

(Aus der physikalischen Abteilung des physiologischen Instituts  
der Universität Berlin.)

## Über Fixation im Dämmerungssehen.

Von

RICHARD SIMON in Berlin.

Die Tatsache, daß lichtschwache Punkte nicht zentral, sondern mit einem parafovealen Netzhautpunkt fixiert werden, ist seit langem bekannt und durch die neueren Untersuchungen über Stäbchen- und Zapfensehen unserem Verständnis nähergerückt worden. Genauere Bestimmungen über die Stellung des Auges im Dämmerungssehen scheinen dagegen noch nicht vorzuliegen. Zwar hat CHRISTINE LADD-FRANKLIN<sup>1</sup> gefunden, daß von einer Anzahl durch Leuchtfarbe hergestellter Lichtpunkte, die in einem völlig dunklen Raume ganz hell erschienen, immer einer unsichtbar war, und daß die Lage des verschwundenen Punktes zu dem jeweils „fixierten“ bei verschiedenen Personen verschieden war, sowohl nach Richtung wie nach Größe des Abstandes. Aber auch hier fehlen nähere Angaben über die Lage der beiden Punkte zueinander und vor allem darüber, ob sie bei derselben Person zu verschiedenen Zeiten dieselbe oder eine wechselnde war. Auf Herrn Prof. NAGELS Veranlassung ging ich an eine Prüfung dieser Frage, bei der zu untersuchen war, ob im Dämmerungssehen stets derselbe Punkt eingestellt wird, also gewissermaßen eine vikariierende Macula sich ausbildet, oder ob zu verschiedenen Zeiten verschiedene Netzhautpunkte zur Fixation benutzt werden, wovon deren Wahl eventuell

<sup>1</sup> A. KÖNIG. Über den menschlichen Sehpurpur und seine Bedeutung für das Sehen. Sitzungsber. der Kgl. preufs. Akademie der Wissenschaften. 1894, XXX, S. 589. Auch: Gesammelte Abhandlungen, S. 353.

abhängt, schliesslich, ob vielleicht überhaupt ein ruhiges Fixieren gar nicht stattfindet, sondern nystagmusartige Bewegungen auftreten.

Die meisten Untersuchungen wurden an einem der MADDOX-schen Sehkammer<sup>1</sup> nachgebildeten Apparat angestellt. An einem innen geschwärzten Kasten fehlte die eine Wand. Vor dieser Öffnung befand sich, durch ein Beißbrett fixiert, der Kopf des Beobachters, von dem alles seitliche Licht durch ein Tuch abgehalten wurde. In der gegenüberliegenden Wand des Kastens befanden sich drei Öffnungen, deren mittelste, die zur Fixation benutzt wurde, feststand. Die beiden seitlichen, von denen infolge Anbringung einer Scheidewand die rechte nur dem rechten, die linke dem linken Auge sichtbar war, waren nach Höhe und Breite verschieblich und dienten zur Bestimmung der Grenzen des blinden Flecks. Aus der veränderten Lage desselben im Dämmerungssehen im Vergleich zur Helladaptation ergab sich mit Leichtigkeit die Stellung des Auges. Die Beleuchtung der Öffnungen liess sich in weiten Grenzen abstufen und für die Fovea über-, resp. unterschwellig machen.

Die monokulare Prüfung ergab nun folgendes. War die Fixationsöffnung so wenig beleuchtet, dass sie foveal unsichtbar war, so konnte ich sie — nach genügender Adaptation — durch Einstellung irgendeiner peripheren Netzhautstelle mittels willkürlicher Drehung des Auges nach den verschiedensten Richtungen zur Perzeption bringen. Das Objekt zeigte dabei natürlich keine Scheinbewegung, da das Hinüberwandern des Bildes auf periphere Teile der Netzhaut durch die Empfindung der Augenbewegung kompensiert wurde. Auch hatte ich dabei nicht das Gefühl der „Fixation“, so wenig wie bei peripherer Betrachtung eines Gegenstandes mit dem Hellauge. Dieses Gefühl der Fixation trat nur dann auf, wenn das Auge unwillkürlich eine Lage einnahm, die das Bild auf eine für den schwachen Reiz empfindliche Netzhautstelle brachte. Über die tatsächliche Stellung des Auges war ich dabei gänzlich im unklaren. Erst der Nachweis des blinden Flecks gab Aufschluss über die Richtung des Abweichens, die, wie zahlreiche Versuche immer wieder ergaben, für jedes Auge im grossen ganzen stets dieselbe, für

---

<sup>1</sup> E. MADDOX. Die Motilitätsstörungen des Auges. Deutsch von Dr. W. ASHER. Leipzig 1902, S. 274.



beide Augen aber voneinander verschieden war, und zwar wich das rechte Auge nach aufsen und etwas mehr oder weniger oben ab, fixierte also mit einer aufsen oben von der Fovea gelegenen Netzhautstelle, während das linke Auge fast gerade in die Höhe ging, nur minimal nach rechts oder links abweichend, d. h. mit einer fast direkt oberhalb der Fovea gelegenen Stelle fixierte. Eine andere, weiter unten beschriebene Untersuchungsmethode bestätigte dieses Ergebnis. Wodurch diese Verschiedenheit bedingt ist, wovon die Richtung der Abweichung überhaupt abhängt, vermag ich nicht mit Sicherheit zu sagen. Da ich an einer Schwäche des rechten Rectus superior und, vielleicht als Folge davon, an linksseitiger Hyperphorie leide, liegt der Gedanke nahe, daß gewisse Eigenschaften des Augenmuskelsystems auf die Stellung des Auges beim Dämmerungssehen von Einfluß sind.

Eine vikariierende Macula, d. h. eine dauernd bevorzugte Stelle für das Fixieren im Dämmerungssehen, bildet sich nicht aus. Umstände, die beständig wechseln, sind vielmehr von Einfluß auf den Grad der Ablenkung des Auges. Hierher gehört der Adaptationszustand. Während beim ersten Auftauchen des Objektes die Abweichung von der Gesichtslinie ziemlich beträchtlich ist, nimmt sie schon nach kurzer Adaptation bedeutend ab, um mit dem weiteren Fortschreiten derselben noch geringer zu werden. So war bei einer gewissen foveal unterschwelligem Helligkeit des Fixierzeichens die Abweichung nach ca. 10 Minuten Adaptation ungefähr noch  $2^{\circ}$ , nach weiteren 10 Minuten ungefähr  $1\frac{1}{2}^{\circ}$ , am Ende der ersten Stunde nur noch ca.  $1^{\circ}$ . Den gleichen Einfluß wie die zunehmende Adaptation hat — bei gleichem Adaptationszustand — gröfsere, dabei aber für die Fovea immer noch unterschwellige Helligkeit des Objektes. Betrug bei einem bestimmten Adaptationszustand bei recht schwacher Beleuchtung die Abweichung z. B.  $2\frac{1}{2}^{\circ}$ , so ging sie bei etwas stärkerer auf  $1\frac{1}{2}^{\circ}$  zurück, um bei Herabsetzung der Beleuchtung wieder zu wachsen usw. Es gibt dabei wohl das eine Mal die gröfsere Empfindlichkeit weiter peripher gelegener, das andere Mal die bessere Sehschärfe der mehr zentral gelegenen Teile der Netzhaut den Ausschlag.

Es war noch die Frage zu beantworten, ob beim Dämmerungssehen ruhige Fixation möglich ist oder nystagmusartiges Zittern eintritt. Letzteres liefs sich schon mit der bisher be-

nutzten Methode ausschließen. Geeigneter aber erwies sich ein anderes Vorgehen. Erzeugte man nach genügender Dunkeladaptation durch zwei gekreuzt stehende Glühlampen mit geradem Kohlenfaden ein kreuzförmiges, genau zentral liegendes Nachbild, so war aus der gegenseitigen Lage des Objektes und des Nachbildes in dem sonst dunkeln Gesichtsfeld die Stellung des Auges leicht zu bestimmen. Um ein genau zentral liegendes Nachbild zu erhalten, mußte die Fovea natürlich genau auf den Schnittpunkt der Glühfäden eingestellt werden, was leicht gelang, wenn man die Fäden erst schwach, aber doch foveal überschwellig, anglühte, dann plötzlich für einige Sekunden zum hellsten Leuchten brachte. Daß die Mitte des Nachbildes wirklich mit der Fovea zusammenfiel, war leicht nachzuweisen. Erschien der schwach belichtete nur extrafoveal sichtbare Punkt zunächst entfernt von der Mitte des Nachbildes und erhellte man ihn dann plötzlich so stark, daß er foveal gut sichtbar wurde, so stellte sich das Auge sofort in die gewohnte Fixationslage, Objekt und Schnittpunkt des kreuzförmigen Nachbildes fielen aufeinander. Diese Methode ist viel leichter und für die meisten Bestimmungen auch sicherer als die Untersuchung mit Hilfe des blinden Flecks.

Es zeigte sich auch hierbei die gleiche Verschiedenheit in der Stellung beider Augen im Dämmerungssehen, die ich schon vorher konstatiert hatte. Das Nachbild des rechten Auges stand stets nach außen und mehr oder weniger oben vom Objekt, das des linken Auges direkt nach oben, bisweilen auch noch eine Spur nach links oder rechts. Eine nicht so starke, aber doch deutliche und bei allen Untersuchungen in gleicher Weise auftretende Verschiedenheit fand sich auch bei Herrn Professor NAGEL.

Einen echten Nystagmus oder eine auch nur entfernt daran erinnernde Bewegung des Bildes konnten wir, wie gesagt, auch mit dieser Versuchsanordnung mit Sicherheit ausschließen.

Dagegen machte sich eine doppelte Ortsveränderung des Bildes bemerklich. Die eine ist leicht verständlich. Nach Hervorrufung des Nachbildes sieht man zunächst von dem Lichtpunkt nichts. Aber bald tritt er wieder auf an einer von der Fovea ziemlich weit entfernten Stelle, um nach kurzer Zeit wieder näher an diese heranzurücken. So bemerkte bei einigen Versuchen Herr Prof. NAGEL das erste Auftauchen des Punktes ca.



10° von der Fovea entfernt. Nach kurzer Beobachtung waren es nur noch ca. 3°. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß das Auge infolge der Blendung erst gar nichts sieht, bei Nachlaß der Adaptationsstörung zunächst mit einer für schwache Lichtreize empfindlicheren, d. h. von der Fovea etwas weiter abliegenden Stelle, noch später, bei vollkommener Wiederherstellung der Adaptation, mit einer möglichst zentral gelegenen.

Die zweite, viel schwieriger zu deutende Ortsveränderung besteht in einem Schwanken des leuchtenden Punktes, das nach einiger Zeit der Beobachtung auftritt, bei verschiedenen Personen scheinbar in verschiedener Stärke, was möglicherweise von der größeren oder geringeren Übung in der Fixation eines foveal unterschwelligen Lichtpunktes abhängt. Dieses Schwanken des Bildes kann bedingt sein durch Bewegungen des Auges. Schon dem Hellauge ist es äußerst schwer, einen kleinen Punkt auf gleichmäßigem Grund dauernd festzuhalten. Die bald eintretende Ermüdung der Muskeln macht sich in leichten Exkursionen des Auges bemerklich, die aber nicht im geringsten nystagmusartigen Charakter haben, so wenig wie das im Dämmerungssehen beobachtete Schwanken, welches natürlich weit leichter auftreten muß, da hier nicht ein Punkt deutlichsten Sehens, sondern zahlreiche ungefähr gleichfunktionierende Netzhautstellen vorhanden sind.

Ebensogut ist es aber auch möglich, daß es sich nur um eine sog. autokinetische Empfindung handelt, die von SCHWEIZER<sup>1</sup> allerdings ebenfalls durch unwillkürliche Augenbewegungen erklärt, von EXNER<sup>2</sup> aber als eine Täuschung bei ruhendem Blick aufgefaßt wurde. Mit dieser Auffassung ist es aber schon schwer vereinbar, daß Leuchtpunkt und Nachbild fast stets verschiedene, d. h. bald sich einander nähernde, dann wieder fliehende Richtung hatten. Ganz unmöglich ist sie für folgende

<sup>1</sup> SIGM. EXNER. Über autokinetische Empfindungen. *Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorg.* 12, 326.

<sup>2</sup> l. c. S. 329. „Kleine oder lichtschwache Objekte, auf der Netzhaut abgebildet, geben unvollkommene Lokaleindrücke so, als würden auch die dem Bilde benachbarten Stellen der Retina von ihnen affiziert werden (Aktionskreis eines Netzhautindrucks). Wird ein solches Bild durch längere Zeit auf dem Orte des deutlichsten Sehens festgehalten, so zeigt sich diese Fernwirkung, indem es den Eindruck erweckt, als würde es sukzessive an verschiedene Orte dieser Nachbarschaft hinwandern, so daß man glaubt, das Objekt mache schwankende Bewegungen (Punktschwanken).“

Beobachtung bei Benutzung der ersten Methode. Ich stellte den seitlichen verschieblichen Punkt so, daß er gerade am medialen Rand des blinden Flecks verschwand. Fing nun der Fixationspunkt an, leichte Schwankungen zu machen, so tauchte, wenn sie nicht gerade vertikal, sondern in seitlicher Richtung erfolgten, der laterale Punkt bisweilen auf, um dann wieder zu verschwinden, was sich unmöglich anders als durch leichte Bewegungen des Auges erklären läßt. Erfolgen nun diese Augenbewegungen unabsichtlich und ohne zum Bewußtsein zu gelangen, so muß sich die Verschiebung des Bildes auf der Netzhaut als eine Bewegung des Objektes geltend machen. Wie leicht solche nicht zur Perzeption gelangenden Augenbewegungen eintreten, davon kann man sich auch sehr schön überzeugen, wenn man den Leuchtpunkt in der Fovea zum Verschwinden bringt und sich bemüht, diese Augenstellung festzuhalten. Von Zeit zu Zeit, ohne daß man sonst merkt, daß sich das Auge verschoben hat, tritt der Punkt wieder ins Gesichtsfeld ein, um dann durch eine intendierte und also auch zum Bewußtsein gelangende Bewegung wieder zu verschwinden. Die Behauptung EXNERS<sup>1</sup>, daß „das erste, was bei solchen Beobachtungen auffällt, die Leichtigkeit ist, mit der die Fixation festgehalten wird“, scheint mir keineswegs bewiesen und nicht zutreffend zu sein.

Mit obiger Auffassung läßt sich sehr gut in Übereinstimmung bringen, daß die autokinetische Empfindung um so lebhafter wird, je lichtschwächer der Punkt ist, was EXNER<sup>2</sup> allerdings auch für seine Ansicht verwerten zu können glaubt. Und ferner die Beobachtung, daß kleine willkürliche Blickbewegungen die Erscheinung sofort zum Verschwinden bringen<sup>3</sup>, da sich hierbei Verschiebung des Bildes und die entgegengesetzte, zum Bewußtsein gelangende Verschiebung des Auges kompensieren.

Eine einzige Beobachtung EXNERS läßt sich durch die Annahme von Augenbewegungen nicht erklären. Auf weißem Grund war ein dunkler Fleck, der zentral einen Lichtpunkt hatte. Dieser wie der dunkle Fleck zeigten Scheinbewegung, aber nicht gleichsinnig, wie zu erwarten war, wenn sie von Augenbewegungen herrühren sollte. Ich konnte den Versuch in dieser Form nicht nachprüfen. Eine ähnliche Anordnung ergab

<sup>1</sup> l. c. S. 318.

<sup>2</sup> l. c. S. 329.

<sup>3</sup> l. c. S. 328.



mir nicht das gleiche Resultat. In dem oben erwähnten Kasten wurde in dem sonst absolut dunklen Gesichtsfeld die zentrale Fixationsöffnung etwas gröfser genommen und in der Mitte ein kleiner hellerer Punkt angebracht. Eine solche etwas gröfsere Fläche zeigte nun schon an und für sich viel geringeres Schwanken als die kleineren Punkte, noch geringer und seltener, wie mir vorkam, wenn sie den helleren zentralen Fleck aufwies. Konnte ich aber in diesem Fall einmal ein wenig Bewegung wahrnehmen, so war sie für die gröfsere Fläche und ihr helleres Zentrum genau dieselbe.

Ohne daher die Erklärung EXNERS für die autokinetischen Empfindungen ganz von der Hand weisen zu können, glaube ich doch, dafs auch Augenbewegungen dabei eine Rolle spielen und bei den oben mitgeteilten Beobachtungen allein in Betracht kommen. Da, wie gesagt, auch bei foveal überschwelligen Punkten eine dauernde ruhige Fixation mir nicht möglich erscheint, sie vielmehr bald von einzelnen Augenbewegungen unterbrochen wird, würde es sich im Dämmerungssehen nur um eine wohl zu verstehende Steigerung handeln.<sup>1</sup>

Die monokulare Prüfung hatte ergeben, dafs sich bei mir die Augen im Dämmerungssehen in untereinander verschiedener Weise einstellten, d. h. mit nicht identischen Netzhautstellen fixierten. Da, wie NAGEL<sup>2</sup> gezeigt hat, auch bei Dunkeladaptation und foveal unterschwelligen Objekten stereoskopisches Sehen vorhanden ist, mufste ein entsprechend modifizierender Einfluss des Binokularsehens erwartet werden. Die linksseitige Hyperphorie machte sich allerdings bei mir störend gelten. Denn beim Betrachten so schwach leuchtender Objekte tritt meist sofort Doppelsehen mit gekreuzten und höhendistanten Bildern auf. Während ich aber den Seitenabstand durch willkürliche Anspannung der Konvergenz mit Leichtigkeit ausgleichen kann, ist mir dies bei dem Höhenabstand absolut unmöglich. Zum Ausgleich mufs ich ein Prisma von 3°, Basis oben, vor das rechte Auge halten. Tat ich das nun bei obigen Versuchen, so glich sich der Seitenabstand meist sofort aus, d. h. die Augen stellten sich für identische

<sup>1</sup> Vgl. auch: W. A. NAGEL: Über das AUBERTSche Phänomen und verwandte Täuschungen. *Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg.* 16, S. 396, Anm.

<sup>2</sup> Stereoskopie und Tiefenwahrnehmung im Dämmerungssehen. *Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg.* 27, S. 264.

Netzhautstellen ein. Und die Lage des blinden Flecks ergab tatsächlich, daß das rechte Auge auch hierbei nach außen, d. h. rechts, abgewichen war, das linke dagegen aus seiner reinen Höhenabweichung sich entfernt und entsprechend der Außenstellung des rechten Auges nach innen, d. h. ebenfalls nach rechts, gegangen war.

Die Abweichung des Auges beim Betrachten kleiner, schwach leuchtender, foveal nicht sichtbarer Punkte im sonst unbeleuchteten Raume hängt also ab

1. bezüglich der Richtung von einem noch nicht ganz sicher zu bestimmenden Faktor, wahrscheinlich gewissen Verhältnissen des Augenmuskelsystems;

2. bezüglich der Größe der Ablenkung von der Helligkeit des Objekts, resp. der Höhe der Adaptation.

Echter Nystagmus ist nicht vorhanden; dagegen tritt leicht ein gewisses Schwanken des fixierten Objektes ein, welches mit größter Wahrscheinlichkeit von leichten unwillkürlichen Augenbewegungen abhängt, die darauf zurückzuführen sind, daß eine ruhige Fixation mit parafovealen Netzhautpunkten dauernd weit aus schwerer festzuhalten ist, als bei fovealer Fixation.

Modifizierend auf die Augenstellung wirkt schliesslich beim binokularen Sehen das Bestreben, einfach zu sehen, also identische Netzhautpunkte einzustellen.

*(Eingegangen am 19. Mai 1904.)*

---