

Bemerkungen über Raum- und Lichtsinn.

Von

Dr. GUILLERY,

Oberstabsarzt in Köln.

Wenn wir die in der Physiologie gewöhnlich getrennt behandelten Qualitäten des Sehorganes, den Raum-, Licht- und Farbensinn in ihren gegenseitigen Beziehungen betrachten, so können wir uns einen Reiz, welcher nur die beiden ersteren, aber nicht den letzteren erregt wohl vorstellen, eine Erregung jedes der drei für sich allein ist aber nicht denkbar. Wird der Farbensinn in Anspruch genommen, so sind die beiden anderen stets betheiligt, denn jede Farbenempfindung hat auch eine Helligkeitsvalenz und ebenso muss das betreffende Sehding, von welchem die Erregung des Farbensinnes ausgeht, einen räumlichen Eindruck hervorrufen. In gleicher Weise hat aber auch jede farblose räumliche Erregung ihre Helligkeitsvalenz, denn nur dadurch, dass der Gegenstand heller oder dunkler ist, als seine Umgebung können wir ihn von derselben unterscheiden, und zwar gilt dies ebenso gut von einem kleinen Netzhautbilde, wie von einem grossen. Der Lichtsinn ist also insofern vom Farben- und ebenso vom Raumsinn untrennbar, als wir ohne die Unterscheidung von Hell und Dunkel überhaupt nichts sehen. Wenngleich ich diesen meinen Standpunkt in verschiedenen Arbeiten ausdrücklich betont habe¹, bin ich von ASHER² dahin missverstanden worden, dass ich bei Untersuchungen über den Raumsinn eine gänzliche Ausschliessung des Lichtsinnes für möglich hielte, obschon ich in der von ihm zitierten Arbeit selbst³ die Unentbehrlichkeit des Lichtsinnes bei jeder optischen

¹ Z. B. *Arch. f. Augenheilkd.* XXIII, 3, S. 326; *ibid.* XXXI, 3, S. 220 ff.

² *Zeitschr. f. Biologie* Bd. XXXV, N. F. XVII.

³ *Zeitschr. f. Psychol.* Bd. XII, S. 249.

Wahrnehmung ausdrücklich hervorhebe. Ich gebe zu, dass die von ASHER herausgegriffene Stelle, für sich allein betrachtet, dieses Missverständniss veranlassen konnte, indem ich von einer Empfindung sprach, welche vollständig auf dem Gebiete des Raumsinnes bleibt, mit Ausschluss von Licht- und Farbensinn. Nach den mehrfach erörterten Beziehungen zwischen den beiden ersteren Funktionen schien mir aber der Zusatz betreffend den Lichtsinn „soweit dies überhaupt möglich“ zu selbstverständlich, als dass ich ihn noch ausdrücklich hätte machen sollen.

Will man die Feinheit des Raumsinnes untersuchen, so wird man den kleinsten räumlichen Reiz, also, da unsere Netzhautbilder flächenhaft sind, die kleinste Fläche ermitteln müssen, welche noch eine Wahrnehmung hervorrufen kann, ebenso wie wir die Feinheit des Lichtsinnes prüfen durch Feststellung der kleinsten erkennbaren Helligkeitsdifferenz. Zu dem genannten, wie zu verschiedenen anderen Zwecken bedürfen wir eines Maasses, um uns eine Vorstellung von der Ausdehnung des dem objektiven Reize entsprechenden Netzhautbildes zu verschaffen, und ist es hierfür allgemein üblich sich der Werthe des reduzierten Auges zu bedienen. Dass diese Methode unvollkommen ist, und das so berechnete Bild auf absolute mathematische Genauigkeit keinen Anspruch machen kann, ist gewiss richtig. Es ist aber wenig dadurch gefördert, wenn man diesen allseitig empfundenen Uebelstand bemängelt, ohne etwas besseres an seine Stelle setzen zu können, und man sich desshalb gegebenen Falles ebenfalls der Konstanten des reduzierten Auges bedienen muss¹. Die Befürchtung, dass diese Ungenauigkeit des so berechneten Werthes in Vergessenheit gerathen sei, kann ich nicht theilen, glaube vielmehr, dass diese optischen Mängel des Auges, so wie die auf ihnen beruhenden Erscheinungen der Irradiation für Jeden der sich mit diesen Dingen befasst zu geläufig sind, als dass er jedes Mal ausdrücklich darauf hinweisen sollte. Von mir selbst sind sie verschiedentlich hervorgehoben, z. B. *Arch. f. Augenheilk.* XXIII³ S. 326. *Zeitschr. f. Psychol.* Band XII S. 248. Sicherlich ist aber die Annahme unzulässig, dass AUBERT, dem wir eingehende Untersuchungen über die Irradiation verdanken, sich unter dem von ihm eingeführten Begriffe des physiologischen Punktes ein mathematisch scharfes Netzhautbild gedacht haben

¹ ASHER l. c. S. 408.

sollte. Wenn er seine Grösse zu bestimmen suchte und sie mit derjenigen der Zapfenoberfläche verglich, so sollte damit offenbar nur gesagt sein, dass die durch die Berechnung gefundenen Werthe, wenn sie natürlich auch nicht als absolut genaue anzusehen sind, doch innerhalb derjenigen Grenzen bleiben, welche die Histologen für den Durchmesser eines Zapfens angeben. So lange diese letzteren Werthe so sehr differiren, wie es bisher der Fall ist, wird sich die Frage, ob sich das kleinste wahrnehmbare Netzhautbild mit der Oberfläche eines Zapfens deckt, überhaupt nicht entscheiden lassen. Das Aberrationsgebiet zwischen Schwarz und Weiss kann aber kein Hinderniss sein, diese Grösse festzustellen, da wir ja ein einfaches Mittel besitzen, dasselbe mehr oder weniger vollständig zu beseitigen, nämlich das Vorsetzen eines Diaphragmas mit kleiner Oeffnung vor das Auge. Ich kann nun nicht finden dass hierdurch die Grösse des kleinsten, eben sichtbaren Objektes sich merklich ändert. Wenn die Empfindungsfläche wirklich wesentlich grösser ist, als das „Kernbild“ eines objektiven Punktes (nicht mathematischen), so sollte man annehmen, dass das kleinste, eben wahrnehmbare Objekt durch Vorhalten eines Diaphragmas nicht mehr zur Perzeption gelangt. Die durch die Irradiation vergrösserte Empfindungsfläche (MACH) müsste durch Aufheben der ersteren unter die Schwelle sinken, wenn dieselbe vorher gerade erreicht war. Die einzige Aenderung des Eindruckes, welche ich bemerke, ist indessen die, dass das Objekt etwas schärfer und tiefer schwarz, weniger schattenhaft, wenn ich so sagen darf, erscheint. Es ist aber nicht erforderlich, das Netzhautbild durch Annäherung zu vergrössern, um dasselbe hierdurch etwa auf den Umfang der vorher vorhandenen Empfindungsfläche zu bringen. Ebenso lässt sich das Aberrationsgebiet einschränken durch unmittelbare Abschwächung des Kontrastes zwischen Objekt und Hintergrund. Die Versuche AUBERT's über den Einfluss, welchen eine solche Abschwächung auf die Grösse eines eben sichtbaren Objektes hat, ergeben, dass diese in hohem Maasse von jenem unabhängig ist¹. Dasselbe fand GROENOUW² bei Nachprüfung dieser Versuche. Man muss also hieraus schliessen, dass die Ausdehnung

¹ Auf diese Versuche gehe ich nicht nochmals ein, da sie ausführlich erörtert sind in meiner Arbeit: „Weitere Untersuchungen über den Lichtsinn“, *Zeitschr. f. Psychol.* Bd. XIII, S. 190 ff.

² *Arch. f. Augenheilkd.* XXVI, 2.

des schwarzen Zentrums, des „Kernbildes“ eines solchen Objectes für die Wahrnehmung weit mehr ins Gewicht fällt, als das Aberrationsgebiet. Ich spreche hier ausdrücklich nur von der Wahrnehmung eines schwarzen Punktes auf weissem Hintergrunde, und lassen sich hieraus natürlich nicht ohne Weiteres Schlüsse ziehen auf die Unterscheidung von Linien, Gittern u. dergl., ebenso wenig aber umgekehrt. Es wäre ja z. B. denkbar, dass bei Annäherung von Linien Theile des Aberrationsgebietes durch Deckung sich gegenseitig verstärkten und so zur Wahrnehmung kämen, was natürlich eine entsprechende Vergrösserung der Zwischenräume zur Folge haben müsste.

Die Oeffnung eines solchen Diaphragmas darf bei dem obigen Versuche natürlich nicht zu gross sein, da sonst eine wesentliche Verkleinerung des Aberrationsgebietes nicht stattfindet, andererseits auch nicht zu klein, da alsdann die Lichtstärke schliesslich so sehr vermindert ist, dass die Wahrnehmung unmöglich wird. Um die zulässige Grenze zu ermitteln, bediente ich mich einer ausziehbaren, innen geschwärzten Röhre, welche an ihrem vorderen Ende das Diaphragma hatte. Durch Verlängerung der Röhre wurde der Lichtkegel allmählich vermindert, und liess sich so der etwaige Einfluss beobachten, welchen die Beschränkung des Aberrationsgebietes auf die Wahrnehmbarkeit des Objectes hatte, bis zu dem Punkte wo dieses unsichtbar wurde. Man könnte nun sagen, dass letzteres eben die Folge der Beseitigung des Aberrationsgebietes war. Thatsächlich verschwand aber der Punkt nicht eher bis die Lichtstärke so weit herabgemindert war, dass die Deutlichkeit der Wahrnehmung auch für jedes grössere Netzhautbild sank. Zum Vergleiche bediente ich mich der zur Feststellung der Sehschärfe eingeführten Schriftproben, wobei sich zeigte, dass, sobald die Erkennbarkeit des Punktes anfang ungewiss zu werden, auch einzelne Buchstaben nicht mehr zu entziffern waren. Ein genaues Maass ist dies ja freilich nicht, da die Möglichkeit einzelne Buchstaben an ihren ungefähren Umrissen zu errathen, bekanntlich von den verschiedensten Bedingungen abhängt, die sich einer genauen Schätzung entziehen¹. Jedenfalls beweist der Versuch, dass das Aberrationsgebiet in hohem Maasse eingeschränkt werden kann, ohne dass die Erkennbarkeit des kleinsten, mit freiem Auge wahrnehmbaren Punktes darunter leidet.

¹ Näheres im *Arch. f. Augenheilkd.* XXVIII, 3, XXXI, 3.

Wie oben gesagt, müssen wir zur Prüfung der Feinheit des Lichtsinnes die geringste wahrnehmbare Helligkeitsdifferenz, zu der des Raumsinnes das kleinste wahrnehmbare Netzhautbild ermitteln. Diese beiden grundsätzlich verschiedenen Untersuchungsmethoden waren irrthümlicher Weise von einzelnen Autoren in Parallele gestellt und hatte ich¹ darauf hingewiesen, dass die hieraus gezogenen Schlüsse falsch sein müssten. Wenn hierbei die durch die Irradiation geschaffenen Verhältnisse nicht ausdrücklich erwähnt wurden, so geschah dies lediglich deshalb, weil dadurch an dem prinzipiellen Unterschiede nichts wäre geändert worden. Denn wenn wir auch die Irradiation in Betracht ziehen, so haben wir in dem einen Falle (Lichtsinn) bei der gebräuchlichen Untersuchungsmethode, zwei grössere Flächen von möglichst geringer Helligkeitsdifferenz, in dem anderen (Raumsinn) eine möglichst kleine tiefschwarze Fläche, umgeben von grauen Tönen, welche sich mit allmählicher Abschwächung in ihre Umgebung verlieren. Dass diese beiden Reizwirkungen identisch wären wird doch Niemand behaupten wollen, und ich war also vollkommen im Rechte, wenn ich den Unterschied hervorhob.

Bei der Messung dieses kleinsten Netzhautbildes werden wir andere Funktionen, um den Versuch nicht zu komplizieren, so weit wie möglich auszuschliessen suchen, also auch den Lichtsinn. Verstehen wir unter demselben die Fähigkeit Helligkeitsdifferenzen zu unterscheiden, so ist das einfachste Mittel, sich vom Lichtsinne thunlichst unabhängig zu machen, ein möglichst grosser Helligkeitskontrast zwischen Objekt und Hintergrund, also tiefes Schwarz auf reinem Weiss oder umgekehrt. Wählen wir schwache Kontraste, so könnte schon eine geringe Beeinträchtigung des Lichtsinnes die Wahrnehmung stören, aber wenn nicht einmal mehr Schwarz auf Weiss unterschieden wird, so müsste der Lichtsinn so gut wie erloschen sein. Selbst wenn man wiederum das Aberrationsgebiet in Betracht zieht, ist es doch klar, dass die Feinheit des Lichtsinnes vielmehr in Anspruch genommen wird, wenn man von vornherein schwache Kontraste wählt. In diesem Sinne ist es zu verstehen, wenn ich die Möglichkeit erörterte, sich bei Versuchen über den Raumsinn vom Lichtsinne unabhängig zu machen.

¹ *Zeitschr. f. Psychol.* Bd. XII, S. 243.

ASHER hat nun seinerseits (l. c.) den Beweis zu erbringen versucht, dass die räumliche Unterscheidung sehr kleiner Objekte in Bezug auf Grösse als eine Leistung des Lichtsinnes zu bezeichnen sei. Der Lichtsinn wäre demnach nicht nur diejenige Funktion, durch welche wir Helligkeitsunterschiede wahrnehmen, sondern er übernimmt auch die Grössenschätzung, welche bisher als eine besondere Leistung des Auges betrachtet worden ist. Diese Auffassung, welche die Sache nur noch mehr verwirren kann, erfordert aus theoretischen wie praktischen Gründen eine nähere Erörterung.

ASHER kommt zu jenem Ergebnisse, indem er die Versuche RICIO's über das Verhältniss von Lichtstärke und Fläche nachprüfte. Der genannte Autor fand, dass bei sehr kleinem Netzhautbilde die Helligkeit des Objektes sich nicht ändert; wenn das Produkt aus Helligkeit mal Fläche konstant bleibt oder mit anderen Worten: Wenn die Helligkeit um das n -fache zunimmt, muss die Fläche um das n -fache abnehmen und umgekehrt, wenn der Eindruck derselbe bleiben soll. Ausser dieser (mir nicht zugänglichen) Arbeit von RICIO gehören in gewissem Sinne hierher die Untersuchungen von OLE BULL, CHARPENTIER und FICK; ferner sind auch von mir solche bereits im Jahre 1895 veröffentlicht¹, bei welchen die Versuchsanordnung mit der von ASHER in seiner zweiten Beobachtungsreihe gewählten fast genau übereinstimmt. FICK ist der Einzige, welcher sich von diesem Verhältnisse nicht überzeugen konnte, (entsprechend seiner Versuchsanordnung), während die anderen Genannten alle jenen Satz bestätigt fanden, z. Th. sogar in grösserem Umfange, als man erwarten sollte. Die Ausdehnung derjenigen Stelle, für welche er gültig ist, habe ich in diesen, so wie in späteren, von anderen Gesichtspunkten ausgehenden Versuchen² zu bestimmen gesucht, und dieselbe als das physiologische Centrum der Netzhaut, im Gegensatze zur Peripherie bezeichnet, aus dem Grunde, weil innerhalb dieser Stelle die Netzhautelemente gleichwerthig sein müssen, und erst jenseits derselben die minderwerthigen der Peripherie beginnen. Nur unter der Voraussetzung, dass die Empfindlichkeit der gereizten Elemente die gleiche ist, lässt sich die Erscheinung erklären, dass die Erregungsstärke a von b Ele-

¹ *Arch. f. Augenheilkd.* XXXI, 3.

² PFLÜG. *Arch.* Bd. 66 u. *Arch. f. Augenheilkd.* XXXV, 1.

menten ebenso empfunden wird, wie die Erregungsstärke $\frac{a}{2}$ von $2b$ Elementen. Dies ist aber auch der einzige Schluss, der aus diesen Versuchen gezogen werden kann. Bei grösseren Objekten hört jenes konstante Verhältniss natürlich auf (CHARPENTIER glaubte es allerdings auch bei solchen zu finden), weil immer mehr Elemente von allmählich abnehmender Empfindlichkeit in den Bereich des Netzhautbildes fallen. Ein prinzipieller Unterschied zwischen den durch ein grosses und ein kleines Netzhautbild gesetzten Erregungsvorgängen lässt sich indessen hieraus nicht ableiten.

ASHER führt nun ein neues Moment in die Betrachtung, nämlich die Grössenschätzung. Er fand, dass bei diesem Verhältnisse zwischen Lichtstärke und Fläche die betreffenden Objekte bis zu einem Winkel von etwa 2 Minuten in ihrer Grösse gleich aussahen, und schliesst daraus, dass innerhalb der genannten Grenzen das räumliche Aussehen der benutzten kleinen Sehdinge nur abhängig von ihrer Lichtmenge. Nach der sonst üblichen Annahme hängt die Grössenschätzung in erster Linie ab von der Genauigkeit des Augenmaasses, und ist es freilich richtig, dass dasselbe bei sehr kleinem Netzhautbilde höchst unzuverlässig wird. Nimmt man kleine schwarze Punkte an der Grenze ihrer Wahrnehmbarkeit, also entsprechend einem Sehwinkel von etwa $25''$, so kann man ihre Fläche um das doppelte bis 3 fache vergrössern, ehe man mit Sicherheit einen Grössenunterschied erkennen kann, d. h. also, man macht dieselbe Beobachtung auch ohne jenen Ausgleich von Fläche und Lichtstärke, wengleich der Wechsel der letzteren die Beurtheilung noch erschweren mag.

Sind nun bei Betrachtung grosser Objekte keine Erscheinungen zu finden, welche den geschilderten analog wären? Was zunächst die Irradiation betrifft, so ist der Einfluss derselben auf die Grössenschätzung bei jeder beliebigen Ausdehnung des Netzhautbildes längst bekannt, und werden ja hierdurch die verschiedensten Täuschungen des Augenmaasses hervorgerufen (s. die bekannten Beispiele bei VON HELMHOLTZ u. A.). Aber auch abgesehen davon lässt sich unschwer darlegen, dass das Gesagte auf Netzhautbilder von ganz beliebiger Grösse Anwendung finden kann. Es lässt sich sowohl die Lichtstärke wie die Fläche eines jeden Objektes in gewissem Grade verändern, ehe diese Veränderung empfunden wird. Nehmen wir an, das

Objekt sei schwarz auf weissem Hintergrunde und zwar soll das Weiss etwa sechzigmal heller sein als das Schwarz, so ist es klar, dass nicht jede geringste Veränderung dieses Verhältnisses durch Hellerwerden des Schwarz oder Dunklerwerden des Weiss sofort über die Schwelle tritt. Bis zu einem gewissen Grade wird dies untermerklich bleiben, und ebenso wird die Grösse der Fläche sich mehr oder weniger variiren lassen, ehe die Veränderung bemerkbar wird. Dies letztere muss um so mehr der Fall sein, wenn gleichzeitig der Kontrast zwischen Objekt und seiner Umgebung sich mildert, denn indem hierdurch die Irradiationserscheinungen abnehmen, erscheint das Objekt grösser und wird daher in seinen Dimensionen entsprechend verändert werden können, bis es wieder ebenso erscheint, wie unter den früheren Helligkeitsverhältnissen. In welchen Grenzen dies möglich ist, hängt in erster Linie ab von der getroffenen Netzhautstelle, d. h. von der Empfindlichkeit der sie bedeckenden Elemente, und wird es ferner von dem Verhältnisse, in welchem diese sich gegenseitig unterstützen abhängen, in wie weit eine Kompensation von Fläche und Helligkeit in dem oben angegebenen Sinne stattfindet. Aber bei jeder beliebigen dieser Variationen werden wir den Antheil, welchen der Raumsinn doch immer an der Empfindung nimmt, auf die kleinste wahrnehmbare Grösse reduzieren können, ohne dass die Wahrnehmung darum aufhörte dem Gebiete des Raumsinnes anzugehören. Eine unendlich kleine Lichtempfindung giebt es nun einmal nicht, es muss also auch der kleinste Punkt der Aussenwelt, in jeder Lichtstärke, bei welcher er empfunden wird, einen räumlichen Eindruck hervorrufen. Ob wir denselben bezüglich seiner Ausdehnung richtig schätzen, ist eine andere Frage und kommen hier gewiss die Verhältnisse der Lichtstärke und noch verschiedene andere in Betracht. Es ist aber thatsächlich eine untere Grenze nicht denkbar, an welcher eine Wahrnehmung des Sehorganes das Gebiet des Raumsinnes verliesse und vollständig in das des Lichtsinnes überträte.

ASHER ist der Ansicht, dass zwei Objekte gleich gross erscheinen, wenn ihre Empfindungsflächen gleich viele Empfindungskreise decken. Es ist dies, wie man sieht, die alte, aber längst widerlegte WEBER'sche Theorie vom Augenmaasse. FECHNER und HERING haben schon vor vielen Jahren darauf hingewiesen, dass dieser Satz für die analogen Verhältnisse der Haut nicht zutrifft.

da sonst eine Zirkelspitzenentfernung von 600 mm auf der Rückenhaut ebenso gross erscheinen müsste, wie eine von 20 mm auf der Zungenspitze. Ebenso wenig kann davon die Rede sein, dass auf der Peripherie der Netzhaut zwei Punkte, welche eben getrennt empfunden werden, ebenso nahe zusammen erscheinen, wie zwei mit dem Centrum fixirte, welche bis zu, dem für ihre Unterscheidung zulässigen Abstände genähert werden. Die Beobachtungen über das Augenmaass sowohl bei grossem, wie bei kleinem Netzhautbilde lassen sich mit den Empfindungskreisen nicht in Einklang bringen, und ist die Grössenschätzung leider ein viel zu komplizirter Vorgang, als dass sie in dieser einfachen Weise erklärt werden könnte. Auch aus anderen Gründen ist die Annahme nicht haltbar, dass jeder Empfindungskreis seine Erregung gänzlich isolirt dem Centrum übermittele¹.

Es beweisen somit die Versuche von ASHER bezüglich des Lichtsinnes eine Thatsache, die längst bewiesen war, und bezüglich der Grössenschätzung, dass diese unter den von ihm angegebenen Bedingungen sehr ungenau ist, theils weil dies bei sehr kleinem Netzhautbilde an sich schon der Fall, theils weil durch die Veränderungen der Irradiation bei kleinen wie grossen Objekten die Täuschungen noch begünstigt werden. Will Jemand beweisen, dass die Wahrnehmung eines kleinen schwarzen Punktes auf weissem Hintergrunde in besonderem Maasse abhängig ist von der Lichtstärke, so muss er zunächst die obigen Versuche von AUBERT, GROENOUW und mir widerlegen, aus welchen gerade hervorgeht, dass innerhalb weiter Grenzen der Helligkeitsdifferenz zwischen diesem Objekte und Umgebung die Objektgrösse sich nicht zu ändern braucht.

Wenn es richtig wäre, dass die Wahrnehmung kleiner Punkte in so naher Beziehung stände zum Lichtsinn, so würde dies für die Praxis von durchgreifender Bedeutung sein. Dasselbe was für einen Punkt gilt, muss natürlich auch für mehrere zutreffen, da sich hier ja nur derselbe Vorgang an verschiedenen Stellen wiederholt. Seit langer Zeit sind nun in der Ophthalmologie Punktgruppen im Gebrauche zur Prüfung der Sehschärfe. Die BURCHARDT'schen z. B., welche sich von diesen wohl der weitesten Verbreitung erfreuen, sind so berechnet, dass jeder

¹ Näheres hierüber in meinen Arbeiten: PFLÜG. *Arch.* Bd. 68, S. 141 ff. und *Zeitschr. f. Psychol.* Bd. X, S. 96 ff.

einzelne Punkt unter einem Sehwinkel von 2,15 Minuten erscheint, also fast vollkommen innerhalb der von ASHER angegebenen Grenze, in deren Bereiche die räumliche Unterscheidung derselben nicht als Leistung des Raumsinnes, sondern als eine solche des Lichtsinnes zu bezeichnen sein soll. Wir hätten demnach bisher bei Benutzung solcher Objekte immer den Lichtsinn in Anspruch genommen, während wir in der Meinung waren, den Raumsinn zu prüfen. Ich vermuthe indessen, dass, solange nicht überzeugendere Gründe für diese Ansicht beigebracht werden, die Punktproben auch fernerhin zu demjenigen Zwecke werden Anwendung finden, zu welchem sie bisher einzig und allein benutzt worden sind.

Erfreulicher Weise giebt uns die Klinik ein ebenso einfaches, wie unwiderlegliches Mittel die Frage zu entscheiden. Wenn die Abhängigkeit der Wahrnehmung kleiner Netzhautbilder vom Lichtsinne wirklich in dem angegebenen Maasse vorhanden wäre, so müsste bei erhaltenem Lichtsinne auch die Fähigkeit kleine Punkte zu erkennen unbeeinträchtigt sein, andererseits, bei Herabsetzung des Lichtsinnes diese Fähigkeit sich entsprechend vermindern. Jeder diesbezügliche Versuch beweist das Gegentheil, denn stets lässt sich die Herabsetzung der Sehschärfe ebenso gut, oder vielmehr noch viel besser durch Untersuchung mit einzelnen Punkten nachweisen, als z. B. durch Buchstabenproben. Da ich Jahre lang, fast täglich, derartige Versuche zur Kontrolle meiner Punktproben¹ angestellt habe, glaube ich mir in dieser Frage ein Urtheil erlauben zu dürfen. Wenn die Erkennbarkeit von Schriftproben abnimmt, wobei aus sattsam bekannten Gründen die Wahl der betreffenden Buchstaben und verschiedene andere Momente von Einfluss sind, so ist auch stets die Erkennbarkeit einzelner kleiner Punkte vermindert. Die Beeinträchtigung der Feinheit des Raumsinnes ist also das Maassgebende, der Lichtsinn braucht aber dabei gar nicht herabgesetzt zu sein. Andererseits zeigen Herabsetzungen des Lichtsinnes gar keinen Zusammenhang mit der auf diese Weise festgestellten Sehschärfe.

Hier ein Beispiel für viele. Ein junger Mann von 28 Jahren leidet an kongenitaler Hemeralopie. Das was uns aus meinen Notizen über den Fall hier interessirt ist folgendes: die *S* beträgt mit meinen Proben $\frac{1}{120}$, mit PFLÜG. $\frac{4}{33,3}$, NIED. $\frac{4}{30}$, SN. $\frac{4}{25}$ *

¹ J. F. Bergmann, Wiesbaden.

Der Lichtsinn (Unterschiedsschwelle), nach TREITEL gemessen, zeigte sich vollkommen normal. Da die untere Grenze, welche TREITEL angiebt, kleine Herabsetzungen des Lichtsinnes nicht ausschliesst, so untersuchte ich ausserdem noch am rotirenden Kreisel und fand hierbei den Lichtsinn auf $\frac{1}{100}$ herabgesetzt, gegen $\frac{1}{180}$ meines Auges. Jedenfalls besitzt ein Auge, welches Helligkeitsdifferenzen von $\frac{1}{100}$ unterscheidet immerhin noch grosse Empfindlichkeit für die Wahrnehmung von Lichtintensitäten, und steht hierzu offenbar das ganz erheblich verminderte Unterscheidungsvermögen für kleine schwarze Punkte in gar keinem Verhältnisse. Durch herabgesetzte Beleuchtung, bei welcher meine S auf $\frac{1}{8}$ ($\frac{5}{14}$ SN) sank, verminderte die des Kranken sich auf Fingerzählen in 4 m. Sein Lichtsinn war dabei = $\frac{1}{15}$ (TR.). Nach etwa 20 Minuten war seine S wieder $\frac{1}{120}$ wie vorher, sein Lichtsinn aber immer noch unverändert = $\frac{1}{15}$.

Wir brauchen nun gar nicht nach solchen besonderen Fällen zu suchen, sondern haben stets die Mittel in der Hand, unser Unterscheidungsvermögen für Helligkeitsdifferenzen, also den Lichtsinn herabzusetzen, z. B. durch das Vorhalten dunkler Gläser. Hierbei zeigt sich, wie ich dies oben und auch schon früher¹ hervorgehoben habe, dass die Wahrnehmbarkeit einzelner Punkte mit der durch grössere Objekte (Buchstaben) festgestellten Sehschärfe zwar nicht strikte zu vergleichen ist, wie dies ja in der Natur der Sache liegt, aber doch der Einfluss des verminderten Unterscheidungsvermögens sich auch immer an der verminderten Deutlichkeit einzelner Buchstaben bemerklich macht, wenn die kleinsten Punkte unkenntlich geworden sind, folglich die verminderte Fähigkeit Helligkeitsdifferenzen zu unterscheiden die Deutlichkeit kleiner Punkte nicht mehr beeinträchtigt, als die anderer Objekte.

Man sollte meinen, diese einfachen und jeder Zeit leicht kontrollirbaren Thatsachen müssten ein für alle Mal der Vorstellung ein Ende machen, die Unterscheidung einzelner kleiner Punkte sei keine Leistung des Raumsinnes, sondern des Lichtsinnes. Dass im Uebrigen die Helligkeitsverhältnisse und die von ihnen abhängigen Irradiationserscheinungen auf das Aussehen kleiner, wie grosser Gegenstände, je nach der Versuchsanordnung von mannigfachem Einflusse sind, wird selbstverständlich nicht in Abrede gestellt.

¹ *Arch. f. Augenheilkd.* XXXI, 3, S. 221.