

Von den Gränzen des Sehvermögens.

Von

Prof. A. HUXCK in Dorpat.

(Hierzu Taf. III. Fig. 5.)

So schwierig es auch immer erscheinen mag an organische Kräfte einen Maassstab anzulegen, und die Lebensthätigkeit durch Zahlenwerthe zu bestimmen, so erfordert nichts desto weniger die genauere Untersuchung der Functionen des Körpers eine wenigstens annähernde Bestimmung des Werthes der sich äussernden Kräfte. Indem wir durch vergleichende Messungen die höchste Entwicklung der Lebenskräfte kennen lernen, gelangen wir zu der Gränze, welche das Organ nicht mehr zu überschreiten im Stande ist, und können aus der Art der Beschränkung auf die Natur des Organs schliessen. Die Berichte der Nordfahrer über die ausserordentliche Wärmeentwicklung, deren die Polarmenschen fähig sind, lehren uns die bedeutende Thätigkeit des Hautorgans ebensosehr kennen, wie Blagden's Versuche, bei einer Lufttemperatur auszuhalten, welche der des siedenden Wassers gleichkömmt. Beide Beobachtungen stellen dabei deutlich heraus, mit wie bedeutender Kraft der menschliche Organismus seine eigene Temperatur sich unverändert zu erhalten im Stande ist. Die Beobachtungen ausgezeichnet starker Personen lassen uns in dieser höch-

sten Entwicklung der Muskelkraft auch die Natur der lebendigen Contraction genauer erkennen, welche die bloss mechanische Cohäsion so bedeutend übertrifft. Nicht minder wichtig für die Muskellehre ist die Schnelligkeit, welche in ihren Bewegungen Tänzer und Clavierspieler entwickeln. Ich brauche weiter nur an die berühmten Fresser zu erinnern, die die volle Kraft des Magens entwickelt haben, so wie an die meist weniger bewunderten Trinker, um anzudeuten, wie sich hieraus wiederum der Grad der Thätigkeit ergibt, deren die Drüsen und Schleimhäute im normalen Zustande überhaupt fähig sind.

Mit Recht ist man daher bemüht gewesen, auch die Grenzen der Sinnesthätigkeit zu erforschen. Weber's Beobachtungen haben gezeigt, wie weit die Perceptionsfähigkeit des Tastsinnes reicht, und Savart suchte zu bestimmen, in wie weit das Ohr fähig ist, sehr hohe, sehr tiefe oder sehr rasch aufeinander folgende Töne zu percipiren. Es ist daher ohne Zweifel sehr zeitgemäss, nach den mannichfaltigen interessanten Untersuchungen von J. Müller, Treviranus und Volkmann auch die Thätigkeit des Gesichtssinnes in dieser Beziehung einer Analyse zu unterwerfen und die Grenzen des Sehvermögens festzustellen.

Beim Betrachten eines Gegenstandes richten wir auf denselben die Achse des Augapfels, so dass sein umgekehrtes Bild im Centrum der Netzhaut abgebildet wird. Auf dieses von dem Auge fixirte Bild achten wir nun zwar vorzugsweise, indessen gleichzeitig auch auf die seitwärts neben dem Centrum so wie über oder unter demselben befindlichen. Wir beachten diese seitlichen Objecte im Gesichtsfelde um so eher, je mehr sie sich durch Helligkeit, Farbe, oder gar durch Bewegung kenntlich machen. Man sehe nur starr auf einen Fleck hin, so wird man nichts desto weniger die Bewegungen der Hand seitwärts, ober- und unterhalb leicht wahrnehmen. Die Gränze, bis zu welcher diese seitliche Wahrnehmung, diese *visio obliqua* reicht, ist natürlich auch die Grenze der Gesichts-

ebene. Um den Umfang dieser Ebene, dieses Hohlkugelaugments zu messen, stellte ich das Auge so, dass sich das Centrum des Bulbus (das nach Volkmann's genauen Beobachtungen seine Stellung bei den verschiedenen Bewegungen des Bulbus nicht ändert, daher von ihm Drehpunkt genannt wird) in dem Centrum eines Kreises befand, nach dessen Peripherie hin in Abständen von 5 zu 5 Grad Radien gezogen und mit doppelten Stecknadeln bezeichnet waren. Indem ich nun in der Richtung einer dieser Radien den Blick fixirte, schob ich von der Seite her ein weisses Brettchen vor. Der Punkt an der Peripherie, wo dieses Brettchen bemerkt werden konnte, gab mir die Gränze des Gesichtsfeldes auf dieser Seite. Natürlich richtete ich den Blick dabei so, dass die Umgebungen der Augenhöhle nicht das Gesichtsfeld beengten. Ich fand nach aussen von der Sehachse einen Umfang von 110° , nach innen nur 70° , nach unten 95° , nach oben 85° . Wir übersehen also, wenn wir den Blick in die Ferne richten, 220° des Horizontes. Der Halbkreis von 180° , den wir von oben nach unten übersehen, wird bei horizontal gerichtetem Blicke durch die Braune um $20-25^{\circ}$ beschränkt. — Den Umfang der Bewegungen des Augapfels maass ich auf gleiche Weise und fand, dass ich im Stande war die Augenachse von der Centralrichtung aus nach jeder Seite genau um 45° abzulenken, um ebensoviel aufwärts oder abwärts. Durch eine solche Bewegung wird indess der Gesichtskreis nicht auf volle 310° erweitert, sondern wenn der äussere Orbitalrand die Erweiterung hindert, nur auf 260° . Da sich nach Weber (Mekel's Archiv. 1837. S. 263.) der Kopf nach jeder Seite um 75° drehen kann, so beherrscht der Blick 240° , d. h. mehr als der Gesichtskreis umfasst, während zugleich beim Umdrehen des Kopfes nach rechts und links die äusseren Gränzen der Gesichtskreise beider Augen hinter dem Rücken des sich Umsehenden über einander greifen, und somit der ganze Horizont in den Bereich des Gesichtsorganes tritt.

Damit ein innerhalb des Gesichtskreises befindliches Object

genau gesehen und betrachtet werden könne, muss das Bildchen desselben auf der Netzhaut sehr präcise mit sehr scharfen Umrissen entworfen werden. Es ist bekannt, dass die Verhältnisse der brechenden Medien zu einander sich nach der jedesmaligen Entfernung des betrachteten Objects dergestalt verändern, dass das Bild dieses Objects stets gleich deutlich ist, nur kleiner bei entferntem, grösser bei nahem Objecte. Eine gewisse bestimmte Entfernung vom Auge, in welcher man am deutlichsten sieht, d. h. in der von dem betrachteten Objecte das deutlichste Bild auf der Netzhaut entworfen wird, giebt es nicht. Das gesunde, normal gebildete, nicht kurzsichtige Auge sieht daher alle Gegenstände, namentlich feine Striche und Punkte, in jeder Entfernung scharf begränzt und einfach. Der Sehwinkel, unter welchem ein kleines Pünktchen einem solchem Normalauge in der Nähe verschwindet, ist gleich dem Sehwinkel, unter welchem ein grösserer Fleck in der Ferne unsichtbar wird. Die Deutlichkeit hat indessen ihre Gränze. Man kann nämlich einen Gegenstand dem Auge nicht näher bringen als 4—5 Zoll, sonst erscheint er undeutlich. Für den Fernsichtigen rückt diese Gränze weiter vom Auge ab, für den Kurzsichtigen aber rückt sie näher, und es bildet sich ausserdem für sein Auge noch eine zweite, 8, 10 oder 20—30 Zoll vom Auge entfernte Gränze. Ueber diese hinaus erscheint ihm Alles undeutlich, und wird erst durch die Brille betrachtet so, wie es dem Normalauge ohne Brille erscheint. Zwischen den beiden genannten Gränzen sieht aber der Kurzsichtige eben so deutlich als ein Normalauge. (Das Weitere über diesen Gegenstand findet sich in meiner Schrift: Die Bewegung der Krystalllinse. Dorpat bei Kluge, Leipzig bei Otto Wigand. 1839.)

Wird nun ein also deutlich gesehener Punkt von einem normal gebildeten Auge scharf fixirt und entfernt sich der Beobachter allmählig von dem Objecte, bis dieses verschwindet und die Tafel, auf welcher sich der Punkt oder Strich befindet, durchaus rein erscheint, so ist die Gränze der Ge-

sichtsschärfe erreicht. Diese Gränze lässt sich als kleinster Schwinkel und, mit Hinzuziehung des Radius der Netzhautkrümmung = $5,6'''$, als kleinstes Netzhautbildchen bezeichnen. Aus mehreren Hundert von verschiedenen Individuen angestellten Beobachtungen ergab sich, dass ein weisser, nicht glänzender Punkt auf schwarzem Felde bei 10 Secunden Sehwinkel oder einem Netzhautbildchen von $0,00026''' = 10\frac{1}{5}'''$ verschwindet. Dieses ist noch lange nicht die äusserste Gränze der Perceptibilität, indem ein weisser Strich auf schwarzem Felde unter $2''$ S. W. oder $0,00008$ Bild noch gesehen wird, glänzende Punkte aber, wie z. B. Sterne in unendlicher Entfernung noch sichtbar sind *). Da nun weisse Punkte nur überhaupt als Reiz wirken, so schienen mir schwarze Punkte auf weissem Hintergrunde mit grösserer Sicherheit die Gränze der Gesichtsschärfe anzudeuten. Denn das schwarze Bildchen wird als Mangel des Lichtreizes wahrgenommen, muss also vor allen Dingen vollkommen genau entworfen sein, weil ein nur etwas schattiges Bild nicht mehr eine so isolirte Empfindung erzeugen kann, wie doch anzunehmen ist; ferner muss das Nerventheilchen, welches das schwarze Bildchen aufnimmt, seine Perception für sich und isolirt von den umgebenden Nerventheilchen dem Gehirn zuführen; endlich müssen im Centrum der Netzhaut mehrere eben so feine Nerventheilchen dicht nebeneinander sich befinden, da selbst die geringen Schwankungen der Augenachse seitwärts den Punkt nicht sogleich verschwinden lassen. Es fand sich nun der Sehwinkel, unter welchem schwarze Punkte auf weissem Felde verschwinden = $20''$, das Netzhautbildchen gleich $0,0008''' = 11\frac{1}{5}'''$. — Dieses wäre somit die anzunehmende grösste Dicke der Nervenenden im Centrum der Netzhaut (siehe das Weitere hierüber in der oben angeführten Schrift: die Bewegung der Krystalllinse S. 14.).

*) Volkmann (Neue Beiträge etc. Leipz. 1836. S. 202.) sah einen Spinnfaden von $0,0024'''$ Durchm. auf $21''$ Entf., was ein Netzhautbildchen von $0,00005'''$ giebt.

— Nachdem nun die Gränze der Gesichtsschärfe festgestellt worden, wollen wir auch die Gränze der Unterscheidbarkeit zweier Gesichtsobjecte von einander zu bestimmen sehen. Auch hierzu wählte ich schwarze Punkte oder Striche auf weissem Hintergrunde, von welchen sich der Beobachter so lange entfernte, bis sie mit einander in eins verschmolzen erschienen. Zwei Punkte, die $0,45''$ von einander abstanden, verschmolzen mit einander auf $10'$ Entfernung, was einen Sehwinkel von $1'4''$ und ein Netzhautbildchen von $0,0017''$ giebt. Dasselbe Resultat gaben Striche, die eben so weit von einander abstanden. Nach vielfacher Wiederholung dieser Versuche betrachtete ich die in gestrichelter Manier mittelst einer Maschine gestochenen Münzen, Medaillen und Gemmen in dem trésor de numismatique et de glyptique, Paris 1834. Hier konnte ich Intervallen von $0,0727''$ auf $22''3''$ Entf. noch unterscheiden, also unter einem Winkel von $56,8''$ oder einem Netzhautbildchen von $0,0015''$, ja manche recht sauber mit sehr scharfen Strichen auf recht reiner glatter weisser Fläche abgedruckte noch unter $44,3''$ Sehw. oder $0,0012''$ Bild. In etwas grösserer Entfernung erschien die gestrichelte Fläche grau. Volkmann erkannte zwei Spinnefäden, die $0,0624''$ auseinander standen, auf $7''$ Entf. als doppelt, bei einem Netzhautbildchen von $0,0041''$, ein anderer Beobachter daselbst bei $11''$ Entf. und $0,0026$ Bild. Weisse Striche auf schwarzer Fläche bedurften, um noch als getrennt erkannt zu werden, eines Zwischenraums von $0,0020''$ im Netzhautbilde, d. h. also eines grösseren Zwischenraumes als schwarze Striche auf weisser Fläche.

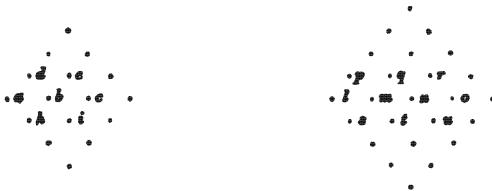
Das Verschmelzen der ganzen Fläche in ein Grau führte mich darauf, farbige Streifen neben einander zu betrachten, und so erschienen denn gelbe Streifen auf rother Fläche orange bei einem Netzhautbilde von $0,001''$, ebenso gelbe Streifen auf blauer Fläche grün. Ja, um überhaupt die Farbe eines kleinen Objects unterscheiden zu können, dazu bedarf es eines Netzhautbildes von $0,00155''$ oder eines Sehwinkels von

57", denn kleine farbige Quadrate von 1" Durchmesser auf schwarzem oder weissem Hintergrunde unterschied ich ihrer Farbe nach noch auf 25' Entfernung. — Es trifft also die Gränze der Unterscheidbarkeit mit der Gränze der Unterscheidung der Farbe zusammen.

Um nun aber weiter an einem kleinen Gesichtsobjecte auch die Form zu bestimmen, dazu reicht der bisherige Sehswinkel nicht hin. Ein Quadrat von 1,2" Durchmesser wurde auf 11' noch erkannt, also unter einem Sehswinkel von 2' 35" oder einem Netzhautbilde von 0,00424". Eben so wurde ein schiefer Strich von 1,5" Länge auf 13' noch als schief erkannt, unter 2' 45" Sehswinkel oder 0,0045" Bild. Dieses scheint also in der That nach vielfacher Wiederholung der Versuche die Gränze der Formbestimmung zu sein, denn nur selten gelang es, die Form bei 0,0032" Bild zu bestimmen. Und hieraus lässt sich nun auch die Gränze berechnen, bis zu welcher das Auge fähig ist, eine Druckschrift zu lesen. Ich las z. B. Doppelmittel (versteht sich für mein Auge mittelst einer passenden Brille) auf 13' Entfernung. Die Breite der Buchstaben beträgt hiebei 1,5", was ein Netzhautbild von 0,0045" giebt, übereinstimmend mit der Gränze der Formbestimmung. Zu gleicher Zeit betragen aber die Zwischenräume innerhalb der Buchstaben 0,5", was ein Netzhautbild von 0,0015" giebt, übereinstimmend mit der Gränze der Unterscheidbarkeit, und es scheint gerade in dem richtigen Verhältnisse dieser beiden Dimensionen der angenehme Eindruck zu beruhen, den eine solche Druckschrift auf das Auge macht. Stellen wir nun diese Beobachtungen zusammen, so ergibt sich als Gränze der Gesichtsschärfe ein Sehsw. von 20", ein Bild von 0,0008", als Gränze der Unterscheidbarkeit ein Sehsw. von 57", ein Bild von 0,0015", als Gränze der Formbestimmung ein Sehsw. von 2' 45", ein Bild von 0,0045". Dürften wir also, wie oben bemerkt, annehmen, dass die feinsten Nervenenden der Netzhaut, die noch einer isolirten Leitung der Empfindung fähig sind, 0,0008" Durchmesser haben,

so würde die Unterscheidung zweier Gesichtsobjecte darauf beruhen, dass ein zwischen liegendes Nervenende nicht afficirt würde. Ist dieser Schluss richtig, so entstände aus zwei Farben für die Empfindung eine Mitteltinte, sobald zwei nebeneinander liegende Nervenenden von verschiedenen Farben berührt würden. Dieses könnte indessen nur für das Sehen gefärbter beleuchteter Flächen gelten, nicht für farbiges Licht, weil es, ungleich heller abstechend gegen den Hintergrund, auch bei unendlich kleinen Bildchen seine Farbe behält.

Nach dem Obigen fände somit eine consensuelle Affection derjenigen Nervenfasern statt, die dem von den Bildchen berührten zunächst anliegen. Dieses könnte uns vielleicht dazu dienen, die Frage zu beantworten, weshalb es zur Wahrnehmung der Form eines Objects oder, was dasselbe ist, der Richtung einer Linie, einer Affection von wenigstens 4—5 nebeneinander liegenden Nervenfasern bedarf. Es ist nämlich erst dann die consensuelle Affection der benachbarten Nervenfasern nach der einen Richtung überwiegend über die nach der andern Richtung.



Stellen wir uns vor, dass das Netzhautbildchen nur die drei Nervenfasern *a b c* der ersten Figur berührt, so würden *d e* und *h i* consensuell afficirt, und wir hätten einen Kreis, einen Fleck, somit also auch die Empfindung von einem Flecken. Lassen wir dagegen in der anderen Figur *l m n o* afficirt werden, so würde bei der consensuellen Affection der benachbarten Fasern *p q r* und *s t u* doch noch immer ein längliches Bild empfunden werden. — Wie sehr das Erkennen der Form von der consensuellen Affection benachbarter Ner-

venfasern abhängt, zeigt sich bei vergleichender Betrachtung eines schwarzen Quadrats auf weissem Grunde, das bei 0,0040''' bis 0,0045''' Bild noch erkannt wird — mit einem weissen Quadrate auf schwarzem Grunde, zu dessen genauerer Unterscheidung es eines Netzhautbildes von 0,0058''' bedarf. Hierbei erlaube ich mir zu bemerken, dass die Gränze, bis zu welcher wir im Stande sind, die Abweichung in der Richtung der Augenhaxe, oder, was dasselbe ist, die überwiegende Thätigkeit eines Augenmuskels über seinen Antagonisten noch wahrzunehmen, nach früheren von mir angestellten Beobachtungen (siehe die Achsendrehung des Auges, Dorpat bei Kluge, Leipzig bei O. Wigand. 1838. S. 25.) — ebenfalls nur 0,005''' im Netzhautbilde beträgt.

Die bisherigen Beobachtungen betrafen nur die Energie der Netzhaut im Centrum des Gesichtsfeldes, durch welches wir freilich vorzugsweise die Gegenstände betrachten. Es wurde indessen schon zuerst bemerkt, dass man, einen Punkt mit der Sehachse fixirend, nichts desto weniger auch, ohne das Auge hinzuwenden, auf Gegenstände zu achten vermag, die seitwärts im Bereiche des Gesichtsfeldes sich befinden. Verschiedene Versuche lassen auch in Bezug auf das Erkennen dieser seitlichen Objecte die Gränze des Sehvermögens bestimmen. Ehe wir jedoch diese betrachten, verdient erwähnt zu werden, dass uns seit Mariotte eine Gegend im Gesichtsfelde jedes Auges als nicht sehend bekannt ist. Nach wiederholten Messungen und Beobachtungen fand ich die Form dieses Fleckens oder vielmehr dieser nicht sehenden Stelle für meine Augen, und gebe sie in beiliegender Zeichnung, Taf. III. Fig. 5., um die Hälfte verkleinert. Diese entwarf ich zuerst so: ich richtete mein Auge auf einen Punkt, und führte dann die markirte schwarze Spitze einer ganz weissen Bleifeder seitwärts nach aussen von dem fixirten Punkte an den Rändern der nicht sehenden Stelle hin. Sodann kehrte ich den Versuch um, liess den Punkt seitwärts und blickte auf das weisse Papier, bis jener Punkt c aus dem Seh-

felde verschwand. Ich bezeichnete nun die Stelle wo der Punkt zu verschwinden anfang, *b*, sodann die, wo er wieder sichtbar wurde, *a*, dann ging ich soweit herab mit der Augenchse, bis bei *g* der Punkt wieder sichtbar wurde, endlich hinauf bis *h*. Da zeigte sich dann eine ovale Figur mit auslaufenden Verlängerungen. Die Breite dieser Figur beträgt im Netzhautbilde 0,4397". Um den Umfang desselben und die Entfernung vom Centrum nach Graden zu bestimmen, benutzte ich die vorhin erwähnte in Graden eingetheilte Tafel, indem ich den Drehpunkt meines Auges in den Mittelpunkt des Kreises stellte. Auf diese Weise fand ich den Mariotte'schen Fleck auf dem rechten Auge 14 Grad oder 1,3678" vom Centrum entfernt und $4\frac{1}{2}$ Grad breit, auf dem linken Auge $12\frac{1}{2}^\circ$ oder 1,2212" vom Centrum entfernt. Mariotte (*Oeuvres* Leyd. 1771 p. 496.) sah einen fussgrossen Fleck auf 10 Fuss Entfernung 2 Fuss vom Centrum verschwinden. Brewster (*Frör. Not. Bd. 36. S. 241.*) fand den Fleck 14° seitwärts von dem Punkte des deutlichsten Sehens und 7° unter der Horizontalebene. Purkinje's (*Beiträge S. 89.*) und Müller's (*Physiologie Bd. 2. S. 380.*) Beobachtungen über die Aderfiguren im Auge bestätigen diesen Anfang der die Netzhaut durchziehenden Gefässe, so dass es also keinen Zweifel leidet, der nichtsehende Fleck entstehe durch das Eintreten der Gefässe. Obwohl nun selbst stark leuchtende Gegenstände im Bereiche der bezeichneten Stellen nicht gesehen werden, so erscheint die Stelle doch nicht als Fleck, wie dieses doch bei beginnender Amblyopie an einzelnen Stellen der Netzhaut der Fall ist, sondern eine weisse Tafel erscheint an der Stelle des Fleckens ebenfalls weiss, eine schwarze schwarz. Ja selbst Umrisse werden, wo sie durch die nicht sehende Stelle gehen, ergänzt. Beachtet man einen Strich, der seitwärts von der Sehachse durch jene Stelle geht, so erfordert es eine grosse Aufmerksamkeit zu bemerken, dass er daselbst unterbrochen sei. Ebenso glauben wir die Ecke eines Quadrats, die gerade auf jene Stelle fällt, zu sehen, obwohl diese Ecke in der That

nicht empfunden wird. Es ist hier offenbar eine ergänzende Thätigkeit der Vorstellung rego. Diese Thätigkeit der Vorstellung und der Umstand, dass beim Sehen mit zwei Augen, die dasselbe Bild auffangende Stelle im anderen Auge nach aussen vom Sehnerven liegt und sieht, sind der Grund, weshalb man für gewöhnlich den Mariotte'schen Fleck nicht bemerkt.

Abgesehen also von der Eintrittsstelle der Vasa centralia retinae ist die Netzhaut im übrigen Gesichtsfelde überall empfänglich für die Bilder der Objecte. Wie nun diese Empfänglichkeit von dem Centralpunkte aus nach der Seite hin allmählig abnimmt, beobachtete ich so: Ich stellte wieder den Drehpunkt meines Auges in das Centrum jenes mit Radien bezeichneten Kreises.. Indem ich nun eine Stecknadel fixirte, brachte ich seitwärts ein kleines Object (schwarze Flecke auf einer weissen Tafel) so an, dass ich es deutlich sehen konnte. Nun richtete ich das Auge so, dass der Gradbogen zwischen seiner Achse und der Richtungslinie des Objects grösser wurde, und rückte in dieser Ablenkung des Auges allmählig fort, bis der Gegenstand verschwand; dann maass ich wieder die Entfernung des Objects vom Auge so wie seinen Durchmesser, und berechnete daraus die Grösse des Netzhautbildes. — Bei etwas bedecktem Himmel erhielt ich folgende Resultate.

Objecte im Durchmesser:

0,35''' verschw. auf 1° seitl. Abweich. bei 10' 8" Entf. 0,0012 Bild.

—	-	2°	-	-	8' 2"	-	0,0016	-
—	-	3°	-	-	7'	-	0,0019	-
—	-	4°	-	-	6'	-	0,0023	-
—	-	5°	-	-	5' 7"	-	0,0024	-
1,7'''	-	8°	-	-	12' 10"	-	0,0051	-
—	-	10°	-	-	12' 5"	-	0,0053	-
—	-	14°	-	-	11'	-	0,0060	-
—	-	16°	-	-	10' 6"	-	0,0063	-
—	-	17°	-	-	9' 6"	-	0,0069	-
—	-	19°	-	-	8' 6"	-	0,0077	-
—	-	21°	-	-	7' 6"	-	0,0088	-
—	-	23°	-	-	7'	-	0,0094	-

Objecte im Durchmesser:

$2,5'''$ verschw. auf 25° seitl. Abweich. bei $7'$	Entf. 0,0130 Bild.
— - - 27° - - - $6'$	- 0,0161 -
— - - 29° - - - $5' 3''$	- 0,0185 -
— - - 30° - - - $4' 6''$	- 0,0214 -
— - - 33° - - - $4'$	- 0,0243 -
— - - 40° - - - $3' 6''$	- 0,0270 -
— - - 50° - - - $2' 10''$	- 0,0340 -

Stellen wir nun neben diese Reihe verschwindender Objecte einige Versuche über das Unterscheiden zweier Striche von einander seitwärts von dem Centrum:

Striche die

$0,75'''$ v. einand. u. $12'$	v. Auge standen auf $\frac{1}{2}^\circ$ seitw. 0,0024''' Netzhauth.
$1,2'''$ - - - - - 2°	- 0,0039''' -
$1,5'''$ - - - - - 6°	- 0,0048''' -
$2,9'''$ - - - - - 8°	- 0,0094''' -
$1,2'''$ - - - $2' 10''$ - - - 11°	- 0,0220''' -
$7,5'''$ - - - $12'$ - - - 14°	- 0,0243''' -
$7,5'''$ - - - $8' 2''$ - - - 20°	- 0,0357''' -

Heben wir aus diesen Versuchen den bei 14° und den bei 20° Abweichung heraus, so zeigt sich im Vergleich mit den Beobachtungen aus der ersten Reihe bei gleicher Abweichung, dass das Bild der beiden Striche viermal grösser sein muss als das des verschwindenden Objectes, damit die Striche noch als getrennt wahrgenommen werden. Ueberhaupt aber ist es bei der Visio obliqua ungleich schwieriger als bei der Visio directa zu bestimmen, wann der Moment des Vermischens der beiden Striche mit einander eintritt.

Beobachten wir nun auch die Form der Objecte mittelst der Visio obliqua, so wurde ein Quadrat, das

$1''$ im Durchm., auf $8' 2''$ Entf. u. 10° seitl. Abweich. bei $0,055'''$ Bild	
$1''$ - - - $6' 9''$ - - 14° - - -	- 0,069''' -
$1' 6'''$ - - - $8' 2''$ - - 17° - - -	- 0,085''' -
$1' 6'''$ - - - $6' 9''$ - - 22° - - -	- 0,103''' -
$3''$ - - - $8' 2''$ - - $25''$ - - -	- 0,171''' -
$3''$ - - - $6' 9''$ - - $35''$ - - -	- 0,207''' -

erkennt.

Wenn wir aus diesen Beobachtungen die bei 14° und bei 25° herausheben, so ist das zum Erkennen der Form nöthige Bild 10 Mal grösser als das, welches die Gränze der Sichtbarkeit bestimmte.

Da der Einfluss der Faserung der Netzhaut auf ihre Perceptibilität überhaupt noch ungewiss ist, so lässt sich um so weniger bei der Visio obliqua hierüber etwas feststellen, da diese keine hinreichend genauen Beobachtungen zulässt. Dennoch kann ich nicht umhin, das Verhältniss, in welchem sich die Netzhaut vom Centrum nach der Peripherie zu ausbreitet, mit dem Verhältnisse, in welchem die Breite des Bildes eines noch sichtbaren Punktes zunimmt, hier zusammenzustellen.

Nennen wir den zu berechnenden Breitengrad $=\beta$ und r den Radius der Netzhautkrümmung, so ist $\frac{r \propto \cos. \beta}{180} =$ der

Breite eines Grades auf einem das Netzhautcentrum als Pol gedacht concentrisch umgebenden Kreise. Also bei 5° Entfernung vom Centrum (oder 85° der Breite vom Aequator) beträgt die Ausdehn. eines Grades 0,00085''' das Bild n. d. Tab. 0,0024'''

bei 14°	-	-	-	0,00236	-	-	-	0,0060
- 25°	-	-	-	0,00413	-	-	-	0,0130
- 50°	-	-	-	0,00748	-	-	-	0,0340

Es gehen also beinahe 4 Grade des Kreises auf einen empfindungsfähigen Punkt, was freilich eine sehr geringe Perceptibilität an den äussersten Gränzen der Netzhaut erwarten lässt.

Diese geringere Empfänglichkeit der vom Centrum entfernten Theile der Netzhaut ist sich ringsum ziemlich gleich — doch fand ich den oberen so wie den inneren Theil der Netzhaut im Ganzen etwas empfänglicher als den unteren und ~~inneren~~ ^{äusseren} Theil, so dass also die nach aussen befindlichen Objecte um ein Geringes besser gesehen werden; dennoch bleibt es immer sehr schwierig, wenn man die Aufmerksamkeit auch anhaltend auf einen solchen seitlichen Gegenstand richtet, ihn zu erkennen, zumal da auch die Farbe des Objectes je weiter vom Centrum, um so ungewisser wird. Ein grünes Quadrat

von 2" 4'" Durchmesser wurde auf 12' Entf. und 13° Abweichung nicht mehr für grün erkannt; ein blaues Quadrat von gleicher Grösse auf 18° Abweichung, ein gelbes auf 25° — ein blauer Papierbogen konnte auf 40° Abweichung kaum als blau unterschieden werden, dagegen ein rother so wie ein gelber Papierbogen noch auf 70° Abweichung farbig erschienen — weiter hinaus war nur noch eine Unterscheidung von Hell und Dunkel möglich. — Es würde eine neue Reihe von Beobachtungen erfordern, um zu ermitteln, in wie fern das Farbensehen von dem geringeren Unterscheidungsvermögen der Netzhaut abhängt.

So wenig wir aber auch im Stande sind, mittelst der *Vie obliqua* unbekannte Objecte richtig zu erkennen, so leicht und rasch sehen wir bereits bekannte Gegenstände, die seitwärts liegen. Ja es ist die Schnelligkeit, mit welcher das Auge die das Centrum zunächst umgebenden Bilder beachtet, so ausserordentlich, dass sie vorzugsweise auf die Natur des Sehprocesses ein helleres Licht zu werfen verspricht; es darf diese Thätigkeit daher hier bei Betrachtung der Gränzen des Sehvermögens nicht ausser Acht gelassen werden.

Sobald das Auge einen Gegenstand fixirt und sein Bild auf der Netzhaut entworfen ist, so haben wir in demselben Momente auch die Empfindung von diesem Bilde, das unbeweglich auf der einmal eingenommenen Stelle der Netzhaut beharrt, und in dieser einen Eindruck hinterlässt, welcher, wie es aus der Beobachtung einer geschwungenen Kohle, einer gedrehten Scheibe, des Stroboscops u. s. w. bekannt ist, $\frac{1}{4}$ Secunde dauert. Wenden wir nun den Blick von dem erst betrachteten auf einen andern, so wird auch dieser eben so rasch empfunden, ohne dass der Eindruck des ersten Bildes, wenn dieses nicht etwa sehr hell erleuchtet war oder sehr lange fixirt wurde, den folgenden Eindruck stört. Es muss also in der Zwischenzeit von einem Blicke zum andern $\frac{1}{4}$ Secunde verstrichen sein, in welcher Zeit der erste Eindruck verschwand. Diese Zwischenzeit ist die der Bewegung des Auges, während

welcher alle Bilder der zwischenliegenden Objecte rasch sich nach einander über die Netzhaut hinbewegen; so rasch, dass sie gar keine Empfindung hervorzubringen im Stande sind. Um zu bestimmen, wie viel Mal das Auge innerhalb einer Secunde seine Richtung verändern könne, zählte ich nach der Secundenuhr eine Reihe kleiner Punkte mit den Augen, zu wiederholten Malen und so rasch, als ich's nur irgend im Stande war, doch jeden Punkt einzeln fixirend. Es kamen immer nur drei Punkte auf die Secunde. Da nun zuerst bemerkt wurde, dass nur $\frac{1}{4}$ Secunde auf jede zwischen zwei Blicken stattfindende Bewegung des Auges gerechnet werden kann, so würde also bei dem möglichst schnellen Fixiren von einer Reihe von Objecten jedesmal das Bild auch nur $\frac{1}{4}$ Secunde auf der Netzhaut zu verweilen Zeit haben. (Nach Plateau — Müller's Physiol. Bd. II. S. 363. — dauern die Gesichtsempfindungen 0,32—0,35 Secunden über den Gesichtseindruck; da hierbei die Bewegung nicht gerechnet worden, so trifft dieses mit unserer Auseinandersetzung überein.) Es fragt sich nun, wieviel das Auge in jener Sechstelsecunde von den auf der Netzhaut entworfenen Bildern wahrzunehmen im Stande ist. Dieses lässt sich einigermaßen aus der Schnelligkeit berechnen, mit der man liest. Ich konnte in 45 Secunden 24 Zeilen lesen, die 1680 Buchstaben enthielten, also 37 Buchstaben in der Secunde. Da in der Secunde nur 3 Blicke möglich sind, so kommen 12 Buchstaben auf jeden Blick. Diese 12 verschiedenen Formen werden nicht ganz gleichzeitig, sondern nur sehr rasch nach einander in dem Zeitraume von $\frac{1}{4}$ Sec. beachtet, es bleibt somit für jeden Buchstaben $\frac{1}{12}$ Sec. als Maximum der Schnelligkeit des Sehens. Leidet indessen das Auge an einer zu grossen Reizbarkeit, so haftet der Eindruck länger als $\frac{1}{4}$ Sec., wirkt daher störend beim raschen Fortbewegen des Blicks, und zwingt zu einer langsameren Bewegung, einem seltneren Wechsel.

Dieses sind die Gränzen, welche dem Gesichtssinne durch die Natur seines Organs gesteckt sind. Es zeigt sich nun seine

Energie in der Art, wie es sich innerhalb dieser gegebenen Gränzen bewegt, wie lange das Auge, ohne zu ermüden, anhaltend auf einem Objecte zu haften, wie rasch es sich von einem zum andern zu bewegen vermag — ob es also Ausdauer, ob Schnelligkeit besitze — ob die Aufmerksamkeit rasch das Gesichtsfeld überfliegt, oder ob sie nur wenige Punkte bei einem Punkte aufzufassen im Stande ist. Diese Momente hängen mit der Natur des Auges, ja mit den Lebensäusserungen des ganzen Körpers auf das innigste zusammen, und sprechen sich auch objectiv im menschlichen Blicke aus.

