGORI CH.
2	32	27
4	42	37
8	50	44
16	66	58
32	77	69

Bei der Untersuchung im dunklen Zimmer bei verschiedenen Beleuchtungsintensitäten wurden folgende Befunde wahrgenommen (cf. Tabelle XXIV):

Tabelle XXIV.

Beleuchtungsintensität	Intermittenzzahl	
	Autor	GRIGORI CH.
1	42	37
$\frac{1}{2}$	38	24
$\frac{1}{4}$	34	16
$\frac{1}{8}$	30	10
$\frac{1}{16}$	26	7
$\frac{1}{32}$	22	7
$\frac{1}{64}$	19	7
$\frac{1}{128}$	16	7
$\frac{1}{256}$	14	7

In diesem Falle sehen wir erstens eine geringere Intermittenzzahl für das an Atrophie des N. opticus leidende Auge, zweitens eine Verringerung dieser Zahl um 20 — 37 % bei Herabsetzung der Beleuchtungsintensität um die Hälfte bei großen Intensitäten und rasches Auftreten des sich nicht verändernden Minimums bei geringer Beleuchtungsintensität. Für das gesunde Auge verringerte sich die Intermittenzzahl ceteris paribus ziemlich regelmässig bei jeder Herabsetzung der Beleuchtungsintensität um die Hälfte um 9 — 15 %.

3. SAMOJLO W., 48 Jahre alt, Kaufmann. Vollständige Atrophie des linken N. opticus bereits seit 6 Jahren, des rechten seit 2 Jahren. Visus oculi dextri $\frac{20}{XL}$. Visus oculi sinistri = 0. Das Gesichtsfeld im rechten Auge ist von aussen stark beschränkt. Die Untersuchung ist am 10. Juli 1898 ausgeführt und hat folgendes ergeben (cf. Tabelle XXV):

Tabelle XXV.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl	
	Autor	SAMOJLO W.
2	31	25
4	43	38
8	52	48
16	66	60
32	79	72

Bei Veränderung der Beleuchtung im dunklen Zimmer wurden folgende Zahlen erhoben (cf. Tabelle XXVI):

Tabelle XXVI.

Beleuchtungsintensität	Intermittenzzahl	
	Autor	SAMOJLO W.
1	44	38
$\frac{1}{2}$	40	28
$\frac{1}{4}$	36	20
$\frac{1}{8}$	31	13
$\frac{1}{16}$	27	8
$\frac{1}{32}$	23	8
$\frac{1}{64}$	20	8
$\frac{1}{128}$	17	8
$\frac{1}{256}$	15	8

Es hat sich somit für das Auge des Kranken SAMOJLO W. die Intermittenzzahl bei Tagesbeleuchtung geringer erwiesen als für das gesunde Auge, während sie bei abgeschwächter Beleuchtung bei großen Intensitäten um 27—38 % abnahm und bei geringer Intensität auf dem Minimum von 8 Unterbrechungen stehen blieb; dagegen verringerte sich die Intermittenzzahl für das gesunde Auge bei Verringerung der Beleuchtung um die Hälfte nur um 9—15 %.

4. MARIE S., 39 Jahre alt, Edelfrau, leidet an Atrophie der Nn. optici seit einem Jahre. Visus oculi dextri = $\frac{1}{\infty}$. Visus oculi sinistri = $\frac{20}{LXX}$. Die Patientin unterscheidet weder rot noch grün. Die am 1. Juli 1898 ausgeführte Untersuchung ergab folgendes Resultat (cf. Tabelle XXVII):

Tabelle XXVII.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl	
	Autor	MARIE S.
2	30	25
4	43	32
8	51	40
16	65	55
32	76	66

Bei abgeschwächter Beleuchtung im dunklen Zimmer wurden folgende Befunde erhoben (cf. Tabelle XXVIII):

Tabelle XXVIII.

Beleuchtungsintensität	Intermittenzzahl	
	Autor	MARIE S.
1	43	32
$\frac{1}{2}$	39	24
$\frac{1}{4}$	35	16
$\frac{1}{8}$	32	11
$\frac{1}{16}$	28	7
$\frac{1}{32}$	24	7
$\frac{1}{64}$	21	7
$\frac{1}{128}$	18	7
$\frac{1}{256}$	15	7

Im vorstehenden Falle hat sich ebenso wie in den ersten drei Fällen die Unterschiedsempfindlichkeit des mit Atrophie des N. opticus behafteten Auges niedriger erwiesen als beim gesunden Menschen; desgleichen hat es sich ergeben, daß diese Unterschiedsempfindlichkeit unter dem Einflusse einer Herabsetzung der Beleuchtung im Verhältnis zum normalen Auge viel stärker sinkt.

5. SÜSSEL T., 33 Jahre alt, Kaufmann, leidet an Atrophie der Sehnerven seit 1892. Visus oculi dextri = $\frac{10}{XL}$; Visus oculi sinistri = $\frac{10}{c}$. Gesichtsfeld nicht beschränkt. Der Patient unterscheidet weder rot noch grün. Die am 10. November 1895 ausgeführte Untersuchung ergab folgendes (cf. Tabelle XXIX):

Tabelle XXIX.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl		
	Autor	SÜSSEL T.	
		Rechtes Auge	Linkes Auge
2	32	24	23
4	42	36	32
8	51	40	37
16	65	56	55
32	78	66	62

In diesem Falle haben wir gleichfalls eine Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit bei einem mit Atrophie der Nn. optici

behafteten Patienten, wobei diese Abnahme in demjenigen Auge stärker ausgesprochen ist, in dem auch die Sehkraft am meisten gelitten hat. Der Kranke wurde wiederholt untersucht — mit dem Resultat, daß mit dem Fortschreiten der Atrophie sich auch die Intermittenzzahl, d. h. die Unterschiedsempfindlichkeit verringerte, wie dies aus den Tabellen XXX und XXXI zu ersehen ist: 28. Januar 1897. Visus oculi dextri $\frac{10}{LXX}$; Visus oculi sinistri $\frac{8}{cc}$.

Tabelle XXX.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl		
	Autor	SÜSSEL T.	
		Rechtes Auge	Linkes Auge
2	30	22	20
4	43	30	27
8	51	37	33
16	66	52	44
32	79	60	56

23. Juni 1898: Visus oculi dextri $\frac{10}{cc}$; Visus oculi sinistri = Handbewegung.

Tabelle XXXI.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl	
	Autor	SÜSSEL T.
		Rechtes Auge
2	33	18
4	44	22
8	52	30
16	65	41
32	80	50

6. NIKOLAJ A., 49 Jahre alt, Kaufmann, wandte sich an mich am 18. November 1895. Atrophia nervi optici completa oculi sinistri. Visus sinistri = 0. Der Patient klagt über Flimmern im rechten Auge. Visus oculi dextri = $\frac{20}{XV}$. Gesichtsfeld und Farbenempfindung normal; Augengrund unver-

ändert; Tabes. Die Untersuchung mittels intermittierenden Lichts ergab folgendes (cf. Tabelle XXXII):

Tabelle XXXII.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl	
	Autor	NIKOLAJ A.
		Rechtes Auge
2	32	24
4	42	28
8	50	35
16	65	44
32	80	64

In diesem Falle hat also bei einem Patienten, bei dem man mittels der üblichen Untersuchungsmethoden irgend welche Abweichungen von der Norm nicht feststellen können, die Methode der intermittierenden Reizung eine Herabsetzung der Unterschiedsempfindlichkeit festzustellen vermocht, da die Intermittenzzahl bei dem Patienten für die verschiedene Sektorenzahl stets niedriger war als für das gesunde Auge des Autors. Die weiteren an diesem Patienten angestellten Beobachtungen haben ergeben, daß bei ihm nach einiger Zeit auch im rechten Auge deutliche Erscheinungen von Atrophie des Sehnerven aufgetreten sind. Je mehr die Sehschärfe nachliefs, desto mehr liefs auch die Unterschiedsempfindlichkeit nach, und desto mehr verringerte sich die Intermittenzzahl (cf. Tabelle XXXIII und XXXIV).

20. Juli 1896: Visus oculi dextri = $\frac{10}{L}$. Der Patient unterscheidet weder rot noch grün. Gesichtsfeld gut.

Tabelle XXXIII.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl	
	Autor	NIKOLAJ A.
2	30	20
4	43	24
8	50	32
16	64	39
32	76	51

12. Januar 1897: Visus oculi dextri = $10/c$.

Tabelle XXXIV.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl	
	Autor	NIKOLAJ A.
2	33	17
4	43	20
8	51	26
16	66	35
32	76	44

Dieser Patient erblindete im weiteren Verlauf seiner Krankheit vollständig.

6. WASSILI S., 45 Jahre alt, Beamter. Atrophia nervi optici sinistri; Visus oculi sinistri = $15/cc$, Visus oculi dextri = $20/x$; Hypermetropia manif. = 1,0 D; Gesichtsfeld im rechten Auge nicht beschränkt. Unterschiedsempfindlichkeit für Farben erhalten; Tabes. Der Patient klagt über Flimmern im rechten Auge. Die ophthalmoskopische Untersuchung ergab keine Veränderungen. Die am 10. Februar 1896 mittels intermittierenden Lichtes ausgeführte Untersuchung ergab folgendes (cf. Tabelle XXXV):

Tabelle XXXV.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl	
	Autor	WASSILI S. Rechtes Auge
2	30	25
4	42	35
8	52	39
16	67	50
32	80	65

Am 4. November 1896 kam der Patient wieder, nunmehr mit deutlicher Atrophie des N. opticus des rechten Auges. Visus oculi dextri = $20/LXX$. Grün bezeichnet der Patient als schwarz. Hellere Nuancen von rot erkennt er, dunklere nicht. Gesichtsfeld in der Richtung nach oben und innen beschränkt. Unterschiedsempfindlichkeit noch geringer (Tabelle XXXVI).

Tabelle XXXVI.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl	
	Autor	WASSILI S.
2	32	22
4	42	30
8	50	34
16	66	43
32	79	57

8. WASSILI B., 36 Jahre alt, Edelmann; Tabes, klagt über Nebel in beiden Augen. Visus oculi dextri = $^{20}/_{XV}$; Visus oculi sinistri mit $-0,75 = ^{20}/_{XX}$. Augengrund in beiden Fällen normal; bei der am 10. März 1897 mittels intermittierenden Lichts ausgeführten Untersuchung fand man folgendes (cf. Tab. XXXVII):

Tabelle XXXVII.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl		
	Autor	WASSILI B.	
		Rechtes Auge	Linkes Auge
2	30	27	27
4	42	35	35
8	51	44	42
16	65	58	56
32	76	66	62

Am 20. September 1897 kam der Patient wieder mit scharf ausgesprochener Atrophie des N. opticus des linken Auges. Visus oculi sinistri $^{20}/_{CC}$. Gesichtsfeld nach außen und oben beschränkt. Das rechte Auge bietet bei der ophthalmoskopischen Untersuchung nichts Abnormes. Visus oculi dextri = $^{20}/_{XV}$; der Nebel in diesem Auge besteht aber noch immer. Die Untersuchung mittels intermittierenden Lichts ergab folgendes (cf. Tab. XXXVIII):

Tabelle XXXVIII.

Zahl der Sektoren	Intermittenzzahl		
	Autor	WASSILI B.	
		Rechtes Auge	Linkes Auge
2	32	25	21
4	41	35	32
8	50	42	34
16	65	57	40
32	79	60	51

Wir haben also bei den beiden letzten Patienten ebenso wie bei dem Patienten sub Nr. 6 mittels der Methode der intermittierenden Lichtreizung eine Herabsetzung der Unterschiedsempfindlichkeit zu einer Zeit diagnostizieren können, zu der die gewöhnlichen Untersuchungsmethoden die Ursache der subjektiven Beschwerden der Patienten noch nicht aufzuklären vermochten. Der weitere Verlauf der Krankheit lieferte eine vollkommene Bestätigung dafür, daß bei den beiden Patienten sich eine schwere Erkrankung des N. opticus zu entwickeln begonnen hat, wobei mit dem Fortschreiten des pathologischen Prozesses die Methode der intermittierenden Reizung in feinsten Weise das weitere Nachlassen der Unterschiedsempfindlichkeit anzeigte.

In den nächstfolgenden Beobachtungen werden wir der Kürze halber die Intermittenzzahl für verschiedene Beleuchtungsintensitäten und für verschiedene Sektorenzahl nicht anführen, sondern nur für einige Beleuchtungsintensitäten und für 4 weiße und 4 schwarze Sektoren.¹ Diese Sektorenzahl ist die bequemste, weil die zur Herbeiführung einer Verschmelzung erforderliche Drehgeschwindigkeit in diesem Falle nicht besonders groß und nicht besonders klein ist, wodurch die Eventualität eines Beobachtungsfehlers beseitigt wird. Sämtliche im nachstehenden angegebenen Intermittenzzahlen sind auf Kreise mit 4 weißen und 4 schwarzen Sektoren zu beziehen.

9. HIRSCH G., 22 Jahre alt, Kleinbürger; Atrophia nervi optici utriusque.

Am 3. Mai 1896 fand man bei der Untersuchung folgendes: Visus oculi dextri = $\frac{6}{L}$; Visus oculi sinistri = $\frac{15}{cc}$. Die mittels der Methode der intermittierenden Reizung bestimmte Unterschiedsempfindlichkeit erwies sich als herabgesetzt:

Autor	HIRSCH G.	
	Rechtes Auge	Linkes Auge
I — 42	I — 30	I — 27

3. Juni 1896: Visus oc. dextri — $\frac{10}{cc}$; Visus oc. sinistri — $\frac{8}{cc}$.

Autor	HIRSCH G.	
	Rechtes Auge	Linkes Auge
I — 42	I — 26	I — 24

¹ Da die Differenz zwischen den Empfindungen, welche durch weiße und schwarze Sektoren hervorgerufen werden, unendlich groß ist, so empfiehlt es sich, statt weißer und schwarzer Sektoren eine Kombination von weißen mit grauen zu nehmen.

5. Juli 1896: Visus oc. dextri — $\frac{8}{cc}$; Visus oculi sinistri — $\frac{6}{cc}$.

Autor	HIRSCH G.	
	Rechtes Auge	Linkes Auge
I — 42	I — 22	I — 20

10. DAVID K., 40 Jahre alt, Kleinbürger; vor 8 Monaten wurde Atrophie des N. opticus diagnostiziert.

10. September 1897: Visus oculi dextri mit 7,0 D = $\frac{10}{LXX}$; Visus oculi sinistri = $\frac{10}{XL}$.

Autor	DAVID K.	
	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 35	I — 32

4. Mai 1898: Visus oculi dextri mit — 7,0 D = $\frac{6}{c}$; Visus oculi sinistri = $\frac{5}{LXX}$.

Autor	DAVID K.	
	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 32	I — 29

11. ALEXANDRA T., 42 Jahre alt, Kleinbürgerin, leidet seit 2 Jahren an Atrophie der Nn. optici.

2. März 1898: Visus oculi dextri = $\frac{6}{cc}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{cc}$.

Autor	ALEXANDER T.	
	r. Auge	l. Auge
I — 43	I — 22	I — 34
Bei mittels Stores abgeschwächtem Licht: I — 40	I — 8	I — 23

12. LEA B., 27 Jahre alt, Kleinbürgerin, leidet seit $\frac{1}{2}$ Jahre an Atrophie der Nn. optici.

4. März 1898: Visus oculi dextri = 0; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{cc}$.

Autor	LEA B.	
I — 42	I — 29	
Bei mittels Stores abgeschwächtem Licht: I — 39	I — 19	

13. IWAN Z., 51 Jahre alt, Kaufmann, leidet seit 5 Monaten an Atrophie der Nn. optici.

5. März 1898: Visus oculi utriusque = $\frac{20}{LXX}$.

Autor	IWAN Z.	
	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 38	I — 34
Bei abgeschwächtem Licht: I — 39	I — 32	I — 27

14. PHILIPP A., 50 Jahre alt, Kaufmann, leidet seit 2 Jahren an Atrophie der Nn. optici; stark ausgesprochene Ataxie.

17. März 1898: Visus oculi dextri = $\frac{1}{\infty}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{c}$.

	Autor	PHILIPP A.
	I — 41	I — 24
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 38	I — 15

15. ILIA L., 30 Jahre alt, Techniker. Atrophie der Nn. optici seit 8 Monaten.

1. Juni 1898: Visus oculi dextri = $\frac{20}{XL}$; Visus oculi sinistri = $\frac{1}{\infty}$. Gesichtsfeld im rechten Auge nicht beschränkt Grün vermag der Patient nicht zu unterscheiden.

	Autor	ILIA L.
	I — 42	I — 34
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 38	I — 21

2. August 1898: Visus oculi dextri = $\frac{10}{50}$.

	Autor	ILIA L.
	I — 42	I — 27
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 38	I — 18

16. MICHLA Z., 22 Jahre alt, Kleinbürgerin; seit 2 Jahren Atrophie des linken N. opticus; seit 2 Monaten ist das rechte Auge erkrankt; Nephritis interstitialis.

10. Juni 1898: Visus oculi dextri = $\frac{20}{XL}$; Visus oculi sinistri = 0.

	Autor	MICHLA Z.
	I — 41	I — 35
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 37	I — 23

17. JOSEPH S., 50 Jahre alt, Beamter; Tabes. Seit 1 $\frac{1}{2}$ Jahren Atrophie der Nn. optici.

7. Mai 1898: Visus oculi dextri = $\frac{10}{LXX}$; Visus oculi sinistri = $\frac{10}{c}$.

	Autor	JOSEPH S.	
		r. Auge	l. Auge
	I — 43	I — 32	I — 30
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 38	I — 20	I — 19

18. ISAAK T., 35 Jahre alt, Kaufmann; Tabes. Seit einem Jahre Atrophie der Nn. optici.

	Autor	ISAAK T.	
		r. Auge	l. Auge
	I — 41	I — 32	I — 34
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 37	I — 18	I — 18

19. DIMITRI T., 46 Jahre alt, Ingenieur. Seit 3 Monaten Atrophie des N. opticus des linken Auges.

15. Juni 1898: Visus oculi dextri = $^{20}/_{XX}$; Visus oculi sinistri = $^{20}/_{XL}$.

	Autor	DIMITRI T.	
		r. Auge	l. Auge
	I — 42	I — 41	I — 34
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 37	I — 35	I — 22

20. KATHARINA W., 37 Jahre alt, Edelfrau, erkrankte vor 9 Monaten an Atrophie der Nn. optici.

11. August 1898: Visus oculi utriusque = $^{20}/_{L}$.

	Autor	KATHARINA W.	
		r. Auge	l. Auge
	I — 43	I — 33	I — 32
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 39	I — 21	I — 20

21. BORIS P., 24 Jahre alt, Beamter. In beiden Augen Papillae n. optici blaß. Der Patient klagt über permanentes Flimmern, welches ihm bei seiner Beschäftigung hinderlich ist.

21. April 1898: Visus oculi utriusque = $^{20}/_{15}$. Grün vermag der Patient nicht zu unterscheiden.

	Autor	BORIS P.	
		r. Auge	l. Auge
	I — 42	I — 35	I — 36
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 39	I — 25	I — 25

22. WASSILI W., 41 Jahre alt, Schreiber; Anisokoria; Tabes; Papillae n. optici in beiden Augen blaß.

11. August 1898: Visus oculi utriusque = $^{20}/_{15}$. Unterschiedsempfindlichkeit für Farben normal.

	Autor	WASSILI W.	
		r. Auge	l. Auge
	I — 43	I — 36	I — 37
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 39	I — 27	I — 27

II. Neuritis optica.

23. MARIE D., 34 Jahre alt, Kleinbürgerin; Neuritis optica beiderseits; Tumor cerebri.

4. Dezember 1895:

MARIE D.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 41	I — 28	I — 29

15. März 1896: Visus oc. dextri = $\frac{15}{cc}$; Visus oculi sinistri = $\frac{8}{200}$.

MARIE D.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 41	I — 24	I — 21

24. IWAN K., 19 Jahre alt, Kleinbürger; Neuritis optici oculi utriusque.

27. Februar 1898: Visus oculi dextri = $\frac{10}{L}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{xxx}$.

IWAN K.		
Autor	r. Auge	l. Auge
	I — 29	I — 30
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 40	I — 19
		I — 22

25. BORIS K., 13 Jahre alt, Kleinbürger; Neuritis optici oculi utriusque; im linken Auge schon Beginn von Atrophie wahrnehmbar.

27. Februar 1898: Visus oculi dextri = $\frac{20}{cc}$; Visus oculi sinistri = $\frac{15}{cc}$.

BORIS K.		
Autor	r. Auge	l. Auge
	I — 22	I — 20
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 39	I — 11
		I — 11

26. MARIE S., 38 Jahre alt, Edelfrau; Neuritis optica beiderseits.

20. Juni 1898: Visus oculi dextri mit — 1,25 D = $\frac{20}{XL}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{L}$.

MARIE S.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 37	I — 35

27. EMIL B., 14 Jahre alt, Edelmann; Neuritis optica oculi utriusque.

10. August 1898: Visus oculi dextri = $\frac{20}{c}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{cc}$.

Autor	EMIL B.	
	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 28	I — 23

28. HELLA F., 23 Jahre alt, Kleinbürgerin; Neuritis retrobulbaris oculi utriusque.

22. Juni 1898: Visus oculi dextri = $\frac{10}{L}$. Visus oculi sinistri = $\frac{10}{XXX}$.

Autor	HELLA F.	
	r. Auge	l. Auge
	I — 41	I — 33
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 38	I — 25
		I — 33
		I — 26

29. IWAN T., 36 Jahre alt, Kaufmann; Neuritis retrobulbaris oculi dextri.

20. Juni 1898: Visus oculi dextri = $\frac{20}{LXX}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{XV}$.

Autor	IWAN T.	
	r. Auge	l. Auge
	I — 41	I — 33
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 38	I — 24
		I — 42
		I — 37

30. ILIA F., 40 Jahre alt, Kaufmann; Neuritis retrobulbaris oculi utriusque.

6. April 1898: Visus oculi utriusque = $\frac{4}{LXX}$.

Autor	ILIA F.	
	r. Auge	l. Auge
	I — 41	I — 32
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 37	I — 20
		I — 31
		I — 18

III. Amblyopia (toxica, hysterica et ex anopsia).

31. MICHAEL SCH., 38 Jahre alt, Edelmann; Amblyopia alcoholica et nicotiana.

12. Mai 1896: Visus oculi dextri mit — 1,5 D = $\frac{20}{LXX}$; Visus oculi sinistri mit — 1,5 D = $\frac{20}{LX}$.

Autor	MICHAEL SCH.	
	r. Auge	l. Auge
I — 41	I — 33	I — 36

8. Juni 1896: Visus dextri = $\frac{20}{c}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{c}$.

Autor	MICHAEL SCH.	
	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 30	I — 32

32. IWAN W., 32 Jahre alt, Kleinbürger; Amblyopia alcoholica et nicotiana.

17. Mai 1898: Visus oc. dextri = $\frac{8}{cc}$; Visus oculi sinistri = $\frac{7}{cc}$.

Autor	IWAN W.	
	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 16	I — 16

33. NIKOLAJ K., 45 Jahre alt, Lehrer; Amblyopia alcoholica et nicotiana.

5. Juni 1897: Visus oculi dextri = $\frac{20}{L}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{c}$.

	Autor	NIKOLAJ K.	
		r. Auge	l. Auge
	I — 42	I — 35	I — 32
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 38	I — 28	I — 26

34. ZINAIDA K., 24 Jahre alt, Edelfrau; Amblyopia hysterica oculi sinistri; Spasmus palpebrarum. Vor 14 Tagen wurde am linken Auge Nachlassen des Sehvermögens bemerkt.

1. Dezember 1897: Visus oculi dextri = $\frac{20}{XV}$; Hypermetropia manif. = 0,5 D; Visus oculi sinistri = $\frac{10}{cc}$.

Autor	ZINAIDA K.	
	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 43	I — 26

35. SALOMON W., 20 Jahre alt, Kleinbürger; Amblyopia ex anopsia oculi sinistri.

24. Januar 1898: Visus oculi dextri = $\frac{20}{XX}$; Hyperm. man. 1,25; Visus oculi sinistri = $\frac{6}{cc}$.

Autor	SALOMON W.	
	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 42	I — 20

36. ALEXANDER CH., 21 Jahre alt, Kaufmann; Amblyopia ex anopsia oculi dextri.

5. März 1898: Visus oculi dextri = $\frac{10}{cc}$; Hyp. manif. = 6,0; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{xx}$; Hyperm. man. = 3,0.

ALEXANDER CH.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 40	I — 23

37. HELENE Z., 38 Jahre alt, Edelfrau; Amblyopia ex anopsia oculi sinistri; Strabismus divergens oculi sinistri.

14. Mai 1898: Visus oculi dextri = $\frac{20}{xx}$; Myopia 4,5 \odot As. m. 0,75; Visus oculi sinistri = $\frac{10}{cc}$; Hyperm. man. 3,0.

HELENE Z.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 40	I — 23

IV. Retinitis, Chorioiditis et Ablatio retinae.

Da die Amblyopie bei Atrophie des N. opticus oder Neuritis gewöhnlich ein großes Gebiet, d. h. einen bedeutenden Teil des Gesichtsfeldes in Mitleidenschaft zieht, während sie bei Prozessen in der Retina oder in der Choroidea auf die zentralen Teile beschränkt bleibt, haben wir darauf besonderes Gewicht gelegt, die zentrale Unterschiedsempfindlichkeit zu untersuchen. Aus diesem Grunde wurden die Beobachtungen bei den nächstfolgenden Untersuchungen nicht durch eine Röhre, sondern durch eine 3 mm große runde Öffnung oder durch einen 1 mm großen Schlitz in einem schwarzen Karton vorgenommen.

38. HELENE G., 37 Jahre alt, Kleinbürgerin; Retinitis centralis oculi dextri.

9. August 1898: Visus oculi dextri = $\frac{5}{cc}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{xx}$.

HELENE G.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 41	I — 20	I — 40

39. ANNA T., 40 Jahre alt, Edelfrau; Retinitis centralis oculi dextri. Die Patientin klagt über Nebel im linken Auge; die ophthalmoskopische Untersuchung ergibt nichts abnormes.

12. März 1898: Visus oculi dextri = $\frac{8}{cc}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{xx}$.

ANNA T.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 18	I — 35

40. SALMAN B., 17 Jahre alt, Kleinbürger; Retinitis centralis oculi dextri.

20. November 1897: Visus oculi dextri = $\frac{15}{cc}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{XX}$.

SALMAN B.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 43	I — 23	I — 44

41. DOMNA W., 21 Jahre alt, Kleinbürgerin; Retinitis albuminurica oculi utriusque; Graviditas.

4. Dezember 1895: Visus oculi utriusque = $\frac{20}{XL}$.

DOMNA W.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 41	I — 37	I — 36

42. DIMITRI Z., 45 Jahre alt, Beamter; Retinitis albuminurica oculi utriusque; Nephritis chronica.

1. März 1896: Visus oculi utriusque = $\frac{20}{L}$.

DIMITRI Z.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 34	I — 35

43. ALEXIS B., 37 Jahre alt, Maschinist; Apoplexia regionis maculae luteae oculi sinistri.

20. Dezember 1898: Visus oculi dextri = $\frac{20}{XX}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{L}$.

ALEXIS B.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 43	I — 41	I — 34

44. CHANA TSCH., 40 Jahre alt, Kleinbürgerin; Apoplexia regionis maculae luteae oculi dextri.

5. November 1897: Visus oculi dextri = $\frac{20}{c}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{XXX}$.

CHANA TSCH.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 41	I — 32	I — 40

45. ALEXANDER S., 16 Jahre alt, Gymnasiast; Choroiditis disseminata oculi utriusque.

2. August 1898: Visus oculi dextri = $\frac{8}{cc}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{XL}$.

ALEXANDER S.			
	Autor	r. Auge	l. Auge
	I — 42	I — 28	I — 37
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 39	I — 16	I — 30

46. LISA B., 27 Jahre alt, Kleinbürgerin; Myopia et Chorioretinitis regionis maculae luteae oculi utriusque.

5. März 1898: Visus oculi utriusque mit $-20,0 = \frac{10}{cc}$.

		LISA B.	
Autor		r. Auge	l. Auge
		I — 43	I — 33
Bei abgeschwächtem Licht:		I — 39	I — 26

47. MARIE CH., 17 Jahre alt, Edelfrau; Chorioretinitis macularis oculi utriusque.

20. April 1898: Visus oculi dextri $= \frac{20}{L}$; Visus oculi sinistri $= \frac{20}{LXX}$.

		MARIE CH.	
Autor		r. Auge	l. Auge
		I — 42	I — 36

48. SAMUEL W., 30 Jahre alt, Kaufmann; Myopia et Chorioretinitis regionis maculae luteae oculi utriusque.

20. September 1897: Visus oculi utriusque mit $-20,0 = \frac{20}{L}$.

		SAMUEL W.	
Autor		r. Auge	l. Auge
		I — 42	I — 37
Bei abgeschwächtem Licht:		I — 36	I — 29

49. SOPHIE M., 49 Jahre alt, Kaufmannsfrau; Chorioretinitis macularis oculi utriusque.

30. September 1897: Visus oculi dextri mit $-10,0 = \frac{10}{cc}$; Visus oculi sinistri mit $6,0 = \frac{10}{L}$.

		SOPHIE M.	
Autor		r. Auge	l. Auge
		I — 47	I — 35
Bei abgeschwächtem Licht:		I — 39	I — 30

50. SEMJON A., 30 Jahre alt, Beamter; Myopia et Chorioretinitis regionis maculae luteae oculi utriusque.

6. November 1897: Visus oculi dextri mit $-14,0 = \frac{10}{L}$; Visus oculi sinistri mit $-12,0 = \frac{10}{L}$.

		SEMJON A.	
Autor		r. Auge	l. Auge
		I — 41	I — 37
Bei abgeschwächtem Licht:		I — 39	I — 29

51. ALEXANDER D., 32 Jahre alt, Beamter; Myopia et Chorio-
retinitis regionis maculae luteae oculi utriusque.

26. März 1898: Visus oculi dextri mit $-13,0 = \frac{20}{XL}$; Visus
oculi sinistri mit $-14,0 = \frac{20}{LXX}$.

	Autor	ALEXANDER D.	
		r. Auge	l. Auge
	I — 42	I — 33	I — 33
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 38	I — 28	I — 27

52. ZYRILUS Z., 25 Jahre alt, Kleinbürger; Ablatio retinae
oculi utriusque.

2. Dezember 1895: Visus oculi dextri mit $-12,0 = \frac{20}{c}$;
Visus oculi sinistri = 0.

Autor	ZYRILUS Z.
I — 43	I — 32

53. VERA O., 29 Jahre alt, Kaufmannsfrau; Ablatio retinae
oculi sinistri.

4. November 1897: Visus oculi dextri mit $-6,0 = \frac{20}{XX}$;
Visus oculi sinistri = $\frac{20}{cc}$.

	Autor	VERA O.	
		r. Auge	l. Auge
	I — 42	I — 40	I — 34
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 39	I — 36	I — 19

54. SOPHIE R., 28 Jahre alt, Kaufmannsfrau; Ablatio retinae
oculi utriusque.

13. Oktober 1897: Visus oculi dextri = 0; Visus oculi si-
nistri = $\frac{20}{L}$.

	Autor	SOPHIE R.
	I — 41	I — 36
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 38	I — 22

55. SAMUEL R., 33 Jahre alt, Lehrer; Ablatio retinae oculi
dextri; Myopia et chorio-
retinitis oculi sinistri.

23. August 1898: Visus oculi dextri = $\frac{15}{cc}$; Visus oculi
sinistri mit $-18 = \frac{10}{L}$.

	Autor	SAMUEL R.	
		r. Auge	l. Auge
	I — 43	I — 30	I — 36
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 39	I — 21	I — 27

V. Glaucoma.

56. AFANASI M., 48 Jahre alt, Kleinbürger; Glaucoma chronicum oculi utriusque.

3. Dezember 1897: Visus oculi dextri = $\frac{20}{xxx}$; Visus oculi sinistri = $\frac{15}{cc}$.

	AFANASI M.	
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 43	I — 38	I — 25

57. MARIE M., 45 Jahre alt, Edelfrau; Glaucoma chronicum oculi utriusque.

25. Februar 1898: Visus oculi dextri mit Cyl. — 0,75 = $\frac{20}{L}$; Visus oculi sinistri mit — 2,0 = $\frac{20}{L}$.

	MARIE M.	
	Autor	
	r. Auge	l. Auge
	I — 43	I — 31
	I — 39	I — 28
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 39	I — 24

58. ISAAK CH., 46 Jahre alt, Kleinbürger; Glaucoma absolutum oculi dextri et prodromi glaucomatis sinistri.

29. Oktober 1897: Visus oculi dextri = 0; Visus oculi sinistri mit — 0,75 = $\frac{20}{XL}$.

Autor	ISAAK CH.
I — 42	I — 36

2. Februar 1898: Stark ausgesprochenes Glaukom im linken Auge; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{cc}$.

Autor	ISAAK CH.
I — 42	I — 28

59. ANNA P., 51 Jahre alt, Edelfrau. Prodromalerscheinungen von Glaukom im rechten Auge: Schmerzen in der rechten Schläfe, zeitweise Nebel und sehen eines Regenbogenkreises.

21. Dezember 1897: Visus oculi utriusque mit — 0,75 = $\frac{20}{20}$. Gesichtsfeld an beiden Augen normal.

Autor	ANNA P.
I — 43	I — 36 I — 40

60. ANNA R., 45 Jahre alt, Kleinbürgerin; Glaucoma chronicum oculi utriusque.

20. Juni 1898: Visus oculi dextri = $\frac{1}{\infty}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{cc}$.

	Autor	ANNA R.
	I — 43	I — 29
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 40	I — 18

61. TATIANA M., 35 Jahre alt, Kleinbürgerin; Glaucoma simplex oculi dextri et absolutum sinistri. Colobomata artificialia oculi utriusque.

30. März 1898: Visus oculi dextri = $\frac{20}{XL}$; Visus oculi sinistri = 0.

Autor	TATIANA M.
I — 42	I — 36

8. Mai 1898; Visus oculi dextri = $\frac{20}{c}$.

Autor	TATIANA M.
I — 42	I — 30

8. August 1898: Visus oculi dextri = $\frac{10}{cc}$.

Autor	TATIANA M.
I — 43	I — 24

VI. Hemeralopia.

a) Hemeralopia idiopathica.

62. ANNA P., 65 Jahre alt, Kleinbürgerin; Hemeralopia; erkrankte während der großen Fasten.

20. März 1898: Visus oculi dextri mit — 10,0 = $\frac{20}{L}$; Visus oculi sinistri mit — 8,0 = $\frac{20}{70}$.

	Autor	ANNA P.	
		r. Auge	l. Auge
	I — 43	I — 29	I — 29
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 40	I — 21	I — 21

63. IWAN S., 37 Jahre alt, Bauer; Hemeralopia; erkrankte während der großen Fasten.

5. März 1898: Visus oculi utriusque = $\frac{20}{20}$.

	Autor	IWAN S.
	I — 44	I — 40
Bei abgeschwächtem Licht.	I — 40	I — 25

64. ZYRILUS K., 70 Jahre alt, Bauer; Hemeralopia; erkrankte während der Karwoche.

1. Mai 1898: Visus oculi utriusque = $\frac{20}{L}$.

	Autor	ZYRILUS K.
	I — 42	I — 34
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 39	I — 19

65. THOMAS F., 40 Jahre alt, Kleinbürger; Hemeralopia et Xerosis conjunctivae.

18. März 1898: Visus oculi utriusque = $\frac{20}{XV}$.

	Autor	THOMAS F.	
		r. Auge	l. Auge
	I — 43	I — 42	I — 41
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 37	I — 23	I — 20
Bei Beleuchtung durch einen schmalen Schlitz			
in den Fensterladen eines dunklen Zimmers:	I — 28	I — 10	I — 8
Nach 20 Min. langer Adaptation:	I — 36	I — 15	I — 14

66. IWAN A., 16 Jahre alt, Kleinbürger; Hemeralopia et Xerosis conjunctivae; krank seit 14 Tagen.

13. März 1898: Visus oculi utriusque = $\frac{20}{XX}$.

	Autor	IWAN A.	
		r. Auge	l. Auge
	I — 41	I — 41	I — 42
Bei abgeschwächtem Licht:	I — 39	I — 29	I — 29
Bei Beleuchtung durch einen schmalen Schlitz			
in den Fensterladen:	I — 30	I — 18	I — 18
Nach $\frac{1}{2}$ stündiger Adaptation:	I — 36	I — 20	I — 20

b) Hemeralopia symptomatica.

67. MATWEJ K., 18 Jahre alt, Kommiss; Retinitis pigmentosa.

17. Februar 1895: Visus oculi utriusque = $\frac{20}{XX}$.

Autor	MATWEJ W.	
	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 41	I — 41

68. GRIGORI W., 23 Jahre alt, Kleinbürgerin; Retinitis pigmentosa.

4. Oktober 1897: Visus oculi utriusque mit — 0,5 = $\frac{20}{XXX}$.

	Autor	GRIGORI W.	
		r. Auge	l. Auge
	I — 43	I — 40	I — 40
Bei Beleuchtung durch einen schmalen Schlitz			
in den Fensterladen:	I — 30	I — 10	I — 9
Nach $\frac{1}{2}$ stündiger Adaptation:	I — 40	I — 17	I — 15

69. EUGENIE R., 25 Jahre alt, Kleinbürgerin, Retinitis pigmentosa.

25. Februar 1898: Visus oculi dextri mit $2,5 = \frac{20}{XXX}$; Visus oculi sinistri mit $1,25 = \frac{20}{XXX}$.

	EUGENIE R.		
	Autor	r. Auge	l. Auge
	I — 42	I — 38	I — 38
Bei Beleuchtung durch einen schmalen Schlitz			
in den Fensterladen:	I — 30	I — 17	I — 17
Nach $\frac{1}{2}$ stündiger Adaptation:	I — 40	I — 23	I — 23

70. ISAAK F., 22 Jahre alt, Kleinbürger; Retinitis pigmentosa atypica.

17. März 1898: Visus oculi utriusque $= \frac{20}{XL}$.

	ISAAK F.		
	Autor	r. Auge	l. Auge
	I — 41	I — 20	I — 20
Bei Beleuchtung durch einen schmalen Schlitz			
in den Fensterladen:	I — 30	I — 13	I — 12
Nach $\frac{1}{2}$ stündiger Adaptation:	I — 38	I — 16	I — 15

71. NIKOLAJ M., 41 Jahre alt, Kaufmann; Retinitis pigmentosa.

7. Dezember 1898: Visus utriusque mit $3,0 = \frac{20}{XXX}$.

	NIKOLAJ		
	Autor	r. Auge	l. Auge
	I — 42	I — 41	I — 41
Bei Beleuchtung durch einen schmalen Schlitz			
in den Fensterladen:	I — 32	I — 23	I — 22
Nach $\frac{1}{2}$ stündiger Adaptation:	I — 38	I — 27	I — 25

Da der Kranke ein sehr intelligenter Mensch war, wurde eine Untersuchung der Empfindlichkeit der peripheren Teile seiner Retina für intermittierende Lichtreize bei stark geschwächtem Licht vorgenommen. Die Untersuchung wurde mehrere Male wiederholt, wobei sie stets folgendes Resultat ergab: Während der Patient mit dem Zentrum der Retina das Flimmern deutlich wahrnahm und die Intermittenzzahl hierbei 23 betrug, schien ihm nach seiner Versicherung der Kreis in der Peripherie bei der langsamsten Bewegung gleichmäßig zu sein. Nach $\frac{1}{2}$ stündiger Adaptation nahm der Patient mit den peripheren Retinateilen Flimmern wahr. Jedoch ist es kein einziges Mal gelungen, die Unterbrechungszahl infolge der sehr lang-

samen Bewegung, d. h. infolge der zu geringen Intermittenzzahl aufzunehmen.

VII. Erkrankungen der lichtbrechenden Medien.

72. MARIE T., 20 Jahre alt, Kleinbürgerin. Diffuse Trübung der Hornhaut beider Augen im Anschluß an parenchymatöse Keratitis.

20. Oktober 1895: Visus oculi dextri = $\frac{20}{c}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{cc}$.

MARIE T.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 34	I — 32

73. LAURENTIUS K., 40 Jahre alt, Kleinbürger; Pannus trachomatosus oculi dextri et Leucoma centrale oculi sinistri.

4. Dezember 1895: Visus oculi dextri = $\frac{20}{cc}$; Visus oculi sinistri = $\frac{5}{cc}$.

LAURENTIUS K.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 41	I — 35	I — 22

74. EGOR M., 24 Jahre alt, Kommiss; Iritis plastica oculi sinistri.

28. Juli 1898: Visus oculi dextri = $\frac{20}{xx}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{cc}$.

EGOR M.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 41	I — 44	I — 32

75. MICHAEL P., 46 Jahre alt, Beamter; Iritis serosa oculi dextri.

5. Mai 1898: Visus oculi dextri mit — 1,0 = $\frac{20}{c}$; Visus oculi sinistri mit — 1,0 = $\frac{20}{xx}$.

MICHAEL P.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 43	I — 40	I — 31

76. MICHAEL B., 45 Jahre alt, Förster; Aphakia artificialis oculi dextri et incipiens sinistri.

5. Dezember 1897: Visus oculi dextri mit + 11,0 = $\frac{10}{xv}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{LXX}$.

MICHAEL B.		
Autor	r. Auge	l. Auge
I — 41	I — 36	I — 34

77. NIKOLAJ F., 30 Jahre alt, Eisenbahnbeamter; Cataracta zonularis et coloboma artificiale oculi utriusque.

6. März 1898: Visus oculi dextri = $\frac{10}{cc}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{c}$.

Autor	NIKOLAJ F.	
	r. Auge	l. Auge
I — 44	I — 24	I — 28

78. GABRIEL G., 32 Jahre alt, Schiffskapitän; Opacitates corporis vitrei natantes oculi utriusque.

17. Oktober 1895: Visus oculi dextri = $\frac{1}{\infty}$; Visus oculi sinistri = $\frac{20}{XL}$.

Autor	GABRIEL G.	
I — 43	I — 33	

79. IRINA P., 20 Jahre alt, Kleinbürgerin; Opacitates corporis vitrei oculi sinistri.

20. Juli 1898: Visus oculi dextri = $\frac{20}{XX}$; Visus oculi sinistri = $\frac{15}{cc}$.

Autor	IRENE P.	
	r. Auge	l. Auge
I — 41	I — 46	I — 38

80. IWAN P., 23 Jahre alt, Kleinbürger; Opacitates corporis vitrei natantes oculi utriusque.

5. Oktober 1897: Visus oculi dextri mit — 5,0 = $\frac{20}{XL}$; Visus oculi sinistri = $\frac{8}{cc}$.

Autor	IWAN P.	
	r. Auge	l. Auge
I — 42	I — 46	I — 37

Die von mir an dem im Vorstehenden geschilderten klinischen Material mittels der Methode, die ich vorzuschlagen mir erlaube, gewonnenen Resultate zeigen, daß nicht nur bei Erkrankungen des Sehnerven, der Netzhaut oder des Gefäßapparats des Auges, sondern auch bei Erkrankungen der brechenden Medien, die zur Herabsetzung der Sehschärfe führen, eine Herabsetzung der Intensität der Lichtempfindung bzw. der Unterschiedsempfindlichkeit stattfindet. Diese Resultate widersprechen zwar den Angaben SAMELSOHNS¹, der gefunden hat, daß

¹ l. c.

Trübungen der Hornhaut, der Kristalllinse und des Glaskörpers auf die Unterschiedsempfindlichkeit keinen Einfluss haben, werden aber durch die Untersuchungen TREITELS¹ bestätigt, der Befunde erhoben hat, die den meinigen ähnlich sind. Da sich die Unterschiedsempfindlichkeit des normalen Auges, führt TREITEL aus, bei Herabsetzung der absoluten Helligkeit verringert, so kann man schon a priori annehmen, daß die zentrale Unterschiedsempfindlichkeit sinken muß, wenn die Trübungen der brechenden Medien einen gewissen Grad erreichen. Das Sinken der Unterschiedsempfindlichkeit wird um so deutlicher hervortreten, je größer ceteris paribus das Untersuchungsobjekt sein wird. Die widersprechenden Resultate, welche SAMELSOHN mittels der MASSONschen Kreise erzielt hat, erklärt TREITEL durch das von SAMELSOHN verwendete zu große Untersuchungsobjekt, da dieser Autor nicht den vollkommen begrenzten nur zentralen Teil der Retina untersucht hat. Das Sinken der Unterschiedsempfindlichkeit ist somit nach TREITEL kein spezifisches Merkmal gewisser Formen von Amblyopie, sondern stellt ein Symptom der verringerten funktionellen Tätigkeit des Sehapparats dar, und zwar in demselben Sinne, wie die Verringerung der Sehschärfe oder des quantitativen Farbensinnes. Ferner geht aus den Resultaten unserer Untersuchungen hervor, daß bei den von uns untersuchten Kranken mit dem Fortschreiten des pathologischen Prozesses und der Abnahme der Sehschärfe auch die Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit parallel ging, welche letztere im gesunden Auge des Autors und bei manchen anderen Personen mit gesunden Augen mehrere Monate und selbst mehrere Jahre lang in Abhängigkeit von der Beleuchtung infolge Wetterwechsels unbedeutende Schwankungen von 3—4 Unterbrechungen aufwies. (Die größten Schwankungen der Intermittenzahl bewegten sich bei gesunden Individuen für 4 weiße und 4 schwarze Sektoren zwischen 38 und 44.)

Bei schwächerer Beleuchtung sinkt die Unterschiedsempfindlichkeit bei Kranken weit mehr als ceteris paribus bei gesunden Personen: während sie bei gesunden Personen um 10—15% nachläßt, sinkt sie unter denselben Beobachtungsbedingungen bei Kranken um 25—35%.

¹ l. c.

Die Methode der klinischen Untersuchung der Unterschiedsempfindlichkeit mittels intermittierenden Lichts (Intermittenzmethode), die wir hiermit in Vorschlag bringen, ist nicht nur wissenschaftlich begründet, sondern gewährt sogar die Möglichkeit, eine eventuelle Erkrankung des Auges schon dann zu konstatieren, wenn sie durch andere Untersuchungsmethoden noch nicht festzustellen ist. Illustrativ sind die Beobachtungen 6, 7, 8, 39, 58 und 59.

Mit der Wirkung intermittierender Lichter hat sich unter meiner Leitung MARKOW¹ beschäftigt und zum Schluß gelangt, daß die Flimmermethode ihrer Einfachheit und Genauigkeit wegen als Maßstab der Unterschiedsempfindlichkeit für die klinische Untersuchung sehr verwertbar sei. Nach MARKOW nimmt die Lichtempfindlichkeit bei allen Affektionen mit Herabsetzung der Sehschärfe stets ab, besonders stark gesunken ist die Lichtempfindlichkeit bei Glaucoma, Chorioretinitis und Retinitis; die niedrigsten Zahlen sind bei den Affektionen des N. opticus zu konstatieren; bei Medientrübungen muß, nach MARKOW, die Sehschärfe stark gesunken sein, damit ein anomaler Grad der Unterschiedsempfindlichkeit konstatiert werden kann. Auf Grund seiner Beobachtungen an 546 Augen meint MARKOW, daß der normalen Lichtempfindlichkeit bei schwacher Tagesbeleuchtung 30—33 Intermissionen, bei mittlerer 34—35 und bei starker 36—38 entsprechen.

Besondere Beachtung nehmen die Befunde in Anspruch, welche wir bei Hemeralopie erhoben haben. Bezüglich des Wesens und der Ursachen der Hemeralopie bestehen verschiedene Ansichten. PARINAUD² führt die Hemeralopie auf Konsumption des Sehpurpurs zurück, UHTHOFF³ auf eine Störung des Lichtsinnes, welche durch Erhöhung der unteren Reizschwelle charakterisiert ist, TREITEL⁴ und CATANIA⁵ auf Verlangsamung der Adaptation ohne Störung der Lichtempfindung, KUSCHBERT⁶ auf Verlangsamung der Adaptation infolge von Konsumption

¹ Versuche über intermittierende Reizung der Netzhaut. [Russisch.] *Westnik Ophthalmologie* 18, S. 24, 152, 247.

² L'hémeralopie et les fonctions du pourpe visuel. *Compt. rend.* 93. 1881.

³ *Berliner klinische Wochenschrift* (28). 1890.

⁴ *Graefes Archiv f. Ophthalmologie* 21, S. 139.

⁵ *Archiv d'ophthalm.* 1. 1894. — *Zentralbl. f. Augenheilk.* S. 150. 1895.

⁶ *Deutsche medizinische Wochenschrift* (21 u. 22). 1884.

des Sehpurpurs, SCHIRMER¹ auf Verlangsamung der Adaptation und Erhöhung der unteren Reizschwelle. Als Ursache der Hemeralopie betrachten manche Autoren Blendung, andere Ernährungsstörungen, dritte glauben dieselbe in beiden Faktoren zu erblicken. Nach der Ansicht von KRIENES² ist die Ursache der Hemeralopie in Störung des Gleichgewichts zwischen Dissimilation und Assimilation der Sehsubstanz zu suchen. Diese Störung des Gleichgewichts beruht auf einer verhältnismäßig schwachen Assimilation, d. h. auf einer lokalen Ernährungsstörung. Letztere wird entweder durch Einwirkung von grellem Licht, welche die sekretorische Funktion des Pigmentepithels affiziert oder durch Störung der allgemeinen Ernährung bedingt. Durch das gehäufte Auftreten von Hemeralopie während der großen Fasten, in Hungerjahren infolge von Missernte, während Epidemien von Flecktyphus, Skorbut, Pellagra (infolge von Vergiftung mit Ptomainen von in Fäulnis übergegangenem Mais) sehen sich viele Autoren veranlaßt, Ernährungsstörungen als eine der hauptsächlichen Ursachen der Hemeralopie zu betrachten. Dagegen nehmen ADAMJUK³, RUSSANOW⁴, O. WALTER⁵ und SCHTSCHOPJEW⁶ an, daß das Auftreten von Hemeralopie von den klimatischen Verhältnissen abhängt, indem sie von dem Standpunkte ausgehen, daß der Genius epidemicus der Hemeralopie ein Miasma ist: die Hemeralopie wäre nach ADAMJUK eine parasitäre Erkrankung, die durch Mikroben bedingt wird, welche den Malariaplasmodien ähnlich sind. Unsere Untersuchungen haben ergeben, daß bei guter Beleuchtung die Unterschiedsempfindlichkeit bei an Hemeralopie leidenden Personen normal ist, und daß nur bei schwächerer Beleuchtung eine ziemlich bedeutende und der Herabsetzung der Beleuchtung nicht proportionelle Verringerung der Unterschiedsempfindlichkeit eintritt. Eine Ausnahme bilden diejenigen Kranken, bei denen schon bei Tageslicht eine Abnahme des Sehvermögens beobachtet wird: bei diesen Patienten tritt ein Nachlassen der Unterschiedsempfindlichkeit schon bei guter Beleuchtung ein. Bereits TREITEL hat

¹ *Deutsche medizinische Wochenschrift* (3). 1891.

² Über Hemeralopie. 1896.

³ *Wjestnik ophthalmologii*. 1892. [Russisch.]

⁴ *Wratsch* (16). 1885.

⁵ *Archiv f. Augenheilkunde* 27 (1 u. 2).

⁶ *Wojenno-Medicinski Journal* (Januar u. Februar). 1896. [Russisch.]

auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht, welche nach seiner Meinung seiner Theorie keineswegs widerspricht, nämlich daß die Hemeralopie nur eine Störung der Adaptation und nicht eine Erkrankung des Sehnervenapparats ist. TREITEL erklärt diese Fälle von Anomalie der Lichtempfindung bei an Hemeralopie leidenden Personen bei Tageslicht dadurch, daß dasselbe schädliche Agens in schweren Fällen außer einer Störung der Adaptation noch eine Erkrankung des Sehnervenapparats hervorruft. Die von uns erzielten Resultate sind einerseits den Angaben von KRIENES analog, der eine Herabsetzung der Sehschärfe bei manchen Hemeralopen bei Tagesbeleuchtung und ein nicht proportionelles Nachlassen derselben bei abgeschwächter Beleuchtung, d. h. eine Erhöhung der unteren Reizschwelle gefunden hat; andererseits sind unsere Resultate denjenigen TREITELS analog, der gefunden hat, daß die Unterschiedsempfindlichkeit bei Hemeralopen mit normalem Sehvermögen bei abgeschwächter Beleuchtung, bei Hemeralopen mit herabgesetztem Sehvermögen bei jeder Beleuchtung verändert ist. TREITEL glaubt nicht annehmen zu können, daß die Reizschwelle und die Unterschiedsempfindlichkeit voneinander abhängig sein sollen, da sowohl die Reizschwelle, wie auch die Unterschiedsempfindlichkeit sowohl bei mit reiner Amblyopie behafteten Kranken, wie auch bei Amblyopen, die mit Hemeralopie behaftet sind, abnorm gefunden wurden. Schon a priori ist eine solche Unabhängigkeit unmöglich, da die Reizschwelle einen partiellen Fall von Unterschiedsempfindlichkeit darstellt, d. h. die Reizschwelle ist die Unterschiedsempfindlichkeit nur bei minimaler Beleuchtung. Unsere Beobachtungen können außerdem als Bestätigung der Ansichten derjenigen Autoren gelten, die das Wesen der Hemeralopie in Störung der Adaptation erblicken, weil die Störung der Unterschiedsempfindlichkeit bei abgeschwächtem Licht, wie wir sehen, bei den von uns untersuchten Hemeralopen unter dem Einflusse der Adaptation sich allmählich verringert. Während aber ein gesundes Auge innerhalb 20 bis 30 Minuten bereits vollständig adaptiert ist, geht dieser Prozeß bei Hemeralopen weit langsamer vor sich. Die von uns festgestellte bedeutende Verringerung der Unterschiedsempfindlichkeit bei Hemeralopen bei schwächerer Beleuchtung kann man somit auf hochgradige Störung der Adaptation, die bei solchen Kranken besteht, zurückführen. Da die Adaptationsfähigkeit der

peripheren Teile der Retina, wie wir bereits einmal hervorgehoben haben, höher ist als diejenige der zentralen Teile derselben, so ist die Beobachtung 71 sehr lehrreich, nämlich diejenige, die einen Patienten mit pigmentöser Retinitis betrifft, bei dem die Unterschiedsempfindlichkeit der Peripherie der nicht adaptierten Retina fast 0 gleich war und nur unter dem Einflusse der Adaptation etwas gestiegen ist. Diese Beobachtung kann als indirekte Stütze für die Theorie von v. KRIES dienen, nämlich dafs den Stäbchen, welche hauptsächlich an der Peripherie lokalisiert sind und im Zentrum der Retina fehlen, die Funktion des Sehens bei abgeschwächter Beleuchtung zufällt, d. h. dafs die Stäbchen einen Dunkelapparat darstellen. Diese Theorie findet ihre Bestätigung in den Beobachtungen, welche UHTHOFF nach der Aufforderung von KRIES über die Erscheinung des Flimmerns bei den total Farbenblinden gemacht hat. In der unlängst erschienenen Mitteilung über diese Untersuchungen schreibt von KRIES¹, „dafs die Beobachtung ergibt, in voller Bestätigung dessen, was nach der Theorie vermutet werden konnte, dafs im vollen Tageslicht die Erscheinung des Flimmerns für den total Farbenblinden bei einem Lichtwechsel von einigen zwanzig Malen pro Sekunde aufhört, während unter gleichen Umständen das normale Auge einen zwei- bis dreifach schnellern Lichtwechsel erforderte.“

Thesen.

Die Hauptresultate unserer Untersuchungen, von denen wir nur die typischen Versuche mit mittleren Zahlen mitgeteilt haben, sind:

1. In dem bekannten FILEHNESchen Phänomen, welches darin besteht, dafs bei intermittierender Lichtreizung mittels aus weissen und schwarzen Sektoren zusammengesetzter Kreise die zur Verschmelzung der einzelnen Reize zu einer einzigen Empfindung erforderliche Intermittenzzahl mit der Vergrößerung der Sektorenzahl zunimmt, spielt aufser der Augenbewegung noch die Zusammensetzung des Gesichtsfeldes eine Rolle, d. h. die Zahl der Teilungslinien, welche im gegebenen Moment auf ein und dieselbe Partie der Retina fallen.

¹ *Zeitschrift f. Psychologie u. Physiologie d. Sinnesorgane* 32, S. 114.

2. Das Gesetz von MARBE: „Steigerung der mittleren allgemeinen Helligkeit fördert das Verschmelzen der Empfindungen“ wird durch das Experiment bestätigt.

3. Das Gesetz von MARBE: „Einem gleichen Reizunterschied entspricht ungefähr eine gleiche Intermittenzdauer“ erweist sich bei der experimentellen Prüfung als unrichtig.

4. Verringerung der Differenz zweier intermittierender aufeinander folgender Reize fördert das Verschmelzen der Empfindungen.

5. Bei abgeschwächter Beleuchtung und nach genügender Adaptation ist die Empfindlichkeit des Zentrums der Retina für intermittierendes Licht sehr unbedeutend und gleicht bei minimaler Beleuchtung fast 0. In der Richtung zur Peripherie der Retina nimmt die Empfindlichkeit für intermittierende Reizungen bei abgeschwächter Beleuchtung zu. Bei guter Beleuchtung wird eine entgegengesetzte Erscheinung wahrgenommen: hohe Empfindlichkeit des Zentrums und Verringerung dieser Empfindlichkeit in der Richtung zur Peripherie. Dieses Gesetz gilt nicht nur für weiß, sondern auch für sämtliche Grundfarben.

6. Sowohl Pigment- wie auch Spektralfarben bilden in bezug auf die Verschmelzung der Empfindungen bei intermittierenden Reizungen, die aus einer Kombination von farbigen und farblosen bestehen, folgende Reihe: die größte Intermittenzzahl ist für gelb erforderlich, dann folgen rot, grün und blau.

7. Eine Herabsetzung der Unterschiedsempfindlichkeit, welche mittels der Methode der intermittierenden Lichtreizung sehr genau bestimmt werden kann, wird nicht nur bei Erkrankungen der Retina, sondern auch bei Trübungen der brechenden Medien, die zur Herabsetzung des Sehvermögens führen, beobachtet. Die Unterschiedsempfindlichkeit sinkt parallel dem Fortschreiten des Krankheitsprozesses und dem Nachlassen des Sehvermögens. Bei Abschwächung der Beleuchtung sinkt die Unterschiedsempfindlichkeit bei Kranken mehr als bei Gesunden und der Abschwächung der Beleuchtung nicht proportional.

8. Bei Hemeralopen mit normalem Sehvermögen sinkt die Unterschiedsempfindlichkeit nur bei abgeschwächter Beleuchtung, dabei sehr stark und der Veränderung der Beleuchtung nicht proportional, während sie bei Hemeralopen mit herabgesetztem Sehvermögen selbst bei guter Beleuchtung abgeschwächt ist.

Die Ursache der Herabsetzung der Unterschiedsempfindlichkeit der Hemeralopen liegt wahrscheinlich in Störung der Adaptation.

9. Die v. KRIESSsche Theorie, welche den Stäbchen die Bedeutung eines an die Dunkelheit angepaßten Apparats (Dunkelapparat) beimisst, erhält in meinen Untersuchungsergebnissen eine neue Stütze.

Die Resultate meiner Untersuchungen haben somit nicht nur die Richtigkeit der von mir in der Einleitung aufgestellten Hypothese bestätigt, daß die kranke Retina bzw. deren Zentren auf intermittierende Lichtreize anders reagieren müssen als die gesunde Retina, sondern auch zu dem Schlusse geführt, daß man sich des intermittierenden Lichtes zur klinischen Untersuchung des Lichtsinnes bedienen kann, da die Fähigkeit, die einzelnen Empfindungen zu einem Ganzen zu verschmelzen, als Maßstab für die Innerz der der Reizung ausgesetzten Teile erscheint. Aber als gleicher Maßstab der Innerz kann auch die Empfindlichkeit für rasche Reize dienen. Bei großer Innerz geht die Verschmelzung leicht vor sich, während kurze Reize nicht wahrgenommen werden. In Anbetracht der Analogie mit der Muskelkontraktion und der Nervenerregung (cf. Einleitung) kann man schon a priori erwarten, daß zwischen der Unterschiedsempfindlichkeit (resp. Intermittenzzahl) und dem Grade der Empfindlichkeit für Lichtreize kleinster Dauer eine direkte Proportionalität bestehen müsse. Je kürzer der Lichtreiz ist, der vom Auge noch wahrgenommen wird, destomehr sind wir ceteris paribus berechtigt, auch eine höhere Unterschiedsempfindlichkeit vorauszusetzen und umgekehrt. Dasselbe gilt bis zu einem gewissen Grade für die Schnelligkeit, mit der die durch einen bestimmten Reiz gesetzte Gesichtsempfindung ihre maximale Größe erreicht. Schließlich ist als Grundlage der erwähnten Fähigkeit eine rasche Wiederherstellung der Ruhe in der Retina und den optischen Zentren nach dem Aufhören des Reizes anzunehmen. Die große Schnelligkeit dieser Restitution weist auf die hohe Vollkommenheit der physiologischen Organisation hin. Die Frage der Empfindlichkeit der Retina für Lichtreize von kleinster Dauer im Zusammenhang mit der im vorstehenden geschilderten Forschung bildet das Thema einer neuen Arbeit, mit der ich mich augenblicklich befaße. Die Resultate dieser Arbeit sollen demnächst veröffentlicht werden.

Zum Schluss ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. W. DANILEWSKI für die mir geleistete Hilfe und für die rege Teilnahme an meiner Arbeit an dieser Stelle meinen tiefgefühlten Dank zu sagen.

Mein aufrichtigster Dank gebührt auch meinem Lehrer Herrn Prof. L. HIRSCHMANN für die mir erteilte Erlaubnis, das klinische Material zu verwenden, sowie für die mir bei meinen klinischen Untersuchungen wohlwollend erteilten Ratschläge.

Literatur.

- ADAMJUK. Erkrankungen des Lichtsinnapparats des Auges. Kasan 1897. Bd. 1, S. 198.
- *Westnik Ophthalmologii*, 1892.
- AUBERT, H. Physiologie der Netzhaut. 1865. S. 351.
- BAADER. Über die Empfindlichkeit des Auges zum Lichtwechsel. Inaugur.-Dissertation. Freiburg 1891.
- BELLARMINOFF. Über intermittierende Netzhautreizung. *Graefes Archiv f. Ophthalmologie* 35, Abt. 1, S. 25. 1889.
- BERNSTEIN, J. Lehrbuch der Physiologie. 1894. S. 624.
- BJERRUM. *Graefes Archiv f. Ophthalmologie* 30, Abt. 2, S. 202. Untersuchungen über den Lichtsinn und den Raumsinn bei verschiedenen Augenkrankheiten.
- BRÜCKE. Über den Nutzeffekt intermittierender Netzhautreizung. *Bericht der Wiener Akademie* 49, S. 1. 1864.
- CATANIA. Sull' essenz. dell' emeralopia. *Archiv d'ophthal.* 1. 1894. *Zentralblatt f. Augenheilkunde* 1894, S. 150.
- CHODIN. Über die Empfindlichkeit für Farben auf der Peripherie der Netzhaut. *Graefes Archiv* 22, 3, S. 177.
- DOBROWOLSKI und HENE. Über die Empfindlichkeit auf der Peripherie der Netzhaut. *Pflügers Archiv* 12, S. 432.
- D'ARCY. *Mem. de l'Académ. de Paris* 1865, S. 450.
- EMSMANN. *Poggendorfs Annalen* 89, S. 611. 1853.
- EXNER, S. Über die zu einer Gesichtswahrnehmung nötige Zeit. *Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften* 58, 2. Abt., S. 601. 1868.
- Bemerkungen über intermittierende Netzhautreizungen. *Pflügers Arch. für die gesamte Physiologie* 1876, 3. Jahrg., S. 214.
- *Repert. der Physik* 20, S. 344. (Protokoll der Chem.-physik. Ges. zu Wien, 18. März 1884) und *Pflügers Archiv* 20, S. 614.
- FICK, ADOLF. Über den zeitlichen Verlauf der Erregung in der Netzhaut. *Archiv f. Anatomie u. Physiologie* 1863, S. 739.
- , E. Über Stäbchensehschärfe und Zapfensehschärfe. *Graefes Archiv für Ophthalmologie* 45, Abt. 2, S. 336.

- FILEHNE. Über den Entstehungsort des Lichtstaubes, der Starblindheit und der Nachbilder. *Graefes Archiv f. Ophthalmologie* 21, Abt. 2, S. 1.
- FECHNER. Elemente der Psychophysik. Bd. I, S. 323.
- FÖRSTER. Über Hemeralopie und die Anwendung eines Photometers im Gebiete der Ophthalmologie. Breslau 1857. S. 3.
- HAYKRAFT, J. B. Luminosity and Photometry. *Journal of Physiology* 21, S. 126—146. 1897.
- HELMHOLTZ. Handbuch der Physiologischen Optik. II, S. 483.
- HENRY, CH. Lois d'établissement et de persistance de la sensation lumineuse, d'éduites de recherches nouvelles sur les disques rotatifs. *Comptes rendues de l'Academie des Sciences* 1896, S. 604.
- HESS. Experimentelle Untersuchungen über die Nachbilder bewegter, leuchtender Punkte. *Graefes Archiv f. Ophthalmologie* 44, Abt. 3. 1897.
- KATZ, R. *Westnik Ophthalmologii* 1897 (Mai—Juni), S. 246.
- KLEINER, A. Physiologisch-optische Beobachtungen. *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie* 18, S. 542. 1878.
- Zur Theorie der intermittierenden Netzhautreizung. *Züricher Vierteljahrsschrift* 19. 1874.
- KRIES. Über die Wirkung kurzdauernder Lichtreize auf das Sehorgan. *Abhandlungen zur Physiologie der Gesichtsempfindungen*. Hamburg und Leipzig 1897. Sonderabdruck aus: *Zeitschrift f. Psychologie u. Physiologie der Sinnesorgane*.
- *Zentralblatt für Physiologie* 8, S. 695.
- Über die Wahrnehmung des Flimmerns durch normale und durch total farbenblinde Personen. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane* 32, S. 113.
- KRIENES. Über Hemeralopie. 1896.
- KUSCHBERT. *Deutsche medizinische Wochenschr.* 1884 (21 u. 22).
- MARBE, KARL. Zur Lehre von den Gesichtsempfindungen, welche aus sukzessiven Reizen resultieren. *Wundts Philosophische Studien* 9 (3), S. 384. 1893.
- Theorie des TALBOTSchen Gesetzes. *Wundts Philosophische Studien* 12, S. 279.
- Neue Versuche über intermittierende Gesichtsstreize. *Wundts Philosophische Studien* 13, S. 106.
- *Philosophische Studien* 14, S. 393.
- MARKOW. Über intermittierende Reizung der Netzhaut. [Russisch.] *Westnik Ophthalmologii* 18, S. 24.
- MAUTHNER. Vorträge aus dem Gesamtgebiete der Augenheilkunde. Wiesbaden 1881. Bd. I.
- NICHOLS. *American Journ. of Science* 28, S. 243.
- PARINAUD. L'héméralopie et les fonctions du pourpre visuel. *Compt. rend.* 93. 1881.
- PHILIPSEN. Undersegölse of øjets. klarhendssaus og denne undersøgdses kliniske betydning og omraade. *Hosp. tid.* (33—34). *Archiv f. Augenheilkunde* 1882.

- PLATEAU. *Poggendorfs Annalen* 20, S. 304. Über einige Eigenschaften der vom Lichte auf das Gesichtsorgan hervorgebrachten Eindrücke.
- POLIMANTI. Über die sogenannte Flimmerphotometrie. *Zeitschrift f. Psychologie u. Physiologie d. Sinnesorgane* 19, S. 263.
- RIVERS, W. H. R. The Photometry of Coloured Paper. *Journ. of Physiology* 22, S. 137—145.
- ROOD. *Americ. Journ. of Science* 46, S. 173.
- RUPP. Über die Dauer der Nachempfindung an den seitlichen Teilen der Netzhaut. Inaug.-Dissertation. Königsberg 1869.
- RUSSANOW. *Wratsch* 1885 (16).
- SAMELSOHN. *Annales d'oculistique* 92. Die Bedeutung der Lichtsinn-Untersuchung in der praktischen Ophthalmologie. *Congrès international sciences médicales* S. 83.
- SAMOJLOFF. Einige Beobachtungen über intermittierende Netzhautreizung. *Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie* 85, S. 90.
- SCHATERNIKOFF. *Zeitschrift f. Psychologie und Physiologie d. Sinnesorgane* 29, S. 241.
- SCHIRMER, O. Über die Gültigkeit des WEBERSchen Gesetzes für den Lichtsinn. *Graefes Archiv f. Ophthalmologie* 36, Abt. 4, S. 132.
- *Deutsche medizinische Wochenschrift* 1891 (3).
- SCHADOW. Die Empfindlichkeit der peripheren Netzhautteile im Verhältnis zu deren Raum und Farbensinn. *Pflügers Archiv f. d. gesamte Physiologie* S. 439.
- SHERRINGTON. *Journal of Physiology* 21, S. 165.
- SCHENCK. Über intermittierende Netzhautreizung. I. Mitteilung: Über den Einfluss von Augenbewegungen auf die Beobachtung rotierender Scheiben zur intermittierenden Netzhautreizung. *Archiv für Physiologie* 64, S. 165.
- Über intermittierende Netzhautreizung. II. Mitteilung: Über die Bestimmung der Helligkeit grauer und farbiger Pigmentpapiere mittels intermittierender Netzhautreizung. *Archiv für die gesamte Physiologie* 54, S. 607.
- Über intermittierende Netzhautreizung. III.—VII. Mitteilung. *Pflügers Archiv* 68, S. 32—54. 1897.
- Über intermittierende Netzhautreizung. VIII. Mitteilung. *Pflügers Archiv* 77, S. 44.
- Über intermittierende Netzhautreizung. IX. Mitteilung. *Pflügers Archiv* 82, S. 192.
- SCHTSCHEPOTJEW. Beitrag zur Lehre der epidemischen Hemeralopie. *Wojenno Medicinski Journal* 1896 (Januar u. Februar).
- TALBOT. *Philos. Magaz.* 1834 (Nov.).
- TREITEL. Über den Lichtsinn der Netzhautperipherie. *Graefes Archiv f. Ophthalmologie* 35, Abt. 1, S. 50.
- Weitere Beiträge zur Lehre von den Funktionsstörungen des Gesichtsinnes. *Graefes Archiv f. Ophthalmologie* 37, Abt. 1, S. 178—180.
- Über das Wesen der Lichtsinnstörung. *Graefes Archiv f. Ophthalmologie* 30, Abt. 1, S. 36.

- TREITEL. Über Hemeralopie und Untersuchung des Lichtsinnes. *Graefes Archiv für Ophthalmologie* 31, Abt. 1, S. 139—176.
- TRUTOWSKI. Beitrag zur Lehre der physiologischen Wirkung häufiger elektrischer Entladungen auf Herz, Nerven und Muskeln. Charkow 1897.
- UHTHOFF. Ein Beitrag zur Hemeralopie und zur Xerosis conjunctiv. epithel. *Berliner klin. Wochenschr.* 1890 (28).
- WOLFFBERG, LOUIS. Über die Prüfung des Lichtsinns. *Graefes Archiv für Ophthalmologie* 31, Abt. 1, S. 3.
- WALTER, O. Ein Beitrag zur Lehre von der epidemischen Nachtblindheit. *Archiv f. Augenheilkunde* 28 (1 u. 2).

(Eingegangen am 27. Juli 1903.)
