

Aus der Universitäts-Augenklinik Kiel (Direktor: Prof. Dr. A. MEESMANN).

Über eine Möglichkeit der sensomotorischen Gesichtssinnprüfung.

Von

H. F. PIPER und K. ROSEHR.

Mit 11 Textabbildungen.

Die Klinik bedient sich zur Gesichtssinnprüfung bestimmter Standardmethoden; diese sind nach dem Prinzip ausgebaut, möglichst alle Bedingungen in der Umwelt und die Verhältnisse im Sinnesorgan bis auf eine zu untersuchende Beziehung konstant zu halten. Da sie sehr ausgiebig bei krankhaften Störungen angewandt werden, haben sich die Ophthalmologen feste Vorstellungen über die Bedeutung der mit ihnen festgestellten Leistungsausfälle für die Krankheitsdiagnostik gebildet. Dem Vorteil, solche wohlausgebauten Methoden zu besitzen, steht aber eine gewisse Einseitigkeit der Betrachtungsweise gegenüber; denn die vielfältigen Leistungen des Gesichtssinnes lassen sich zweifellos nach derartigen einfachen Grundsätzen nicht vollständig erfassen. Unser Einblick dürfte sich vertiefen, wenn verschiedene Leistungen zusammenhängend untersucht werden könnten.

Auch müssen die Wahrnehmungen des Individuums nicht auf eine, sondern auf beide Funktionen des Gesichtssinnes bezogen werden, auf die Sensorik und Motorik. In einer früheren Arbeit wurden unter bestimmten Umweltbedingungen am binocularen Sehakt Gesetzmäßigkeiten aufgefunden, welche feste Beziehungen zwischen Sensorik und Motorik erkennen ließen. Wie sich zeigte, wird mit Sinken des sensorischen Differenzierungsgrades die Motorik unfreier und umgekehrt. Zugleich wird auch die Wahrnehmung ungenauer. Die vorliegende Arbeit will diese Gedankengänge weiterverfolgen: Durch eine geeignete Umweltordnung sollen verschiedene Leistungsstufen des Auges derart nacheinander erfaßt werden, daß sich die Veränderungen der Wahrnehmung einerseits und das Verhalten von Sensorik und Motorik andererseits zusammenhängend festlegen lassen. Uns stand das Projektionsadaptometer von RIEKEN-MEESMANN zur Verfügung, mit dem derartige Bedingungen zu erreichen waren.

Einführungsversuche.

Zunächst beobachten wir ein bewegtes Streifenmuster an einer Nystagmustrommel bei Tageslicht. Der Beobachter sieht unter günstigen Bedingungen die Streifen deutlich und kann ihre Bewegung verfolgen.

Eine solche klare Wahrnehmung, die mit einem regelmäßigen Nystagmus der Augen verbunden ist, kann am besten erreicht werden, wenn eine mittlere Geschwindigkeit der Streifen, eine mittlere Feldgröße sowie ein mittelgrobes Muster gewählt werden, die empirisch einzustellen sind.

Erhöhen wir die Geschwindigkeit bis zu extremen Werten, wählen wir ein sehr engmaschiges Streifenmuster oder ein kleines Feld, so verschmelzen die Streifen; sie werden zunächst noch unscharf wahrgenommen, dann tritt Flackern und Flimmern auf und schließlich erlischt der Bewegungseindruck völlig. Der Nystagmus wird unregelmäßig und hört auf. Bei Veränderung der Streifenfläche ist der Umstand von Bedeutung, ob in der Bewegungsrichtung oder senkrecht zu ihr eingengt wird; nur im 1. Fall wird die Streifenzahl verringert und die Verschmelzungsschwelle wesentlich erniedrigt. — Bei sehr geringer Geschwindigkeit, extrem weitmaschigem Muster oder ausgedehntem Streifenfeld wird der Nystagmus ebenfalls unregelmäßig; die Bewegungswahrnehmung verfällt, und es kommt zur Sinnestäuschung.

Durch Variation der Streifenbreite, -fläche und -geschwindigkeit lassen sich mehrere Wahrnehmungsphasen abgrenzen. 1. Wahrnehmung einer komplexen ungegliederten Fläche, 2. Flackern und Flimmern, begleitet von unregelmäßigen Augenbewegungen, 3. Wahrnehmung der Streifen in der Bewegungsrichtung mit Nystagmus, 4. deutliches Erkennen der Streifen und kräftiger Nystagmus, 5. Phase der Sinnestäuschungen.

Weiter nimmt nun offenbar die Helligkeit an einer derartigen Anordnung Einfluß auf die Wahrnehmung. Es ist von Interesse, die Bedeutung dieses Faktors im Verhältnis zu den übrigen genannten Bedingungen kennenzulernen und damit den Wert einer derartigen Anordnung, in der sensorisch genau definierte Bedingungen vorliegen und motorische Phänomene beobachtet werden können, für eine Methodik der Gesichtssinnprüfung genauer zu untersuchen.

Versuche.

Die Untersuchungen wurden am Projektionsadaptometer nach RIEKEN-MEESMANN ausgeführt. Die Versuchsperson saß im Dunkelraum, 60 cm entfernt vom Projektionsschirm (56×34 cm), auf dem je 6 schwarze und weiße, senkrecht verlaufende Streifen von 4,7 cm Breite beidäugig beobachtet wurden. Sie bewegten sich von rechts nach links; die Geschwindigkeit betrug bei langsamer Einstellung $7,5^{\circ}/\text{sec}$, bei mittlerer $27,3^{\circ}/\text{sec}$ und bei rascher $45,6^{\circ}/\text{sec}$. Zunächst wurde etwa 15 min lang an der Trendelenburg-Kugel eine ausgiebige Helladaptation ausgeführt und dann sofort bei völliger Dunkelheit die 1. Bestimmung vorgenommen. Weitere Messungen folgten in 5 min-Abständen, insgesamt 7 bis zur Dauer von 30 min. Festgelegt wurden 1. die Schwelle der Licht-

wahrnehmung (*S*), 2. die Schwelle des Flackerns und Flimmerns und der beginnenden Bewegungswahrnehmung (*Fl.*), 3. die Schwelle des Nystagmus, bei der auch das Muster genau erkannt wurde (*O*), 4. gegebenenfalls der Beginn der Fixation (*F*), 5. das Eintreten des Scharfsehens (*V*). Die verschiedenen Wahrnehmungen wurden von der Versuchsperson gemeldet, das Auftreten des Nystagmus durch Anlegen eines Fingers an den äußeren Lidwinkel festgestellt. Die Leuchtdichte und die Streifengeschwindigkeit stellte der Versuchsleiter in bekannter Weise am Projektionsadaptometer ein. Die einzelnen Versuche wurden im allgemeinen bei gleicher Geschwindigkeit durchgeführt.

Versuchspersonen: 1. H. P., 35 Jahre, Visus beiderseits — $4,5 = 5/4$
 2. K. R., 32 Jahre, Visus beiderseits = $5/4$

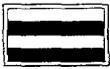
Die gewonnenen Werte wurden in ein Koordinatensystem eingetragen und auf der Abszisse die Zeit, auf der Ordinate die Graukeldichte, die den Leuchtdichtenzuwachs angibt, in logarithmischer Progression dargestellt. Die Versuche wurden während eines Winterhalbjahres ausgeführt; von etwa 200 Kurven sind hier 11 dargestellt. Die einzelnen Werte der Dunkeladaptationskurven eignen sich nicht zum Vergleich untereinander; wir haben daher die wichtigsten Tatsachen wiederholt untersucht und durch statistische Berechnung gesichert.

I.

Die Kurven, die bei mittlerer Geschwindigkeit gewonnen werden, stimmen vollständig mit den von RIEKEN, MEESMANN, HIRT, JENSEN mitgeteilten überein. Uns erschien hier die Tatsache von Bedeutung, daß der Abstand zwischen 1. Wahrnehmung und Nystagmusschwelle im Laufe des Versuches größer wurde. Diese Beobachtung hatte bereits RIEKEN gemacht, allerdings für einen Untersuchungsfehler gehalten.

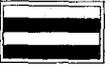
Um die Frage zu klären, welchen Einfluß Umweltveränderungen auf dieses Verhalten haben, engten wir die Streifenfläche von beiden Seiten so ein, daß nur noch 2 weiße und 2 schwarze Streifen sichtbar waren. Wie sich zeigte, lagen die Kurven im ganzen tiefer und wurden die Abstände zwischen der Wahrnehmungsschwelle und dem Auftreten des Nystagmus noch größer als bei Darbietung der ganzen Fläche. Um diese Ergebnisse zu sichern, wurden aus je 10 Messungen die Differenzen zwischen 1. Wahrnehmung und Nystagmusschwelle bei Versuchsbeginn und nach 30 min Dunkelaufenthalt bestimmt. Es ergaben sich die Werte $0,12 \pm 0,0043$ am Beginn und $0,85 \pm 0,026$ am Ende des Versuches (mittlere Geschwindigkeit). Der Unterschied betrug also $0,73 \pm 0,027$; er ist mit weit über 99,9% Wahrscheinlichkeit ($t = 27,5$) statistisch signifikant. — Verändern wir an dieser Anordnung die Geschwindigkeit der Streifen, so finden wir bei langsamer Bewegung die Abstandsänderung weniger deutlich, bei rascher hingegen besonders ausgesprochen

Versuchsperson: P



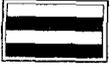
Muster:

Versuchsperson: P



Muster:

Versuchsperson: P



Muster:

Mittlere Geschwindigkeit

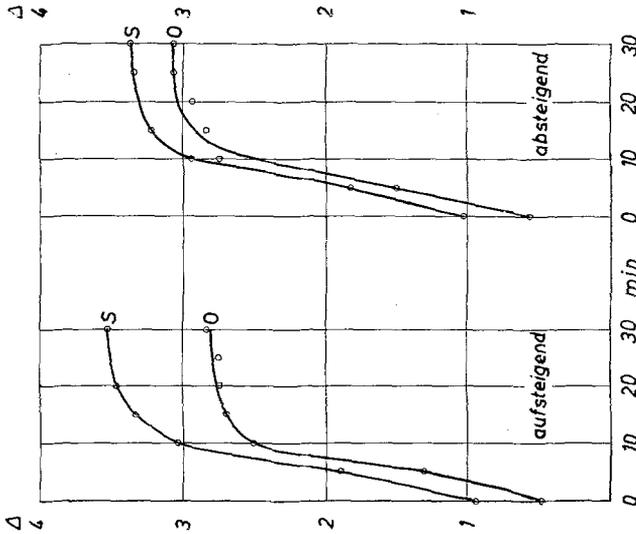


Abb. 1.

Langsame Geschwindigkeit

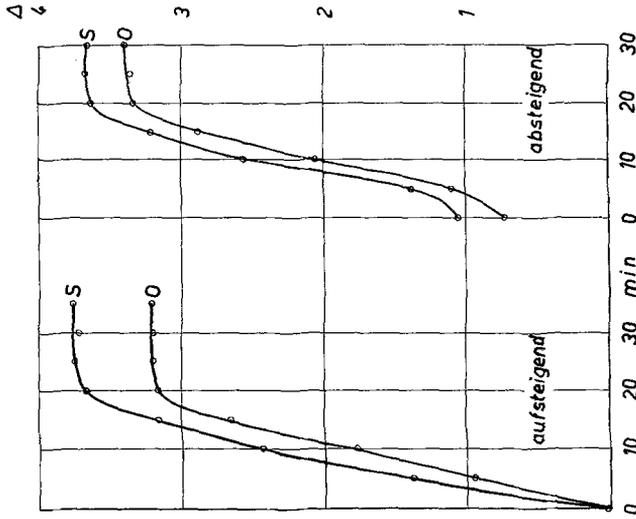


Abb. 2.

Rasche Geschwindigkeit

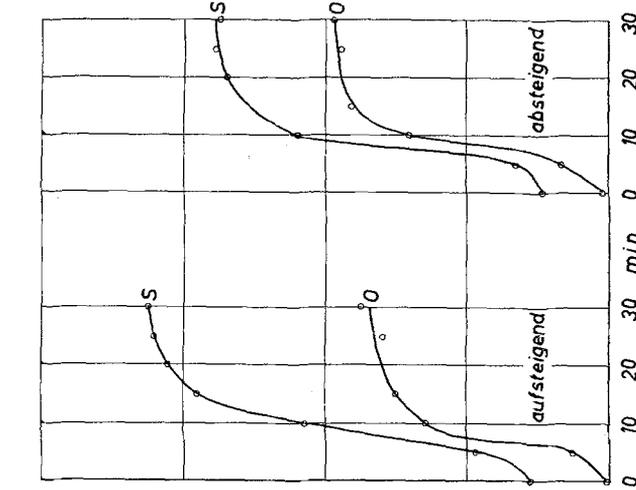


Abb. 3.

Abb. 1—3. Zwei schwarze und zwei weiße Streifen. S Wahrnehmungsschwelle; O Nyctagnusschwelle; Δ Abstrufung der Leuchtichte in logarithmischer Progression. Aufsteigend = Schwellenbestimmung beim Auftauchen; absteigend = Schwellenbestimmung beim Versinken der entsprechenden Beobachtung.

(Abb. 1—3). Die Kurven liegen außerdem bei rascher Geschwindigkeit im ganzen niedriger. Zwischen den Versuchspersonen bestand insofern ein Unterschied, als bei P. die Abstände deutlicher herauskamen.

In einem weiteren Versuch wurde die Projektionsfläche von unten und oben eingengt, so daß die 12 Streifen eine Höhe von 4 cm besaßen (Streifenband). Obwohl die Verteilung von Hell und Dunkel gleichblieb, ergab sich, daß die Abstände zwischen der absoluten Wahrnehmungsgrenze und dem Nystagmus sich im Laufe der Versuche weniger ändern. Auch diese Beobachtungen haben wir aus je 10 Messungen gesichert. Wir bestimmten nach 30 min Dunkelaufenthalt die Differenz zwischen erster Wahrnehmung und Eintreten des Nystagmus, und erhielten bei Einengung auf 2×2 Streifen $0,61 \pm 0,023$, bei Einengung auf ein Streifenband $0,29 \pm 0,007$. Die Differenz zwischen diesen Werten beträgt $0,32 \pm 0,024$ und ist mit über 99,9% Wahrscheinlichkeit ($t = 13,8$) signifikant.

Etwas Ähnliches läßt sich über die Werte sagen, die bei der Wahrnehmung des Flackerns und Flimmerns und des deutlichen Erkennens gemessen wurden. Bei Versuchsbeginn traten oft bei günstiger Geschwindigkeit und Fläche das Bewegungserkennen und der Nystagmus gleichzeitig auf, während sie sich bei weiterer Versuchsdauer deutlich voneinander absetzten. Bei rascher Geschwindigkeit und kleiner Streifenzahl war von vornherein bereits ein gewisser Abstand gegeben, und bei fortgeschrittener Versuchsdauer sah man sogar vollständige Verschmelzung der Streifen an der Wahrnehmungsschwelle, was sonst im allgemeinen nicht beobachtet werden konnte.

Zunächst können wir also feststellen: Bei heller Beleuchtung, langsamer Geschwindigkeit und großer Streifenzahl liegen die Kurven eng beieinander, während sie im entgegengesetzten Fall auseinanderrücken.

II.

In den bisherigen Versuchen wurden nur unwillkürliche Augenbewegungen berücksichtigt. Wir wollten weiter feststellen, welche Zusammenhänge mit der sog. Fixation, also der festen, willkürlichen Einstellung der Augen auf einen bestimmten Umweltteil bestehen. In den Strahlengang wurde eine rechteckige Scheibe von der Breite eines Streifens eingefügt, so daß das Zentrum der Projektionsfläche unbeleuchtet blieb. Die Versuchsperson hatte den Auftrag, den dunklen Fleck in der Mitte zu suchen und beim Auftauchen anzublicken.

Während am Anfang der Versuche sofort fixiert wurde, entstand im weiteren Verlauf ein größerer Abstand der Kurven, wie wir ihn bereits zwischen der Wahrnehmungs- und Nystagmusschwelle gefunden hatten. Die Versuchsperson machte dabei diese Wahrnehmungen: Beim Auftreten des Lichtes und der Streifenbewegung wurde die Aussparung

nicht bemerkt; sie tauchte erst bei größerer Helligkeit als grauer Fleck auf und konnte dann sogleich mit dem Blick festgehalten werden. Die rechteckige Begrenzung kam noch später hervor (Abb. 4). Bei Versuchsbeginn wurde als Differenz zwischen Nystagmus und Fixation aus

Versuchsperson: R

Muster:



Langsame Geschwindigkeit

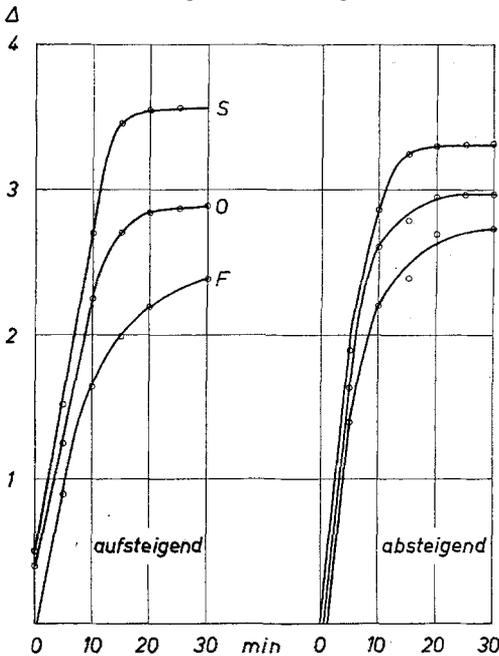


Abb. 4. Ganze Streifenfläche. Im Zentrum ist ein unbewegtes Rechteck ausgespart, das bei *F* fixiert werden kann.

10 Werten $0,18 \pm 0,01$, nach 30 min Dunkelaufenthalt $0,57 \pm 0,017$ gefunden. Die Differenz von $0,39 \pm 0,02$ ist mit über 99,9% Wahrscheinlichkeit ($t = 19,75$) statistisch gesichert.

Betrachten wir die Verhältnisse bei Einengung von unten und oben! Mit zunehmender Dunkelanpassung bzw. rascher Geschwindigkeit wurde hier der Abstand zwischen der Wahrnehmungsschwelle und der Schwelle der ruhigen Fixation größer, jedoch näherten sich Nystagmusgrenze und Fixationsschwelle einander. Hingegen erschien bei langsamer Geschwindigkeit der letztgenannte Abstand wieder größer, während sich die Entfernung zwischen Wahrnehmungsschwelle und Nystagmus verminderte. Offenbar wurde bei rascher Geschwindigkeit die Phase des Nystagmus so geschwächt,

daß die Fähigkeit der Fixation heraufgesetzt wurde, während sie bei langsamer Geschwindigkeit sank (Abb. 5).

Noch deutlicher ließen sich die Gesetzmäßigkeiten bei Einengung der Streifenfläche von links und rechts her erkennen; nicht nur die Streifenzahl war jetzt verringert, sondern die ausgesparte dunkle Marke hatte auch eine andere Beziehung zur Bewegungsrichtung. Schon die Motorik war auffällig beeinträchtigt: Bei langsamer Geschwindigkeit vermochte die Versuchsperson P. nicht mehr zu fixieren, und bei Versuchsperson R. lag die entsprechende Kurve sehr tief. Die Streifen schienen vor dem

dunklen Bezirk hinüberzugleiten. Bei rascher Geschwindigkeit hingegen wurde der Nystagmus vermißt (Abb. 6).

Wir prüften ferner den Unterschied bei monocularer und binocularer Beobachtung (Abb. 7). Nach Eintreten der einzelnen Schwellen wurde ein Auge abgedeckt (abwechselnd rechts oder links). Bei

Versuchsbeginn waren die Unterschiede sehr gering, im Verlaufe des Dunkelaufenthaltes aber stellten sich Unterschiede in den Schwellen ein, die wieder besonders auffällig bei der ersten Wahrnehmung, weniger ausgeprägt beim Nystagmus und am geringsten bei der Fixation zu finden waren. Wie sich in einer weiteren Versuchsreihe zeigen ließ, wurde auch durch plötzliche Verkleinerung der Streifenfläche die ruhige Augenhaltung wieder aufgehoben; es trat ein Nystagmus auf, der erst bei größerer Helligkeit wieder verschwand; entsprechend tauchte die zentrale Marke erneut auf, die nach anfänglicher Sichtbarkeit während des Nystagmus wieder verschwunden war (Abb. 8).

Versuchsperson: R
 Muster: 
 Mittlere Geschwindigkeit Langsame Geschwindigkeit

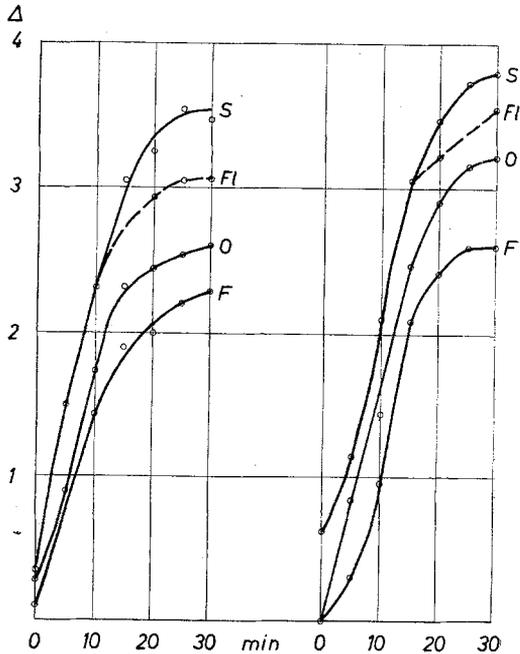


Abb. 5. Verkürzung der Streifen von oben und unten; es entsteht ein Streifenband, in dessen Mitte der Fixierpunkt ausgespart ist. *Fl* Grenze der Flimmerempfindung.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß sich unter ungünstigen Umweltbedingungen mit den anderen Leistungen auch die Fähigkeit der Fixation vermindert; ferner werden für sie die Bedingungen schlechter, wenn die Bewegungs-Beharrungsverhältnisse einen ausgesprochenen Nystagmus hervorrufen. Entsprechend rücken die Kurven wiederum auseinander.

III.

Wir haben aus dem Strahlengang 2, teils auch 3 rechteckige Marken ausgespart, so daß in der Mitte des Feldes und oben sowie unten je eine unbewegte Marke erschien. Es wurde die ganze Streifenfläche verwendet. Bei der Wahrnehmungsschwelle und beim Auftreten des Nystagmus war

zunächst keine der Marken sichtbar; dann tauchte zuerst die in der Mitte befindliche als grauer Schatten auf, während die oben und unten gelegenen nur zeitweise, und zwar am Ende der raschen Phase in Erscheinung traten. Mit dem Augenblick der ruhigen Fixation waren dann sofort die peripheren Marken deutlicher, auf die nun im Wechsel Einstellbewe-

Versuchsperson: P

Muster:

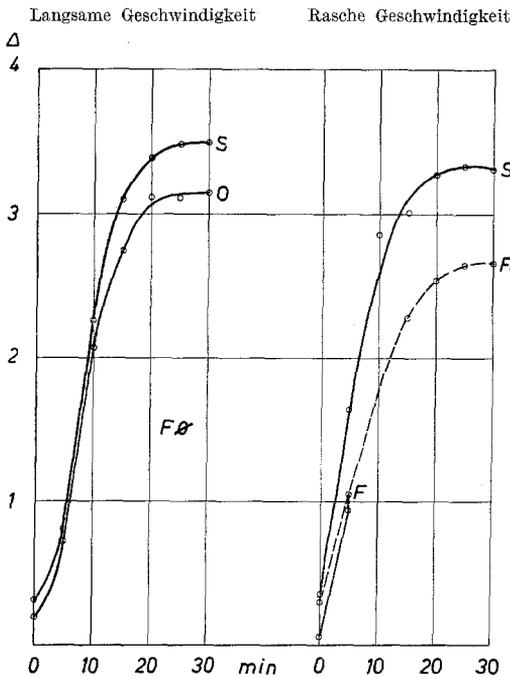


Abb. 6. Ein weißer und ein schwarzer Streifen, zentraler Fixierpunkt.

gungen vorgenommen wurden. Erst bei sehr viel größerer Helligkeit erschienen alle Marken gleich stark und schließlich verblaßten die peripheren Marken wieder und verschwanden schließlich zeitweilig.

Die Beziehung zwischen Wahrnehmung, sensorischen und motorischen Gegebenheiten wurde noch folgendermaßen geprüft: Anstatt der zentralen Marke war ein kleiner Landoltring ausgespart. Das Erkennen der Öffnung war erst lange nach Eintreten der willkürlichen Blickeinstellung möglich und fiel sehr häufig mit dem Verschwinden der peripheren Marken zusammen (Abb. 9).

Wie eine Prüfung mit rotem Licht zeigte, war die Farbe nicht vor Eintritt der Fixation deutlich festzustellen.

In diesen Versuchen, welche auch ein gewisses Scharfsehen einschließen, lassen sich immer deutlicher verschiedene Phasen der Wahrnehmung abgrenzen, die durch ein bestimmtes sensorisches und motorisches Verhalten ausgezeichnet und von bestimmten Umweltbedingungen abhängig sind.

IV.

Ferner wurde die Streifenfläche zunächst ohne Bewegung dargeboten; die langsame Geschwindigkeit wurde eingeschaltet, wenn das Muster flimmernd erkennbar wurde. Sofort trat jetzt ein Nystagmus auf, d. h.

die Grenze des Flimmerns und des Nystagmus lagen unter diesen Bedingungen zusammen, während sonst ein Abstand vorhanden war (Abb. 9).

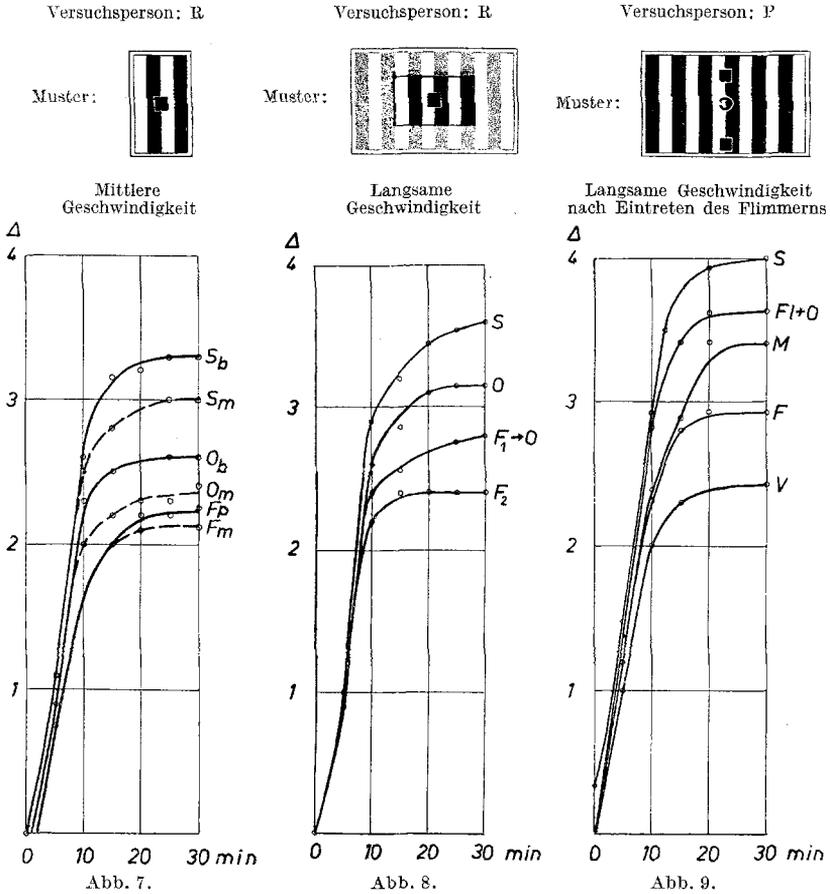


Abb. 7. Die binocularen (*b*) und monocularen (*m*) Schwellen werden verglichen.
 Abb. 8. Zunächst ganze Fläche, die nach Eintreten der Fixation (F_1) auf etwa ein Drittel verkleinert wird. Bei F_2 wieder Fixation.
 Abb. 9. Zunächst wird die ganze Fläche ohne Bewegung dargeboten; nach Eintreten des Flimmerns wird langsame Geschwindigkeit eingeschaltet. Ausgespart sind ein Landolt-ring in der Mitte sowie 2 Rechtecke oben und unten. Bei *M* tauchen die Marken auf, bei *F* tritt Fixation ein, bei *V* wird die Öffnung des Ringes erkannt.

Schlossen wir an eine Schwellenbewegung im aufsteigenden Weg eine umgekehrt verlaufende an, bei der die einzelnen Phasen unter Abschwächung der Leuchtdichte festgelegt wurden, so rückten Nystagmus- und Fixationswerte herauf, die Wahrnehmungsschwellen hingegen herab, wenn auch nur für kurze Zeit (Abb. 1—4). Die Readaptation, welche die Ausgangswerte sogar rasch überstieg, wurde nicht berücksichtigt.

Der Abstand der Kurven wird also durch die Ausgangslage beeinflusst, in der die Untersuchung einsetzt: Unter günstigeren Bedingungen liegen die Werte dichter beieinander.

V.

Auch das Verhalten der inneren Augenmuskulatur wurde in einigen Versuchen geprüft. Die ganze Fläche wurde aus 5 m Entfernung beobachtet, und zwar abwechselnd ohne Glas und mit

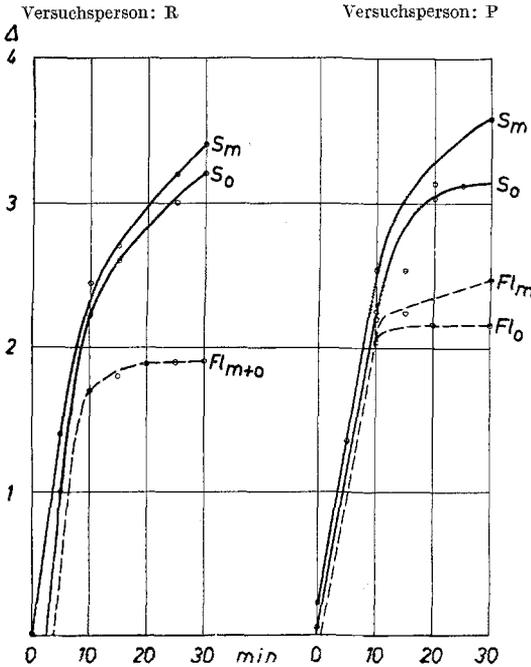


Abb. 10. Die Schwellen mit Glas von $-1,5$ (m) und ohne Glas (o) werden miteinander verglichen.

erkennbar. Diese Prüfung konnte nur im Tageslicht an einer Nystagmustrommel durchgeführt werden. Beim Eintreten des Nystagmus war eine Erweiterung der Pupille festzustellen.

VI.

Eine größere Versuchsreihe beschäftigte sich mit der Frage, wie Refraktionsänderungen die Lage der Kurven beeinträchtigt. Es wurden Gläser $+5,0$, oder $+12,0$, oder $+25,0$ oder $+40,0$ vor beide Augen

— $1,5$ beiderseits bei mittlerer Geschwindigkeit (Versuchsperson P. trug das Glas zur vorhandenen Brille). Bei Versuchsperson R. lag die absolute Wahrnehmungsschwelle mit Glas deutlich besser, bei Versuchsperson P. sowohl die Wahrnehmungs- als auch die Flimmergrenze günstiger. Nystagmus und Fixation waren durch das Glas eher gehindert. Bei geringer Differenzierung der Sinnesfunktion war die Akkommodation also im Sinne der Nachtmyopie auf eine mittlere Entfernung eingestellt (Abb. 10).

Veränderungen der Pupille wurden mittelbar beurteilt: Sieht man durch das Loch eines Kartenblattes, so ist die Pupillenbewegung an dessen Kontur

gesetzt. Die Versuche wurden an einem von oben und unten eingeeengten Streifenfeld ausgewertet, da bei Einengung von den Seiten Nystagmus und Fixation zu leicht aufgehoben wurden.

Während geringe Stärken der Gläser keine wesentliche Wirkung hatten, was sich aus der Breite der Streifen erklären dürfte, rückten bei höheren Werten die Kurven insgesamt tiefer (Abb. 11). Ferner wurde bei langsamer Geschwindigkeit eher der Nystagmus, bei rascher eher die Fixation beeinträchtigt, so daß in beiden Fällen die Kurven weit auseinanderlagen. Die Gläser hatten offenbar einen Vernebelungseffekt, der die charakteristische Beziehung der Kurven schon bei Versuchsbeginn aufhob: Je höher die Funktion, desto größer die Beeinträchtigung.

Wir prüfen mit unserer Anordnung die Anpassungsfähigkeit des Sehorganes. Die gewählten Funktions- und Wahrnehmungsstufen besitzen bestimmte Schwellen, die sich unabhängig voneinander verändern, wenn andere Umweltbedingungen eintreten. Die größte Anpassungsfähigkeit hat die einfache Lichtempfindung, die geringste die Fixation; daher werden die Abstände der Kurven immer größer, wenn günstige Umweltbedingungen in ungünstige übergehen. Anders ausgedrückt treten unter ungünstigen Umweltbedingungen an Stelle der differenzierten primitivere Wahrnehmungsstufen ein.

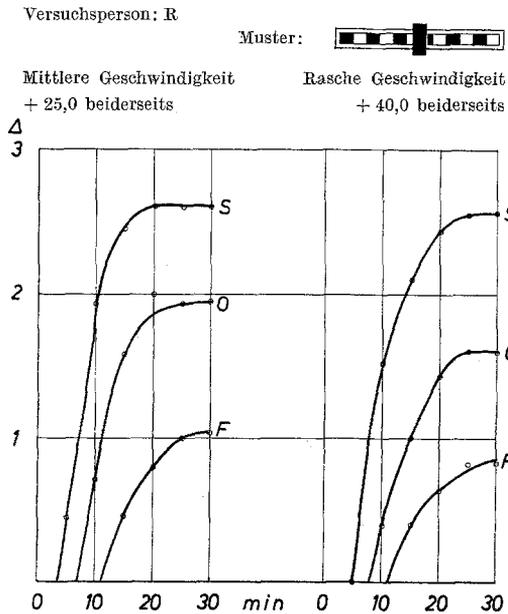


Abb. 11. Myopie von 25 bzw. 40 dptr.

Besprechung.

Bei der Deutung der gewonnenen Ergebnisse wollen wir alle in den Versuchen dargestellten Veränderungen als Abwandlung der Beziehung zwischen Organismus und Umwelt deuten, eine Auffassung, die bereits in einer früheren Arbeit ausführlich dargestellt wurde; denn nur in seiner Umweltbeziehung kann sich der Untersucher mit dem Untersuchten vergleichen. Alle Umweltänderungen gegenüber dem Organismus seien als Bewegungen aufgefaßt, die, im Gegensatz zu etwas Beharrendem,

in einer bestimmten Richtung zu ihm verlaufen. Der körperlichen Anlage entsprechend sind Bewegungen der Höhe und Breite nach (2. Dimension) von solchen zur Tiefe (3. Dimension) zu unterscheiden. Nicht die Leuchtdichten- oder Flächenveränderung als solche ist von Interesse, sondern die Bedeutung, die ihr für den Organismus zukommt, und die als Tiefenbewegung eines Umweltteiles anzusprechen ist. Wir betrachten auch nicht die Struktur in der Umwelt und deren Veränderungen als solche, sondern die Verteilung von Bewegung und Beharrung zur Frontalebene des Organismus (links oder rechts bzw. oben oder unten). Es wird also anstatt von einer Insensitivitätssteigerung immer von Bewegung auf die Versuchsperson zu gesprochen werden.

Die Trennung zwischen Beharrendem und Bewegtem durch die Sinnesorgane ist die Grundlage unserer Wahrnehmung, welche uns die Anschauung von Raum und Zeit vermittelt. In unseren Versuchen fanden wir verschiedene Grade dieser Unterscheidungsfähigkeit; die Wahrnehmung war zunächst eine allgemeine und diffuse, die mit der höheren Funktion der Organe immer mehr eingeengt und spezialisiert wird. Wir wollen daher diese verschiedenartigen Leistungen als höhere und niedere Form der Umweltbeziehung auffassen: Bei der niederen beherrscht die Umwelt den Organismus, während bei der höheren eine mehr oder weniger vollkommene, sog. willkürliche Beherrschung der Umwelt durch den Organismus vorliegt.

Der fortwährenden Veränderung der Umweltbeziehung während der Versuche entsprachen folgende Wahrnehmungen. Der Eindruck einer allgemeinen Annäherung von Licht, also einer Bewegung nur in der 3. Dimension als primitivste Funktion wurde nach einer Phase des Flimmerns und Flackerns durch die Bewegungsauffassung auch in der 2. Dimension ergänzt. Eine höhere Wahrnehmung ergab sich schließlich durch Verdichtung der Umweltbeziehung auf immer engere Bezirke. Schließlich konnte ein einzelner Umweltteil scharf gesehen werden.

In den Sinnesorganen selbst laufen mit der Wandlung der Umweltbeziehung bestimmte Veränderungen ab; sie stehen mit der Wahrnehmung in Zusammenhang, ohne mit dieser ins Bewußtsein zu treten. Wir unterscheiden den sensorischen und den motorischen Apparat des Auges; für eine Beurteilung der Gesichtssinnleistung sind die Verbindungen des peripheren Sinnesorgans zum und vom nervösen Zentralorgan gleich wichtig. Allerdings steht bei Umweltüberlegenheit die Sensorik, bei Überlegenheit des Organismus die Motorik im Vordergrund.

Die Umwelt und ihre Veränderungen werden im sensorischen Apparat abgebildet, mit dessen Funktion zunächst die Größe des durch Bewegung und Beharrung begrenzten Umweltkomplexes gegeben ist; aus den Umweltverhältnissen können wir uns über diese Abbildung eine Vorstellung machen. In unseren Versuchen handelte es sich um einen in der 2. Di-

mension gleichmäßig gegliederten Bewegungskomplex, der in der 3. Dimension angenähert wurde, so wie um einzelne, in der 2. Dimension unbewegte Teile. Diese Anordnung blieb bei den einzelnen Versuchen trotz verschiedener Wahrnehmung die gleiche.

Während der sensorische Apparat die Größe der Umweltabbildung bestimmt, repräsentiert die Motorik die Orientierung des Auges zu ihr. Beim primitivsten Sehen verharren die Augen mehr oder weniger ruhig in einer gehemmten Unbeweglichkeit. Bei entsprechender Bewegungswahrnehmung wird bald eine umweltbezogene Motorik beobachtet: Zunächst handelt es sich um unwillkürliche Bewegungsformen, die einen tonischen Charakter haben und langsam ablaufen; die Augen geraten in eine Seitenablenkung, ohne daß die willkürlich bestimmte, bewußte Orientierung geändert ist (*Déviation conjuguée*). Diese behält ihren Einfluß; da der hemmende Widerstand wächst, eilen schließlich die Augen in ihre alte Umweltbeziehung zurück. Durch die gleichmäßige Bewegung innerhalb eines Umweltkomplexes (von rechts nach links in unseren Versuchen) wiederholen sich entsprechend gerichtete Augenbewegungen rhythmisch in Form eines sog. Rucknystagmus. Der opto-kinetische Nystagmus entsteht also durch eine umweltbedingte unvollkommene Orientierungsänderung der Augen, bei der die ursprünglich eingestellte Beziehung bestimmend bleibt.

An den vegetativ innervierten inneren Augenmuskeln: Pupille und Akkommodation ist der Grad der jeweiligen Umweltbeziehung für die 3. Dimension abzulesen, welche somit vielleicht als eine primitive, weitgehend unwillkürlich einzustellende aufzufassen ist. Die Pupille ist bei niederer Funktion weit, so im Dunkeln und bei Eintritt des Nystagmus, während ihre Verengung bei hellem Licht und Fixation ein Ausdruck zunehmender motorischer Umweltbeherrschung ist. Nach einer früher gefaßten Meinung gerät die innere Augenmuskulatur dabei mehr und mehr unter die Führung der die quergestreifte Muskulatur steuernden Hirnfelder. Auch der Akkomodationsmuskel ist bei niederer Funktion, wie etwa im Dunkeln, in Ruhe, d. h. auf eine mittlere Entfernung eingestellt; seine genaue Beherrschung gelingt erst bei höheren Leistungsstufen.

Beendet wird die Phase unvollkommener Umweltbeziehung dann, wenn ein Verhältnis zu einzelnen Umweltteilen mehr oder weniger willkürlich hergestellt werden kann. Mit zunehmender sensomotorischer Differenzierung erfolgt der Vergleich zwischen Bewegung und Beharrung von einem Zentrum aus, das durch die Symmetrieebene des Körpers, die durch beide Augen verlaufende Horizontalebene und die Frontalebene festgelegt ist. Die Wahrnehmung betrifft nicht den gesamten Umweltkomplex, wie er den Augen gegenübersteht, sondern sie beschränkt sich auf kleinere Bezirke; diese werden wie etwa bei der

Gesichtsfeldprüfung durch einen bewegten und einen beharrenden Teil begrenzt. — Zwangsmäßige Augenbewegungen finden nicht mehr statt. Die Bewegung eines Umweltteiles wird zunächst noch bei unveränderter Orientierung wahrgenommen; motorisch finden sich gewisse bewegungsbedingte Schwankungen der Augen um die Ruhelage, die eine Beziehung zum Nystagmus besitzen dürften.

Schließlich vermag das Individuum selbst an die Stelle des Beharrenden und Bewegten zu treten. Die Wahrnehmung ist völlig auf das in der Umweltmitte gelegene Zentrum verdichtet; die grobe Umweltauffassung (Licht und Schatten) wird durch die Wahrnehmung eines feinen Reliefs abgelöst. Seitliche Einstellbewegungen und Konvergenzbewegungen stellen den hervortretenden Umweltteil rasch der Netzhautmitte gegenüber, die zum sensorischen Funktionsmittelpunkt wird. Der Einfluß der Umwelt bleibt insofern maßgeblich, als kleine Umweltteile vorhanden sein müssen, die bei Bewegung Führungsbewegungen, bei Beharrung ruhige Augenhaltung hervorrufen. Willkürliche Beherrschung der Umwelt und Abtasten kleiner Umweltdifferenzen in Tiefe und Breite ist die höchste Funktionsstufe; sie wird durch unmerkliche Seiten- und Tiefenbewegungen der Augen erfaßt, welche zur sog. Fixation gehören müssen.

Wir können offenbar 2 Kriterien hervorheben, in denen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft enthalten sind; mit ihnen ist die jeweilige Änderung in der Umweltbeziehung und damit die zeitlich-örtliche Wahrnehmung des Individuums gegeben: 1. Die vorhandene Ausgangslage, die durch alle früher stattgefundenen Bewegungs- und Beharrungsprozesse bestimmt wird; sie ist in der 3. Dimension als Tiefenunterschied, in der 3. und 2. als seitlicher struktureller Unterschied gegenüber dem Organismus gegeben. In unseren Versuchen handelte es sich um Komplexgröße und Leuchtdichte bzw. Streifenbreite und -zahl. — 2. Das Verhältnis von Beharrung und Bewegung, d. h. die Geschwindigkeit der Umweltveränderung (der Streifen), in der 3. und 2. Dimension. Die Trennung der Vorgänge in Dimensionen ist allerdings nur vom Organ her gesehen berechtigt und findet sich in der einheitlichen Wahrnehmung nicht, da Veränderungen der Tiefe und Breite nach untrennbar verbunden sind. So wird durch Tiefenverschiebung einer Struktur auch die seitliche Beziehung zum Organismus verändert (z. B. Verengung des Streifenmusters), und durch Bewegung zur Tiefe sinkt die Winkelgeschwindigkeit in der 2. Dimension.

Wir fanden zunächst für die Ausgangslage ein Optimum, bei dem eine besonders genaue Wahrnehmung stattfindet; es entspricht dem Bereich des Tagessehens und einer günstigen Größe und Gliederung des Umweltkomplexes, die in unseren Versuchen nur berührt wurden. Jenseits dieses Optimum schwächte sich die Umweltbeziehung zuneh-

mend ab, und es traten geringere Leistungsgrade hervor, z. B. durch Veränderung der Komplexgröße und der Streifenzahl. In Abhängigkeit von der Ausgangslage, d. h. der bereits vorhandenen Funktionsstufe, besteht nun jeweils auch ein Optimum der Geschwindigkeit, bei dem die Wahrnehmung die größtmögliche Genauigkeit besitzt. In weitere Entfernung muß ein Umweltkomplex immer langsamer bewegt werden, und schließlich ist die erlaubte Bewegung so langsam, daß von einem Endpunkt in der 3. Dimension gesprochen werden kann (Ende der sog. Adaptation). Wird die Geschwindigkeit in diesem Sinne eingehalten, so findet ganz allmählich ein Übergang zum niederen Wahrnehmungsmodus statt, ohne daß sich die Umweltbeziehung löst. Auch für die Bewegung in der 2. Dimension wird die optimale Geschwindigkeit mit größerem Tiefenabstand zunehmend langsamer, wie umgekehrt raschere Geschwindigkeit in der 2. Dimension durch Annäherung in der 3. ausgeglichen werden muß, wenn nicht eine niedrigere Funktionsstufe (Verschmelzung) eintreten soll. Jedoch ist das Optimum keineswegs bei größter Annäherung und geringster Geschwindigkeit erreicht; zu starke Annäherung vergrößert das Muster, erhöht die Winkelgeschwindigkeit und engt die Grenzen des überschauten Umweltkomplexes ein, und schließlich kann die Bewegung nur noch in der 3. Dimension wahrgenommen werden. — Für das scharfe maculare Sehen, also eine hohe Funktionsstufe, ist der Endpunkt schon nach wenigen Minuten erreicht (Sofortadaptation).

Ist die Abgrenzung des Organismus gegenüber der Umwelt durch die Funktion der Sinnesorgane ungenügend, so findet im Bereich des Gesichtssinnes spontan eine zunehmende Verschiebung zu primitiveren Funktionsformen statt, die allerdings nach H. PIPER weniger leisten, als wenn durch allmähliche Tiefenverschiebung ein Umweltzusammenhang erhalten bleibt. Die Anfangsgeschwindigkeit dieses Ablaufes, welche der erwähnten optimalen Bewegungsgeschwindigkeit der Tiefe zu entspricht, hängt von der Ausgangslage ab. Nach langem Bestehen differenzierter Funktionen, die nur langsamen Veränderungen unterworfen waren, werden die primitivsten nur allmählich erreicht, während sie bei weniger differenzierter Ausgangslage schneller eintreten. Umgekehrt kann der Übergang in höhere Funktionsstufen unter entsprechenden Umweltbedingungen recht rasch erfolgen; in beiden Dimensionen entspricht die Annäherung einer höheren Funktion als die Entfernung vom Optimum.

Den günstigen Bedingungen stehen also ungünstige gegenüber. Liegen solche vor, so tritt ein niedriger Grad der Umweltbeziehung ein: Verschmelzung, schlechte Unterschiedsempfindlichkeit, Lokaladaptation, Blendung mit Nachbildern sind Erscheinungen, die einen Übergang in die primitive, strukturlose und komplexe Wahrnehmung bedeuten. Ist

die Beziehung sehr ungünstig, so vermögen die Organe eine Abgrenzung zwischen Organismus und Umwelt nicht mehr vorzunehmen, und es wird nichts mehr wahrgenommen. — Da bei unseren Versuchen die Geschwindigkeit innerhalb einer Serie gleich blieb, obwohl sich das Bewegungsoptimum mit dem Erreichen niederer Funktionsstufen dauernd verschob, wurden die Abstände zwischen den Kurven zunehmend größer. Aus dem gleichen Grunde waren sie bei rascher Geschwindigkeit und bei kleinem Streifenfeld weiter. Das WEBER-FECHNERSche Gesetz besitzt keine absolute Gültigkeit, der Verlauf der Kurven ist ein gekrümmter.

Im Zusammenhang mit diesen Gesetzmäßigkeiten wurden in unseren Versuchen nicht immer die gleichen Leistungsgrade des Gesichtssinnes nacheinander durchlaufen. Fehlten Strukturen mit seitlicher Beziehung zum Organismus, war ihre Geschwindigkeit zu groß oder die Komplexgröße zu gering, so blieb die niedrigste Stufe auch bei größter Annäherung in der 3. Dimension bestehen; war der Komplex nur allgemein gegliedert, ohne daß ein Einzelteil auftrat, so konnte nicht fixiert werden. Aber auch die primitiven Stufen können fehlen. Lag ein grobes Muster vor, das sich in einem großen Feld mit langsamer Geschwindigkeit bewegte, so tauchte dieses fast unmittelbar mit dem Lichteindruck auf, solange die Einstellung des Sinnesorgans auf große Entfernungen noch nicht möglich war (d. h. volle Dunkeladaptation nicht vorlag). Bei kleinem Gesichtsfeld und rascher Bewegung eines Musters wurde ein ruhender Einzelteil wahrgenommen, bevor die allgemeine Gliederung erfaßt werden konnte. Während bei rascher Geschwindigkeit ein Nystagmus vor Eintritt der Fixation kaum oder nicht zustande kam, war diese bei langsamer, für den Nystagmus optimaler wesentlich verzögert. Durch Einengung des Umweltkomplexes in der Bewegungsrichtung wurde ebenfalls die Motorik beeinträchtigt, und zwar mit gewissen Unterschieden: Waren die Bedingungen für den Nystagmus bereits ungünstig, so verfiel dieser, waren sie für die Fixation ungünstig, so wurde diese durch den Nystagmus abgelöst. Die Kurven bekommen also dann ungleich große Abstände, wenn — in Abhängigkeit von der Ausgangslage — ungünstige Bedingungen für die Bewegungs-Beharrungsauffassung in einzelnen Stufen eintreten.

Zusammenfassend stellen wir fest, daß sich verschiedene Arten der Wahrnehmung und mit ihr ein bestimmtes sensomotorisches Verhalten auseinander entwickeln lassen, und zwar durch Variation von Beharrung und Bewegung, also der Elemente, mit denen die Umweltbeziehung des Organismus dargestellt ist. Die engere Beziehung erfordert günstigere Umweltverhältnisse; in Abhängigkeit von ihnen lassen sich Schwellen, d. h. Übergänge von ungünstigen zu günstigen Bedingungen festlegen.

An unserer Anordnung fanden wir bestimmte Wahrnehmungsstufen; zunächst eine primitive, die sich durch Annäherung eines grob gegliederten Umweltkomplexes nur beschränkt steigern ließ. Eine weitere Lei-

stung wurde erreicht, als ein einzelner Umweltteil in den Komplex eingefügt wurde; durch Verdichtungsvorgänge engte sich die Wahrnehmung von einer allgemeinen diffusen auf eine genauere spezialisierte ein.

Entsprechend gewinnen die in der Netzhautmitte abgebildeten Einzelteile mehr und mehr an Bedeutung und von den verschiedenen im motorischen Apparat wirkenden Kräften werden einzelne bestimmend, so daß ein höherer Freiheitsgrad entsteht. Mit fortschreitender Abgrenzung von Organismus und Umwelt finden offenbar in Sensorik und Motorik unabhängige Differenzierungsvorgänge statt. Nur unter optimal abgestimmten Bedingungen, die wohl niemals gegeben sind, sind die Übergänge von der primitiven zur differenzierten Umweltbeziehung als fließender Verdichtungsvorgang wahrzunehmen. Durch die ungünstigen Verhältnisse, die immer wieder eintreten, sind Schwellen bestimmter Wahrnehmungsstufen abzugrenzen. In der folgenden Übersicht sind die einzelnen Wahrnehmungsveränderungen und die in Motorik und Sensorik gegebenen Verhältnisse für unsere Anordnung zusammengestellt (Tabelle 1).

Tabelle 1.

Wahrnehmung	In der Versuchsanordnung geprüfte Funktionsstufen		
	Motorik		Sensorik
	Cortical innervierte äußere quergestreifte Muskulatur	Subcortical, vegetativ innervierte innere glatte Muskulatur	Netzhaut
Eingeengt auf Einzelstrukturen in der Umweltmitte (Scharfsehen)	willkürliches Abtasten	cortical beherrscht	Bewegung oder Beharrung in der Netzhautmitte
Zentrales Sehen	Fixation, Führungsbewegungen	cortical beherrscht	Bewegung oder Beharrung in der Netzhautmitte
Einzelstrukturen im Gesichtsfeld	Einstellbewegungen	cortical beherrscht	Bewegung und Beharrung in Netzhautmitte und einer peripheren Stelle
Grobe Struktur im gesamten Umweltkomplex	Unvollkommen gehemmte Orientierungsänderung, Nystagmus	periodisch beherrscht	Bewegung und Beharrung auf die gesamte Netzhaut verteilt
Flackern, Flimmern	Déviation conjugée, Strabismus	enthemmt	nur noch Bewegung in der 3. Dimension
Allgemeiner strukturloser Komplex, Verschmelzung und Auslöschungserscheinungen	völlige motorische Hemmung ohne Orientierung	enthemmt	nur noch Bewegung in der 3. Dimension
Nachbilder, Blendung	—	—	—

Zweifellos ist aber die Wahrnehmung nicht nur durch die Umweltverhältnisse, sondern auch willkürlich bestimmt. Der Einfluß der Willkür ist besonders groß bei den höheren Leistungsstufen, aber in einem gewissen Maße auch bei niederen, weitgehend durch die Umwelt festgelegten vorhanden. Durch die jeweilige Aufmerksamkeit kann die Umweltbeziehung von einer differenzierten, eingeeengten in eine allgemeine diffuse verwandelt und wieder beliebig auf einzelne Umweltteile verdichtet werden. Die Beherrschung der Umwelt durch den Organismus, von uns als höchste Form der Gesichtssinnleistung bezeichnet, ist mit dieser wechselnd diffusen und gerichteten Aufmerksamkeitslenkung gegeben. Sie gestattet uns, beliebige Beziehungen zur Umwelt herzustellen.

Erörterung.

Wir deuteten die Wahrnehmung aus der Beziehung zwischen Organismus und Umwelt, die als Bewegung und Beharrung in der Umwelt sowie in sensorische und motorische Differenzierungsvorgänge im Organismus aufzulösen war. Eine Kausalitätsabhängigkeit liegt im Sinne SCHOPENHAUERS vor; die Kette der Kausalität ist anfangslos, d. h. Ursache und Folge entstehen beide aus Veränderungen. Nach einer früher von uns vorgebrachten Meinung stellen unsere Beobachtungen Abstraktionen aus unendlichen Beziehungen dar und sind damit subjektiv und unvollständig.

Diese Deutung in Relationen verläßt die herrschende Reiz- und Reflexphysiologie, die in der Sinnesfunktion bestimmte Kausalitätsketten sieht, wie etwa Reiz—Erregung—Empfindung. Da die am Anfang und Ende stehenden Faktoren einen festen, endlichen Wert haben sollen, werden auch Sensorik und Motorik völlig getrennt behandelt; sie sollen gegebene spezifische Qualitäten besitzen, welche durch die Umweltreize ausgelöst werden. Lichtwahrnehmung, Ortswahrnehmung, Bewegungswahrnehmung werden besonderen, im sensorischen Apparat enthaltenen Einzelfunktionen zugeteilt. Die Duplizitätstheorie, gestützt durch neue Forschungsergebnisse über photochemische (v. STUDTNITZ) und elektrophysiologische (GRANT) Prozesse in der Nervensubstanz der Netzhaut vermag viele Vorgänge im Sinnesorgan zu erklären. Aber auch diese Lehren bedürfen mancher Zusatzannahmen, wenn sie isoliert auf die Wahrnehmung des Individuums angewendet werden sollen. Aus den Abbildungsverhältnissen auf der Netzhaut läßt sich z. B. der Unterschied zwischen Tag- und Nachtsehen nur unvollkommen erläutern; die sog. Empfindlichkeitssteigerung in der Netzhaut ist offenbar keine echte, da sie unter Verlust an Auflösungsvermögen vor sich geht bzw. sich die Netzhautelemente zu größeren Funktionskreisen zusammenschließen. Ferner besitzt die Netzhaut am Tage ein maculopetales Funktionsgefälle, das in der Dämmerung fehlt; eine hierfür postulierte gegen-

seitige Hemmung zwischen Stäbchen und Zapfen wäre aus der Reizänderung nicht ohne weiteres zu verstehen, da diese ja quantitativer Art ist.

Offenbar gelingt die Aufgliederung der peripheren Funktionen und ihre Umweltbeziehung nur bis zu einem gewissen Grade, d. h. zu einer bestimmten Leistung müssen wir nicht nur eine, sondern mehrere Organfunktionen in Betracht ziehen. So verändern sich nach unserer Meinung im Bereich des Gesichtssinnes Sensorik und Motorik stets gleichzeitig. Auch die Methoden der Sehschärfenprüfung, der Gesichtsfelduntersuchung, die Lichtsinnmethode, die Adaptometrie, die Auswertung der Lokaladaptation, die Messung des Zeitfaktors, welche zunächst die Sensorik erfassen sollen, gehen stets mit motorischen Veränderungen einher und lassen sich nur dann voll verstehen, wenn das Verhältnis von Sensorik und Motorik zur Umwelt berücksichtigt wird.

Bei der Perimetrie und Campimetrie werden kleinere Umweltbezirke wechselnder Größe abgeteilt, indem ein einzelner Umweltteil in der 2. Dimension, bei der HARMSSchen Methode in der 3. Dimension dem beharrenden Zentrum angenähert wird, bis die Wahrnehmungsschwelle bestimmt ist. An einer Zeichnung oder dem Modell der Gesichtsfeldinsel erhält man einen Überblick über verschiedene nacheinander geprüfte Beziehungen zwischen Organismus und Umwelt, ohne daß durch diesen Begriff eine Wahrnehmungseinheit repräsentiert ist. Je näher die jeweils geprüfte Grenze dem Zentrum ist, desto enger ist die Umweltbeziehung. Bei größerer Annäherung (Tageslicht) kann in der Umweltmitte der Tiefenabstand einzelner Teile ein größerer sein als außerhalb, und das Optimum der Änderungsgeschwindigkeit, also das Verhältnis von Bewegung und Beharrung, hat einen größeren Spielraum. Motorisch handelt es sich um ein unmerkliches Pendeln der Augen um die Ruhelage, das mit den zum Vergleich nötigen Spannungsschwankungen der Augenmuskeln zusammenhängt; mit Annäherung an das Zentrum werden diese geringer. Die Gesichtsfeldinsel darf nicht nur sensorisch bestimmt aufgefaßt werden, und ihre unregelmäßig gestaltete Oberfläche (HARMS) wird gerade motorisch verständlich. Bei herabgesetzter Beleuchtung ändert sich mit der Form des Gesichtsfeldes auch die Sicherheit, mit der die Augenhaltung beherrscht wird, wie umgekehrt durch Augenbewegungen das Gesichtsfeld eine andere Form erhält bzw. das Auflösungsvermögen sinkt. — Die als Sehschärfe geprüfte Funktion schließlich weist besonders feine Augenbewegungen auf, wie sie etwa zum Lesen nötig sind.

Dunkeladaptation bedeutet in unserer Sicht die Bewegung eines Umweltkomplexes in weiten Entfernungen. Bei dieser niedrigsten Stufe ist die Umwelt völlig ungegliedert und läßt sich nur als allgemeine komplexe Annäherung oder Entfernung zum Organismus wahrnehmen.

Sensorisch ist die Abbildung großer Umweltkomplexe von Bedeutung, motorisch verharren die Augen in einer gehemmten Ruhelage. Die erfaßbare Bewegungsgeschwindigkeit ist gering. — Bei einer groben, den ganzen Umweltkomplex gliedernden Struktur, wie sie mit dem Streifenmuster gegeben wurde, kann auch noch von einer primitiven Funktion gesprochen werden. Motorisch findet man umweltbedingte Augenbewegungen, die um die Ruhelage orientiert sind: Nystagmus. In der Wahrnehmung wird ein Einzelteil nicht klar erkannt, sondern dieser zeigt die Neigung, sich zu einer größeren Fläche auszubreiten: Die sog. physiologische Irradiation steht dem bei hohen Leistungsstufen gegebenen Kontrast gegenüber.

Unsere Untersuchungen haben auch gewisse Beziehungen zur Bestimmung der Flimmergrenze. Bei Entfernung eines allgemein gegliederten Umweltkomplexes oder bei ungünstiger Bewegung tritt Verschmelzung ein, ferner bei übergroßer Annäherung, welche die Bewegung auf die 3. Dimension beschränkt. Die Begriffe der Simultan- und Sukzessivempfindung erfahren eine andere Deutung, wenn sie aus der Beziehung von Bewegung und Beharrung zum Organismus gedeutet werden: Sie sind nicht grundsätzlich verschieden, sondern stellen einen fließenden Übergang in die nächste Stufe der Umweltbeziehung dar. Die Simultanempfindung, die auch dem binocularen Tiefensehen zugrunde liegt, ist eine quantitativ höhere, mit der verschiedene Einzelteile erfaßt werden. Die Definition der Wahrnehmungsschwelle als Grenze, bei der Beharrung und Bewegung unterschieden werden können, zwingt, die Verschmelzung als einen Übergang zu geringerer sensomotorischer Differenzierung und Gesichtssinnleistung aufzufassen.

Eine andere Erscheinung, die kürzlich durch CIBIS genau untersucht wurde, ist ebenfalls als ein derartiger Übergang aufzufassen: Die Lokaladaptation. Nach Abschluß aller Bewegung in beiden Dimensionen treten einzelne Umweltteile mit ihren charakteristischen Eigenschaften (wie auch Farben) in ihre Umgebung zurück; sie verschmelzen mit ihr zu einem Komplex, und zwar um so leichter, je niedriger die Ausgangslage der Funktion jeweils war. Entfernt von der Umweltmitte tritt die Lokaladaptation besonders rasch ein, ferner bei großem Abstand des Umweltkomplexes vom Organismus. Wie unsere Untersuchungen zeigten, werden auch während der Ausführung umweltbedingter Augenbewegungen nichtbewegte Strukturen zum Verschwinden gebracht. Fehlen Bewegungen in der Umwelt und von seiten des Organismus, so sinkt die Differenzierung der Funktionen. Aber auch bei sehr rascher Bewegung kann Lokaladaptation eintreten.

Eine zeitliche Verzögerung der Wahrnehmung wird mit der sog. Empfindungs- oder Wahrnehmungszeit gemessen. Das plötzliche Auftauchen eines stärkeren Reizes, also eine gewisse Blendung durch

ungünstige Annäherungsgeschwindigkeit verstimmt das Sinnesorgan zur niederen Funktionsstufe. Da die Sensorik minderdifferenziert und die Motorik gehemmt ist, kann eine örtliche Orientierungsdifferenz in der Einstellung zu verschiedenen Umweltteilen zustande kommen. Auch das Ausweichen der Schwelle bei kurzzeitiger Darbietung, d. h. rascher Bewegungsgeschwindigkeit eines Sehzeichens in der 3. Dimension, die MONJÉ als Lokaladaptation bezeichnet, entsteht durch Übergang in eine niedere Stufe der Wahrnehmung; der Reiz verschmilzt mit seiner Umgebung besonders bei ungünstiger Ausgangslage (SCHWARZ). Für die Bestimmung der sog. Nutzzeit unseres Sinnesorganes wäre zu beachten, daß diese für jeden Funktionsgrad eine andere sein muß und doppelt begrenzt ist: Einmal durch zu große Annäherung und Geschwindigkeit, zum anderen durch zu geringe.

Im Binocularsehen werden Phänomene beobachtet, die bisher als Wahrnehmungshemmungen unklarer Ursache angesprochen wurden: Unterdrückung außerhalb des Fixierpunktes gelegener Doppelbilder, Dominanz, Wettstreit, monoculare partielle oder totale Bildunterdrückung. Diese entstehen nach unserer Auffassung dadurch, daß die Umweltbeziehung eines Auges schwächer ist als die des anderen. Es bildet sich im Bereich der geringeren Differenzierung eine komplexe allgemeine Wahrnehmung, in welcher die Struktur zurücktritt. Die Ursache ist vielfach eine einseitige motorische Überlegenheit (monoculare Führung), die aber auch sensorisch bestimmt sein kann, wie z. B. beim Mikroskopieren. Von krankhaften Steigerungen dieser Vorgänge wurde in früheren Arbeiten berichtet.

Über das Zustandekommen der motorischen Verhaltensweise sind zahlreiche Anschauungen entwickelt worden, die sich zunächst auf die Reflexlehre gründen; die Augenbewegungen werden als optomotorische bzw. psychooptische Reflexe aufgefaßt (F. B. HOFMANN). Die Frage, ob das Netzhautzentrum oder die Peripherie bedeutungsvoller ist, wird diskutiert und die Vorstellung entwickelt, daß optokinetische Kräfte der Netzhaut den Umweltreiz auf die Netzhautmitte überführen. Eine weitere Frage ist die, ob die intracerebralen Bahnen, die für die Ausführung des optokinetischen Nystagmus eine Rolle spielen, cortical oder subcortical verlaufen. Während die meisten Forscher ihr Interesse Frequenz und Amplitude des Nystagmus zugewandt haben, wurde in unseren Versuchen die Beziehung zur Wahrnehmung und zum sensorischen Differenzierungsgrad festgelegt. Da während des Nystagmus nur eine allgemeine Gliederung und Bewegung der Umwelt wahrgenommen wird, dürfte ein Funktionsgefälle zur Netzhautmitte nicht wesentlich sein; denn die Vorrangstellung der zentralen Netzhaut gehört zu einem höheren Freiheitsgrad der Motorik, der erst mit den Einstellbewegungen, besonders aber den Führungsbewegungen und der Fixation gegeben ist.

Die umweltbezogene Motorik muß schließlich eine corticale Funktion sein, da sie mit der Wahrnehmung zusammenhängt; die Hemmung, welche die niederen Grade auszeichnet, ist subcorticalen Ursprungs.

Nach unserer Deutung gehören die nystagmusartigen biphasischen Augenbewegungen einer bestimmten Funktionsstufe des Sinnesorganes an und lassen sich nicht als Folge der sensorischen Veränderungen ableiten; denn sie können auch bei Streifenbewegung über die Netzhaut fehlen, wenn fixiert wird. Sie entstehen wie alle Augenbewegungen aus den feinen Pendelschwingungen, die bei genauer Analyse scheinbar unbewegter Augen stets gefunden werden (KESTENBAUM). Diese Schwankungen sind Ausdruck subcortical gesteuerter Abweichtendenzen in alle Bewegungsrichtungen, die ständig die Einstellung auf die Umwelt umspielen. Beim Nystagmus überwiegen solche subcorticalen Impulse über die corticalen Intentionen, welche eine ruhige Blickhaltung begünstigen; so entstehen sichtbare Pendelbewegungen verschiedenen Ausmaßes in dieser oder jener Richtung. Beim optokinetischen Nystagmus ist im Sinne einer niederen Leistungsstufe des Gesichtssinnes eine unvollkommene Orientierungsänderung durch die Umweltbedingungen gegeben; es kommt zu einem Mißverhältnis der Augenstellung und ihrer cortical gesteuerten Orientierung.

Wie am Unterschied zwischen ruhiger Fixation und Führungsbewegung ersehen werden kann, bleibt auch die willkürliche Bewegung noch abhängig von der Umwelt; ROELOFS meint sogar, daß auch die spontane Motorik der Vorstellung eines Gegenstandes bedürfe. Der Reflexbegriff wird also inhaltlos, wenn ihm auch die sog. Eigenbewegung zugerechnet werden muß. Selbst dann, wenn sichtbare Augenbewegungen fehlen, liegt ein wohlcharakterisiertes motorisches Verhalten vor; denn entweder befinden sich die Augen bei maximaler motorischer Hemmung in Ruhelage, oder sie fixieren einen unbewegten Umwelteil. Die Fixation faßt KESTENBAUM als einen Vorgang auf, der aus sich aufhebenden Impulsen zur Rechts- und Linkswendung resultiert. Sowohl auf die Augenbewegung als auch auf die Augenruhe trifft also wieder der Reflexbegriff zu; er ist offenbar ungeeignet, die verschiedenen motorischen Möglichkeiten abzugrenzen.

Zu den Methoden der objektiven Funktionsprüfung mit Hilfe des optokinetischen Nystagmus (RIEKEN, GÜNTHER, BIRUKOW) kann ebenfalls Stellung genommen werden. Weder über die primitivste, noch die höchste Funktionsstufe kann etwas ausgesagt werden; wie GÜNTHER auch angibt, wird ein Muster bestimmter Feinheiten besser wahrgenommen als ein Sehzeichen gleichen Schwinkels. Da wir mit der Fixation eine willkürlich beherrschte Motorik vor uns haben, ist auch die Methode der Nystagmushemmung von OHM und die der Auslösung von Führungsbewegungen nach GOLDMANN nur mit Einschränkungen ver-

wertbar. Für eine umfassende Funktionsprüfung scheint uns hingegen die Beobachtung verschiedener Formen der Augenbewegung, wie sie hier vorgeschlagen wird, geeignet.

Noch ausgesprochener gilt die Abhängigkeit vom Differenzierungsgrad der Motorik und Sensorik für Pupille und Akkommodation, die erst bei hoher Differenzierung ansprechen. So fand HARMS, daß sich nur unter günstigen Bedingungen eine Umweltbeziehung der Pupillomotorik messen läßt. Die Beherrschbarkeit der Akkommodation nimmt im Dunkeln ab (Nachtmyopie), Akkommodationsbreite und -zeit sinken. Bei Zentralskotomen sind Pupille (HARMS) und Akkommodation in ihren Leistungen gestört.

In der Erörterung, welche Bedeutung das motorische Verhalten für die Wahrnehmung des Individuums besitzt, werden die Begriffe nicht immer mit der nötigen Klarheit auseinandergehalten. Die Frage, ob die Umweltbewegung von einer Bildverschiebung auf der Netzhaut durch Eigenbewegung unterschieden wird, ist von HERTZ auf Grund von Tierversuchen bejaht, von anderen verneint worden. V. BUDDENBROCK meint, daß „bei der optomotorischen Reaktion und beim Bewegungssehen etwas anderes vorläge“; nicht ein einzelner Umweltteil, sondern erst mehrere Streifen vermögen einen optokinetischen Nystagmus auszulösen. Nach unseren Untersuchungen ist ein Rückschluß von der Motorik auf Wahrnehmungsgrenzen im Sinne von absoluten Schwellen nicht möglich.

Allen diesen Darstellungen wird durch die unsere natürlich nicht widersprochen, sondern sie sind als untergeordnete Reaktionen im Bereich einzelner Leistungsstufen des Gesichtssinnes aufzufassen, mit denen sich die Auseinandersetzung zwischen Organismus und Umwelt vollzieht. Diese als Einzelleistungen des Gesichtssinnes beschriebenen Beobachtungen sind jedoch sehr beschränkt verwertbare Abstraktionen, die in ihrer Gesamtheit überblickt werden müßten.

Ein etwas anderer Betrachtungsstandpunkt wird eingenommen, wenn wir die Vorgänge im zentralnervösen Apparat analysieren. Wie in einer früheren Arbeit ausgeführt wurde, sind im Zentralnervensystem Motorik und Sensorik mehr zusammengefaßt vertreten, eine Meinung, die sich auf ZEEMANNs Ansichten stützt. Auch aus den Ergebnissen von W. R. HESS kann entnommen werden, daß die Umweltbeziehung im Zentrum noch einheitlich ist; sie läßt allgemeine Wechselwirkungen wie Aufbau — Abbau, Annäherung — Entfernung erkennen. In der Körperperipherie ist hingegen eine große Anzahl von Organleistungen auf die Umweltbeziehung eingestellt, die damit auf bestimmte Formen eingengt wird, während zwischengeschaltete Hirnbezirke dieses Prinzip der Aufgliederung noch unvollkommen erkennen lassen. Nach unserer Ansicht können die Wahrnehmungen des Individuums entweder allgemein auf die komplexen Hirnfunktionen oder genauer auf die peripheren

Organleistungen bezogen werden, womit sich wieder Zusammenhänge zwischen Zentrum und Peripherie herstellen lassen. Eine primäre Vereinigung dieser Betrachtungsweisen oder gar Vermischung mit einem dritten Standpunkt, wie dem psychologischen (Gestaltkreis v. WEIZSÄCKERS), hingegen erscheint uns weniger glücklich, da zu komplexe Begriffsbildungen notwendig werden. v. WEIZSÄCKER spricht bei Änderungen der Sinnesleistung von einem sprunghaften Funktionswandel: Quantitative Änderungen der Reize entsprechen Sprüngen der Leistungsqualität. Auch wir finden verschiedene Wahrnehmungsformen, glauben sie aber auf den stetigen Wandel der Umweltbeziehung des Organismus beziehen zu müssen, die von einer diffusen zu einer spezialisierten eingeeignet wird.

v. UEXKÜLL mißt der Einführung teleologischer Deutungen ein besonderes Gewicht bei. Wir gingen von der Annahme aus, daß die gesamte Natur mit allen jemals entdeckbaren Eigenschaften von vornherein gegeben ist; ohne daß wir über deren Wesen an sich etwas aussagen können, sehen wir Veränderungen auftreten und mit ihr diese oder jene Eigenschaft in den Vordergrund rücken (Differenzierungsprozeß). „Alles Planmäßige aus Planmäßigem“ sagt auch v. UEXKÜLL, „Ordnung entsteht aus Ordnung“ SCHRÖDINGER. Durch Differenzierung werden Individuen mit bestimmten körperlichen und geistigen Eigenschaften entwickelt, welche sich aus der übrigen, weniger differenzierten Umwelt in verschiedenem Maße hervorheben, jedoch in ständiger Wechselwirkung mit ihr stehen. Begriffe wie Bahnung — Stimmung — Gewöhnung, — Lernen bedeuten solchen positiven Differenzierungsvorgang, während Hemmung — Verstimmung — Vergessen einem Übergang in Minderdifferenzierung entsprechen.

Auch einfache Kausalzusammenhänge können bereits als „finale“ Zielstrebigkeit angesehen werden, die allerdings aus mehreren Kausalabhängigkeiten gleichzeitig deutlicher zu entnehmen ist. Nicht immer können wir mit unseren plumpen Sinnesorganen feinste Zusammenhänge eines einzelnen Kausalnexus aus den unendlichen Beziehungen abgrenzen, sondern wir müssen uns vielmehr oft mit der Feststellung von Wechselwirkungen oder statistischen Beziehungen unter vielen Faktoren begnügen. Gerade dann aber liegt im Biologischen die teleologische Einstellung nahe, die wir auch für unsere Untersuchungen geben könnten. So soll nach v. UEXKÜLL die Optomotorik eine bewegte Umwelt ruhig erhalten. Jedoch scheint uns die kausalanalytische Auflösung im Sinne SCHOPENHAUERS die weitergehende und kritischere zu sein.

Eignung der Methode für die Untersuchung krankhafter Störungen.

Die Gesichtswahrnehmungen entstehen aus der Auseinandersetzung zwischen Organismus und Umwelt, deren Differenzierungsgrad ständig

wechselt. Die Grundlage der Sinnesfunktion bildet offenbar eine Leistung mittlerer Differenzierung, welche sich in eine spezialisierte, eingeengte oder aber in eine diffuse, allgemeine verwandeln kann. Die Gesichtsfeldprüfung gibt einen Einblick lediglich in die Grundfunktion; Störungen werden als Gesichtsfeldausfälle, als Skotome festgelegt, in deren Gebiet die Wahrnehmungsschwelle erhöht ist. Jeder Kliniker weiß aber, daß die Perimetrie keineswegs für alle Abweichungen ausreicht: Störungen der niederen Funktionen werden mit dieser Methode nicht erfaßt, und Ausfälle um und im Fixierpunkt sind ihrer Lage und ihrem Grade nach nicht sicher festzulegen. Nur Ausfälle in der intermediären Gesichtsfeldzone können genau aufgezeichnet werden; aber auch bei diesen haben wir noch keine Vorstellung über die gesamte Wahrnehmungsstörung, wie sie unter den verschiedensten Bedingungen auftritt. So verwandeln sich die gefundenen Skotome bei Dunkelaufenthalt, bei Refraktionsanomalien oder Medientrübungen sehr unterschiedlich, je nachdem welche Funktion durch die Störung besonders betroffen ist, und welche Leistung gerade untersucht wird. Auch die motorische Sphäre ist beteiligt. Die Prüfung der Dunkeladaptation, der Sehschärfe, der Augenbeweglichkeit erfordert völlig verschiedene Untersuchungsgänge, die selten in ihrer Gesamtheit ausgeführt werden.

In den geschilderten Versuchen hatten wir 2 Versuchspersonen unter verschiedenen Bedingungen geprüft und sahen, daß sich grundsätzlich eine Verschlechterung der Umweltbeziehung als eine niedere Wahrnehmungsstufe darstellte. Allerdings betrafen diese Verschiebungen zur niederen Funktion unter verschiedenen Bedingungen teils mehr die höchsten, teils mehr die primitivsten Gesichtssinnleistungen.

Wir untersuchten zunächst den Einfluß von Refraktionsanomalien und fanden die Schwelle der allgemeinen Umweltwahrnehmung erniedrigt. Doch besonders geschädigt war durch die Vernebelung des Wahrgenommenen die Spitzenleistung in der gewählten Anordnung: bei langsamer Geschwindigkeit verspätete sich der Nystagmus bzw. die Wahrnehmung der Streifen, bei rascher hingegen die Fixation.

Auch über Umwelteinengung wurde bereits im experimentellen Teil gehandelt. Bei unserer Versuchsanordnung müssen wir dann besonders deutliche Abweichungen erwarten, wenn die Einengung in der Waagerechten eingetreten ist. Die Verschlechterung der primitiven Funktionen steht im Vordergrund, jedoch werden auch die höheren verringert. So erfolgte die Wahrnehmung der Bewegung bzw. das Auftreten des Nystagmus verspätet, und bei langsamer Geschwindigkeit wurde die Fixation erheblich gestört. Sie trat überhaupt nicht ein, wenn das Umfeld zu klein wurde. Das gilt auch für das monoculare Sehen, worauf besonders H. PIPER hingewiesen hat: Die Verschlechterung der Umweltbeziehung

wirkt sich besonders schwerwiegend unter ungünstigen Bedingungen, also für die Wahrnehmungsschwelle nach längerem Dunkelaufenthalt aus.

Liegt im Gesichtsfeld ein Zentralskotom vor, so müssen hingegen gerade differenzierte Stufen betroffen sein; der Abstand bis zum Auftreten der Fixation wird auffällig groß, obwohl Einstellbewegungen auf eine periphere Marke ausgeführt werden. Parazentrale und sektorenförmige Gesichtsfeldausfälle müßten eine mittlere Stufe beeinträchtigen, wie sie der Gesichtsfeldprüfung entspricht.

Wir haben auch bei einigen Patienten mit krankhaften Augenveränderungen Untersuchungen mit unserer Methode angestellt. Wir begannen nach 30 min Dunkelaufenthalt; die Patienten hatten das Auftauchen des Lichtes, die Sichtbarkeit des Musters und das Erscheinen des Fixierpunktes anzugeben. Auf die Festlegung des Nystagmus und der Einstellbewegungen haben wir zunächst verzichtet. Die Geschwindigkeit der Streifenbewegung wurde je nach Lage des Falles gewählt. Diese Methode stellt in der Klinik vielleicht insofern etwas Neues dar, als nicht nur verschiedene Funktionen an sich, sondern ihre Anpassung an ungünstige Bedingungen bzw. der Übergang von einer zur nächsten Gegenstand der Untersuchung ist.

Als Beispiel seien 2 Ergebnisse mitgeteilt:

1. einseitiges Zentralskotom rechts 5/20, links 5/4 bei retrobulbärer Neuritis.

Bei langsamer Geschwindigkeit ergaben sich folgende Werte:

	Wahrnehmungsschwelle	Muster	Fixation
Gesundes Auge	3,10	2,80	2,44
Krankes Auge	3,17	2,77	1,86

2. Konzentrische Gesichtsfeldeinengung, RS = LS 5/10 p bei tapeto-retinaler Degeneration.

Bei mittlerer Geschwindigkeit ergaben sich folgende Werte:

	Wahrnehmungsschwelle	Muster	Fixation
	0,74	0,35	0,42

Wir glauben aus diesen unseren Beobachtungen zu erkennen, daß Erkrankungen des peripheren Sehorgans bestimmte Leistungsstufen vorwiegend schädigen, während die anderen Funktionen ebenfalls, wenn auch weniger stark, beeinträchtigt sind.

Ist der sensorische Teil: Netzhaut, Opticus, Sehbahn erkrankt, so ist auch die Motorik charakteristisch verändert: Je nach Art der Störung tritt entweder der optokinetische Nystagmus verspätet ein, fehlt die Einstellbewegung oder erfolgt anstatt der Führungsbewegung eine Folge von Einstellbewegungen (sog. saccadierte Führungsbewegungen). Bei

einseitigen Störungen höherer Funktionsstufen führt die mangelhafte Orientierungsänderung auch zum Doppeltsehen und zur Schielabweichung, die ebenfalls einer bestimmten, allerdings einseitig ausgeprägten Funktionsminderung entsprechen. — Bei Erkrankungen der Motorik sind die gleichen Wahrnehmungsänderungen zu erwarten, die der sensomotorischen Minderdifferenzierung entsprechen; der Wahrnehmungsabbau bei Paresen ist bekannt (sog. Hemmungsamblyopie). Je nach ihrem Grade ist die Führungsbewegung oder die Einstellbewegung gestört oder liegt ein Nystagmus vor. Auch kann eine *Déviacion conjugué*e oder ein Strabismus durch Überwiegen des tonischen subcortical innervertierten Prinzipes eintreten. Die Krankheitsbilder der typischen Blicklähmungen und Halbseitenblindheit sind eingeschlossen, die trotz ihrer besonderen Lokalisation keine Sonderstellung einnehmen. Die klinische Unterscheidung zwischen sensorischer und motorischer Gesichtssinnstörung gründet sich allerdings nicht allein auf die Wahrnehmungsprüfung, sondern auch auf die Beurteilung der Muskeln als Einzelorgane und auf die Augenhintergrundsuntersuchungen.

Ein Ausblick auf ein wichtiges Kapitel: Zentralskotom und Vernebelung im Falle einer durch Maculadegeneration komplizierten Katarakt sei gestattet. Wir hatten festgestellt, daß bei Vernebelung die Abstände zwischen den einzelnen Schwellen gleich groß werden, während bei isolierter Schädigung der Fixationsfähigkeit ein größerer Abstand entsteht. Gelingt es also noch, ein grobes Muster zur Wahrnehmung zu bringen, so müßte bei entsprechendem Helligkeitszuwachs eine zentrale Marke gleicher Größe dann noch erkannt werden, wenn die Netzhautmitte funktioniert.

Zusammenfassung.

Die heutigen gebräuchlichen Methoden der Gesichtssinnuntersuchung prüfen entweder differenzierte Funktionen (Sehschärfe, Gesichtsfeld) oder primitive (Dunkelanpassung). Motorik und Sensorik werden getrennt beurteilt. Es wird eine umfassendere Methode der sensomotorischen Lichtsinnprüfung am Projektionsadaptometer nach RIEKEN-MEESMANN vorgeschlagen. Nach 30 min Aufenthalt im Dunkelraum wird eine Leuchtfläche betrachtet, aus der ein bewegtes Streifenmuster und ein unbewegter Mittelpunkt ausgespart sind. An der Wahrnehmungsschwelle ist ein komplexer Lichteindruck vorhanden, dann tritt das Muster hervor, es setzt ein Nystagmus ein, und schließlich wird der Mittelpunkt sichtbar und der Nystagmus erlischt (Fixation). An dieser Versuchsanordnung wurde durch Veränderung der Streifenfläche und der Streifengeschwindigkeit Verschiebungen der Grenzen aufgezeichnet und das Verhalten bei Vernebelung mit Konvexgläsern untersucht. Prüfungen der Akkommodation und der Pupillen wurden ergänzend vorgenommen.

Aus den Versuchen wird die Auffassung abgeleitet, daß verschiedenartige Funktionen des Gesichtssinnes vorliegen können: höhere, bei denen die Umweltbeziehung eine feste ist, und niedere mit lockerer Umweltbeziehung. Jede Stufe ist durch ein bestimmtes sensorisches und motorisches Verhalten ausgezeichnet: sensorisch ist die Größe der Umwelt mit Beharrung und Bewegung, motorisch ein bestimmter Freiheitsgrad der Augenbeweglichkeit gegenüber der Umwelt gegeben. Durch zunehmende Verdichtungsvorgänge in Organismus und Umwelt können Strukturen und Bewegungen wahrgenommen werden, während bei den niederen Leistungsgraden komplexe allgemeine Umweltwahrnehmung ohne Einzelheiten vorliegt.

Nach dieser Auffassung sind alle Veränderungen in Motorik und Sensorik Parallelerscheinungen, die mit der Abwandlung der Umweltbeziehung eintreten und der Wahrnehmung zugrunde liegen. Von diesem Standpunkt aus wird die beschriebene Versuchsanordnung mit den bisherigen Auffassungen und Untersuchungsmethoden des Gesichtssinnes kritisch verglichen.

Abschließend wird gezeigt, daß bei krankhaften Ausfällen im sensorischen Apparat auch motorische Veränderungen (und umgekehrt) vorliegen, die zu einer bestimmten Wahrnehmungsveränderung gehören.

Literatur.

- BEST, W.: Graefes Arch. **152**, 99 (1951). — BERUKOW, G.: Z. vergl. Physiol. **25**, 92 (1937). — BUDDENBROCK, W. v.: Grundriß der vergleichenden Physiologie. Berlin: Gebrüder Bornträger 1937. — CIBIS, P.: Graefes Arch. **148**, 1, 216 (1947/48) GRANT, R.: Acta ophthalm. (Københ.) Suppl. **1936**. — GÜNTHER, G.: Objektive Sehschärfenbestimmung. Halle: Karl Marhold 1950. — HAMBURGER, F. A.: Das Sehen in der Dämmerung. Wien: Springer 1949. — HARMS, H.: Klin. Mbl. Augenheilk. **112**, 353 (1947). — Graefes Arch. **150**, 28 (1950). — HOFMANN, F. B.: Die Lehre vom Raumsinn des Auges. Berlin: Springer 1920. — HERTZ, M.: Naturwiss. **23**, 6 (1935). — HESS, W. R.: Die Organisation des vegetativen Nervensystems. Basel: Benno Schwabe 1948. — KESTENBAUM, A.: Klin. Mbl. Augenheilk. **65**, 425 (1920). — Graefes Arch. **105**, 729 (1921); **114**, 550 (1924); **124**, 113, 139 (1930). — Z. Augenheilk. **45**, 97 (1921); **57**, 557 (1925); **63**, 159 (1927). — LAUBER, H.: Das Gesichtsfeld. Berlin: Bergmann-Springer 1944. — MEESMANN, A.: Klin. Mbl. Augenheilk. **110**, 446 (1944). — MONJÉ, M.: Pflügers Arch. **255**, 499, 508 (1952). — OHM, R.: Entwicklung einer Methode objektiver Sehschärfenbestimmung. Stuttgart: Ferdinand Enke 1947. — PIPER, H.: Z. Psychol. **31**, 161 (1903). — PIPER, H. F.: Graefes Arch. **152**, 425 (1952). — RIEKEN, H.: Klin. Mbl. Augenheilk. **107**, 1, 306 (1941). — Graefes Arch. **145**, 1 (1943). — ROELOFS, C. O.: Arch. Augenheilk. **98**, 104 (1927); **102**, 551 (1930). — ROELOFS, C. O., u. W. P. C. ZEEMANN: Graefes Arch. **88**, 1 (1914). — STUDNITZ, v.: Klin. Mbl. Augenheilk. **111**, 193 (1945/46). — ÜEXKÜLL, W. v.: Theoretische Biologie, 2. Aufl. Berlin: Springer 1928. — WEIZSÄCKER, W. v.: Der Gestaltkreis, 4. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme 1950. — ZEEMANN, W. P. C.: Arch. Augenheilk. **100**, 1 (1929).