

Auf der IVBV-Jahrestagung 2001 in Lahnstein wurden viele interessante Vorträge zum Thema der binokularen Korrektur gehalten. Die DOZ wird in den folgenden Heften einige dieser Beiträge veröffentlichen. In dieser Ausgabe beginnen wir mit den Beiträgen von Prof. Methling „Kritische Anmerkungen zu Messungen mit dem Polatest“ und von Prof. Diepes über das Thema „Was ist Fixationsdisparation?“.

Zusammenfassung des folgenden Beitrages:

Prof. Dr. rer. nat. habil. D. Methling betonte eingangs in seinem Beitrag „Erfahrungen und kritische Anmerkungen zu Messungen mit dem Polatest“, dass er gegenwärtig keine bessere Möglichkeit sehe, als mit dem Polatest latente Störungen des Binokularsehens zu messen und effektiv zu korrigieren. Er wies dann jedoch mit Nachdruck darauf hin, dass der MKH-Methode ein mechanistisches Modell zugrunde liege und man gut beraten ist, nicht einer dogmatischen Anwendung zu erliegen. Zunächst referierte er zum gegenwärtigen Stand der Erkenntnisse betreffs physiologischer Vorgänge im visuellen Prozess. Dabei ging er systematisch auf Vorgänge in der Netzhaut, im seitlichen Kniehöcker, im visuellen Cortex und im Corpus callosum ein. Er befasste sich dabei unter anderem mit den rezeptiven Feldern der einzelnen Verarbeitungsebenen, mit den verschiedenen Zelltypen und ihren Reaktionen auf unterschiedliche optische Muster und arbeitete insbesondere die noch vorhandenen vielen „weißen Flecken“ im Erkenntnisstand des Binokularsehens heraus. Im Anschluss daran betrachtete er Mikrobewegungen und Noniusehschärfe unter dem Aspekt ihrer Verträglichkeit mit mechanistischen Modellen über das Binokularsehen. Er hob dabei die dynamischen Aspekte und die möglicherweise stärkere zeitlich integrative Art der visuellen Verarbeitung hervor. Die weiteren Ausführungen betrafen primär praxisrelevante Fragestellungen, wobei auch auf Fertigungstoleranzen eingegangen wurde. Aufgrund eigener jahrzehntelanger praktischer Erfahrung mit mehr als 10000 Fällen betonte der Referent, dass in sehr vielen Fällen auch Unterkorrekturen sehr effektiv sein können. Im weiteren wurde darauf hingewiesen, dass ein relativ grosser Prozentsatz von Brillenträgern ein latent gestörtes Binokularsehen hat. Bei etwa 75 Prozent dieser Fälle sind die Werte ≤ 4 cm/m. In diesem Zusammenhang ist die Tatsache bedeutsam, dass die Werte auch bei prismatischer Korrektur nicht ansteigen. Sich um diesen Personenkreis intensiver als bisher zu kümmern sei eine wichtige Aufgabe. Denn durch eine binokulare Korrektur könnten viele asthenoptische Beschwerden effektiv beseitigt oder zumindest spürbar reduziert werden. Der Referent sprach abschließend die Anregung an die Mitglieder der IVBV (Internationale Vereinigung für Binokulare Vollkorrektur) aus, zukünftig den Akzent ihrer Tätigkeit stärker auf diesen Personenkreis zu richten. Hilfreich bezüglich der Kooperation mit anderen Berufsgruppen könne auch die Feststellung sein, dass man nicht an einer dogmatischen Betrachtungsweise der Problematik interessiert sei. Um diese Auffassung zu unterstreichen, regte er an, darüber nachzudenken, den Namen der Vereinigung etwas abzuwandeln, zum Beispiel in IVBM (Internationale Vereinigung für Binokulare Messung) oder in IVBK (Internationale Vereinigung für Binokulare Korrektur).

Prof. Dr. rer. nat. habil. D. Methling

Erfahrungen und kritische Anmerkungen zu Messungen mit dem Polatest

Einleitende Bemerkungen

Vor mehreren Jahrzehnten erarbeitete H.-J. Haase Grundlagen, auf deren Basis das Polatest-Gerät zur Messung von latenten Störungen des Binokularsehens entwickelt wurde. Aufgrund gewissenhafter Beobachtungen und Analysen von Messergebnissen entwickelte er ein mechanistisches Modell, das geeignet war, die wesentlichsten Erscheinungen an den Testen zu interpretieren und Vorschläge für Korrekturen zu begründen.

Die Anwendung des Gerätes erwies sich als sehr hilfreich. Jedoch gingen und gehen die Meinungen und Erfahrungen in Bezug auf die abzuleitenden Korrekturen auseinander. Einerseits gibt es Verfechter der Auffassung von Haase, grundsätzlich Vollkorrekturen vorzunehmen, das heißt die MKH-Methode anzuwenden, andererseits nehmen viele Untersucher meistens nur Unterkorrekturen vor und sind damit bezüglich der Beseitigung von asthenoptischen Beschwerden sehr erfolgreich. Ein Modell spiegelt zwangsläufig immer nur bestimmte Erscheinungen weitestgehend korrekt wider, andere jedoch nicht. Als Beispiel seien hier der Welle-Teilchen-Dualismus für das Licht und die scheinbar gegensätzlichen Theorien zur Farbwahrnehmung genannt. Erst in den letzten zwanzig Jahren wurde dieser scheinbare Widerspruch zur Farbwahrnehmung aufgeklärt. Man stellte nämlich fest, dass die Dreifarben-theorie nach Young und Helmholtz die Vorgänge in der Netzhaut des Auges widerspiegelt und die Gegenfarbentheorie nach Hering die Vorgänge im Cortex.

In diesem Beitrag sollen daher Erkenntnisse über das visuelle System skizziert werden, die nach Meinung des Autors im mechanistischen Modell von Haase nicht berücksichtigt sind. Aus Betrachtungen zu Anpass- und Fertigungstoleranzen werden außerdem Grenzen für realistische Korrekturwerte aufgezeigt. Die Absicht dieses Beitrages besteht aber nicht darin, die Nützlichkeit der vorhandenen Messmöglichkeit mit dem Polatest zu negieren, sondern dazu anzuregen, sich der Grenzen eines „mechanistischen“ Modells bewusst zu werden und nicht der Gefahr dogmatischer Handlungsweisen zu erliegen. Umfangreiche Erfahrungen des Autors bei Messungen und mit Korrekturen latenter Störungen des Binokularsehens, die hier aber nicht im einzelnen aufgeführt werden sollen, untermauern die Anregung zu einem sorgsamem und behutsamen Umgang bei Argumentationen zu diesem Thema. In diesem Sinn ist der Beitrag sicher etwas provokant, er soll jedoch nicht provozieren, sondern zu einer selbstkritischen Beschäftigung mit der Materie anregen.

Physiologische Kenntnisse ¹⁾

Das Gehirn enthält etwa 10^{12} Zellen, zwischen denen 10^{14} bis 10^{15} Verbindungen existieren, die gepaart mit einem großen Maß an Ordnung eine große Komplexität zum Ausdruck bringen. Für das visuelle System sind unter anderem zwei Merkmale kennzeichnend:

- die Existenz rezeptiver Felder,
- das Prinzip der Konvergenz bei der Signalweiterleitung.

Vorgänge in der Netzhaut

Die Rezeptoren der Netzhaut (Stäbchen und/oder Zapfen) liefern elektrische Signale, die von den nachfolgenden Elementen der Netzhaut (Bipolar- und/oder Ganglienzellen) sinnvoll verarbeitet werden. Dabei speist eine begrenzte Anzahl von benachbarten Rezeptoren die Zellen (Neuronen) der nächsten Verarbeitungsstufe. Diese begrenzte Anzahl von Rezeptoren bildet das rezeptive Feld.

In Bezug auf die Ganglienzellen der Netzhaut besteht das rezeptive Feld aus einem kreisförmigen zentralen Bereich und einem umgebenden Ringbereich. Das Zentrum speist die Zelle über die direkte Bahn, das antagonistische Umfeld speist die Zelle über die indirekte Bahn (Amakrin- und/oder Horizontalzellen).

Zwei Zelltypen werden unterschieden (Abb 1a):

On-Zentrum Typ

Im Zentrum gelegene Rezeptoren wirken bei Lichteinwirkung erregend (exzitatorisch) auf die Ganglienzelle, im Ringbereich gelegene Rezeptoren wirken hemmend (inhibitorisch) auf die Zelle.

Off-Zentrum Typ

Im Ringbereich gelegene Rezeptoren wirken bei Lichteinwirkung erregend auf die Ganglienzelle, im Zentrum gelegene Rezeptoren wirken hemmend auf die Zelle.

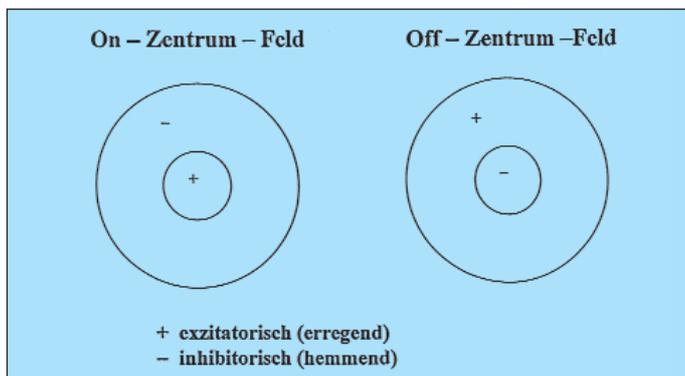


Abb. 1a: Rezeptive Felder in der Netzhaut und durch sie ausgelöste Reaktionen in einer Ganglienzelle. Hier sind die Arten der Felder dargestellt.

Eine On-Zentrum-Zelle reagiert auf einen hellen Fleck. Das Aktionspotential der Zelle erreicht ein Maximum, wenn der Lichtfleck das Zentrum genau ausfüllt (Abb. 1b). Das Aktionspotential wird geringer, wenn der Lichtfleck größer als das Zentrum wird und dann auch das Umfeld beleuchtet. Eine On-Zentrum-Zelle gibt das Ergebnis eines Vergleichs jener Lichtmenge, die auf eine bestimmte Stelle der Netzhaut auftrifft, mit der durchschnittlichen

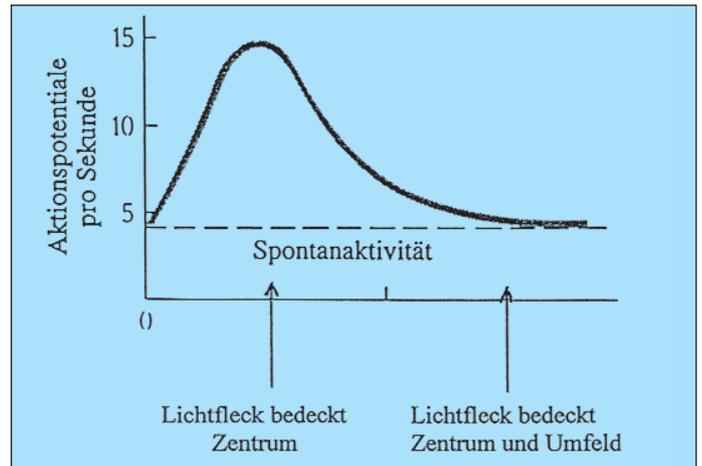


Abb. 1b: Aktionspotential einer Ganglienzelle in Abhängigkeit vom Durchmesser des Lichtflecks, der das rezeptive Feld beleuchtet

lichen Lichtmenge, die das unmittelbare Umfeld trifft, weiter. Das heißt die Information „weißer Fleck“ wird nur durch die Verhältnisse am Rand des Flecks vermittelt. Eine Off-Zentrum-Zelle reagiert auf einen dunklen Fleck. Bei diffuser Beleuchtung der Netzhaut reagieren die beiden Zelltypen nur relativ schwach.

Die Größe der rezeptiven Felder auf der Netzhaut beträgt:

- 2 Winkelminuten im Bereich der Fovea (entspricht 0,01 mm)
- 1 Grad im Bereich der Peripherie (entspricht 0,25 mm)

(zum Vergleich: Abstand zweier Zapfen beträgt etwa 0,5'; entspricht 0,0025 mm)

Vorgänge im seitlichen Kniehöcker (Corpus geniculatum laterale)

Kennzeichnend ist ein schichtenförmiger Aufbau, wobei jeweils abwechselnd eine Schicht von einem Auge und die nächste Schicht vom anderen Auge Signale enthält. Niemals erhält eine Schicht Signale von beiden Augen, das heißt es gibt keine binokulare Verarbeitung auf dieser Ebene.

Die zugehörigen rezeptiven Felder der Netzhaut sind ebenfalls noch in Zentrum und Umfeld unterteilt. Die Neuronen reagieren auf Größenunterschiede und auf Schwarz/Weiß-Verhältnisse.

Hinsichtlich der Weiterleitung der Signale zum Cortex ist von Bedeutung, dass die Zellschichten zwei Gebieten zugeordnet werden können, dem ventralen (bauchseitigen) Gebiet und dem dorsalen (rückenseitigen) Gebiet.

Vorgänge im visuellen Cortex

Das Okzipitalhirn der Großhirnrinde (2 mm dicke Platte) enthält die für die visuelle Wahrnehmung wesentlichen Bereiche:

- Area 17 (primärer visueller Cortex; Area striata)
- Area 18 (sekundäres visuelles Feld, etwa 6 bis 8 mm breiter Streifen um die Area 17)
- MT-Feld (medio-temporales Feld)
- Visuelles Feld 3 (V3-Feld; tertiäre Sehrinde)
- Visuelles Feld 4 (V4-Feld)

Die Area 17 besteht aus sechs Schichten (Abb. 2). Die vom seitlichen Kniehöcker kommenden Fasern ziehen geordnet zur Schicht 4C. Von Schicht 4C aus erfolgen Projektionen auf die Schichten 2, 3 und 4B, von dort auf die Schichten 5 und 6. In

¹⁾ Die Ausführungen zu diesem Abschnitt beziehen sich im Wesentlichen auf Darlegungen von David H. Hubel, die Abbildungen wurden in Anlehnung gestaltet [2]

vereinfachter Darstellung kann der primäre visuelle Cortex aus zweierlei Gruppen bestehend aufgefasst werden und zwar als Augendominanzblöcken, die ihrerseits aus Orientierungssäulen bestehen. Lediglich in der Schicht 4C weisen die Zellen keine Zuordnung zu einer bevorzugten Reizorientierung auf.

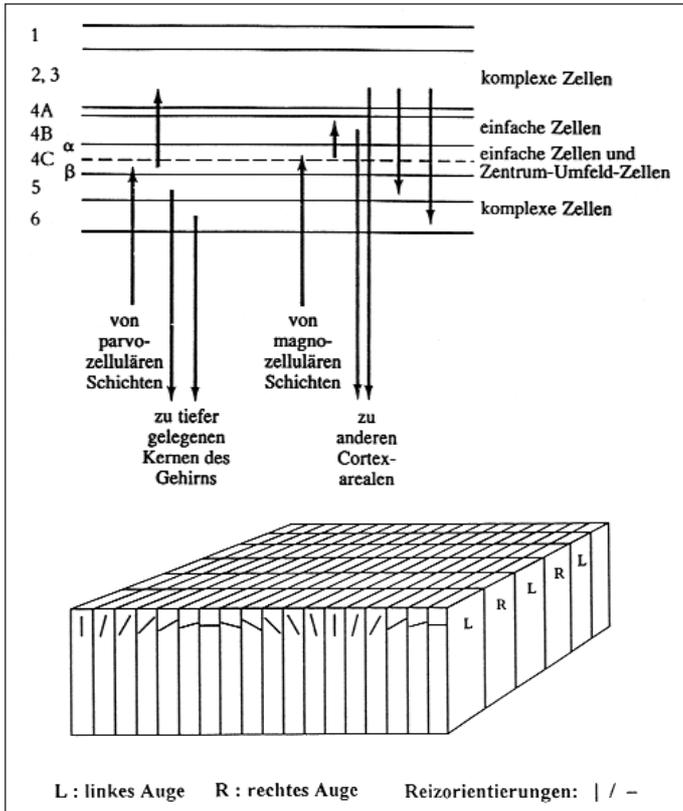


Abb. 2: Schichten der Area 17 einschließlich ihrer Struktur bezüglich verschiedener Reizmuster.

Oben: Schichten und Zelltypen der Area 17.

Unten: Augendominanzblöcke mit Orientierungssäulen

Im Bereich des Cortex lassen sich von Bearbeitungsstufe zu Bearbeitungsstufe verschiedene Zellen nach der Art ihrer rezeptiven Felder auf der Netzhaut unterscheiden. Kennzeichnend für die Zellen ist auch, dass sie jeweils nur auf spezifische Muster auf der Netzhaut ansprechen.

• Einfache Zellen

Das rezeptive Feld dieser Zellen besteht aus einem langgestreckten erregenden (On) und aus einem langgestreckten hemmenden Gebiet (Off); die Gebiete sind jeweils durch eine oder zwei parallele Geraden getrennt (Abb. 3). Die Zellen sprechen auf spezifisch orientierte Linien an.

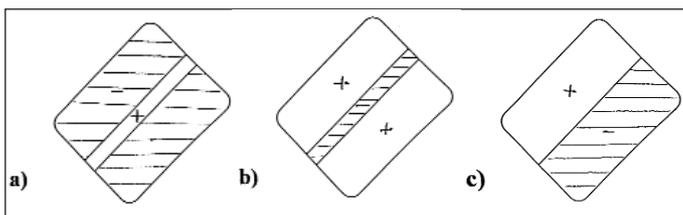


Abb. 3: Rezeptive Felder einfacher Zellen

a) Helle Linie bedeckt exzitatorische On-Region (+)

b) Dunkle Linie bedeckt inhibitorische Off-Region (-)

c) Trennlinie (Hell-Dunkel-Grenze) zwischen + und - Region

• Komplexe Zellen

Ihr rezeptives Feld ist nicht in On- und Off-Gebiete getrennt (Abb. 4). Die Zellen sprechen auf spezifisch orientierte Linien an, die senkrecht zum Feld bewegt werden. Einige dieser Zellen zeigen darüber hinaus eine Abhängigkeit von der Bewegungsrichtung (Richtungsspezifität).

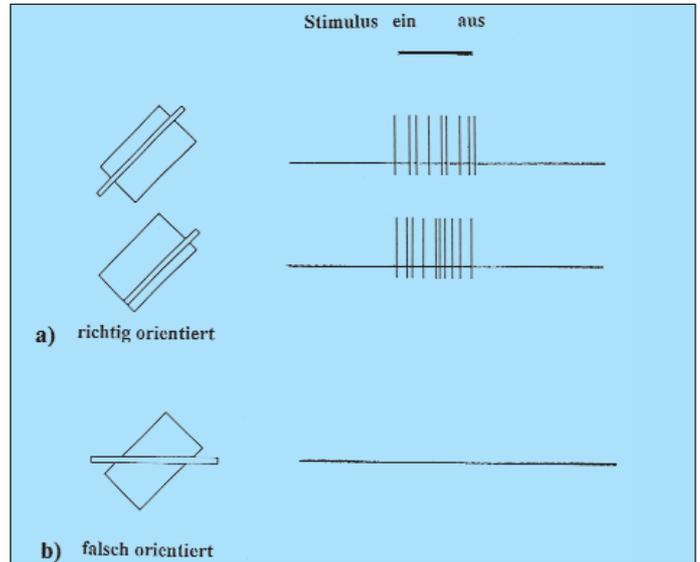


Abb. 4: Reaktionen einer komplexen Zelle im Cortex auf schmalen unterschiedlich orientierten Lichtbalken, der über die Netzhaut bewegt wird (Erläuterung im Text)

• Endinhibierte Zellen

Die Zellen reagieren ähnlich wie die komplexen Zellen, haben aber die Eigenschaft, dass ihre Reaktion nur maximal ist, wenn die erregende Linie eine bestimmte Länge nicht überschreitet (Abb. 5). In den Schichten 2 und 3 der Area 17 vorkommende Zellen dieser Art reagieren zum Beispiel empfindlich auf Ecken und Kurven.

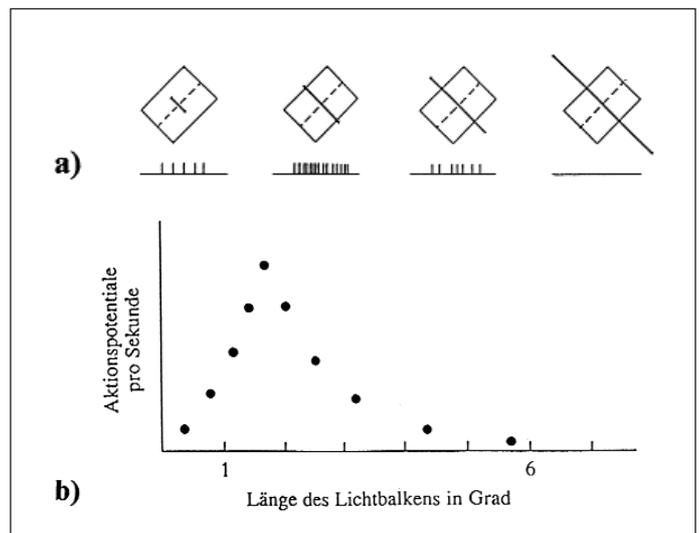


Abb. 5: Reaktionen einer endinhibierten Zelle in Abhängigkeit von der Länge eines Lichtbalkens

a) Unterschiedlich lange Lichtbalken werden über rezeptives Feld bewegt

b) Aktionspotential in Abhängigkeit von der Länge des Lichtbalkens

In Bezug auf die Zuordnung bestimmter Ausdehnungen im Bereich des Cortex zu den entsprechenden Gebieten in der Netzhaut unterscheidet man „Aggregatfelder“ und „Module“.

- **Aggregatfeld**

Wenn man eine Elektrode senkrecht oder auch waagrecht durch die Area 17 bewegt, werden nacheinander Zellen kontaktiert, die jeweils ein rezeptives Feld auf der Netzhaut repräsentieren. Die rezeptiven Felder sind gleich groß, aber etwas gegeneinander versetzt. Alle dabei betroffenen rezeptiven Felder überdecken eine Fläche, die etwa 2 bis 4 mal so groß ist wie ein rezeptives Feld. Diese Fläche wird Aggregatfeld genannt. Die Größe der Aggregatfelder auf der Netzhaut beträgt 30' im Bereich der Fovea, 7° bis 8° im Bereich der äußeren Peripherie.

- **Modul**

Ein Bereich von etwa 2 mm x 2 mm im Bereich des Cortex erfasst jeweils einen Teilabschnitt der Netzhaut und somit des Gesichtsfeldes vollständig mit all seinen Informationen. Dieser Bereich wird Modul genannt. Es gibt etwa 1000 Module. Die jeweils zu einem Modul gehörenden Abschnitte auf der Netzhaut sind im Bereich der Fovea relativ klein und werden zur Netzhautperipherie hin größer; dort haben sie eine etwa 30mal so große Ausdehnung wie in der Fovea.

Bezüglich der Verarbeitung von Informationen aus beiden Augen sind binokuläre Zellen bemerkenswert.

- **Binokuläre Zellen**

In den Schichten über und unter der Schicht 4C können mehr als die Hälfte der Zellen auch vom anderen Auge erregt werden (binokuläre Zellen). Es handelt sich dabei jeweils um eine „Kopie“ der Abbildung vom anderen Auge. Die Reaktionen der Zellen sind bezüglich der Reize von beiden Augen nicht gleich, das heißt einige Zellen sind dominant. Einige der Zellen sprechen auch besser auf beide Augen an (Synergieeffekt). Die Zellen haben aber wenig Interesse an relativen Positionen der Stimuli in beiden Augen zueinander, das heißt auf dieser Stufe findet wahrscheinlich noch keine Verarbeitung bezüglich Stereopsis statt.

Vorgänge im visuellen Cortex unter Einbeziehung des Corpus callosum

Das Corpus callosum ist ein „Balken“, der beide Hemisphären des Großhirns miteinander verbindet (Abb. 6). Er besteht aus etwa 200 Millionen Axonen.

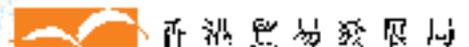
Vom visuellen Cortex werden nur diejenigen Teilbereiche der Area 17 nahe der Trennlinie zur Area 18 miteinander verbunden, die für die vertikale Mittellinie des Gesichtsfeldes und ihre unmittelbare Umgebung in den Augen zuständig sind. Es gibt Zellen in jeder der beiden Hemisphären, deren rezeptive Felder sich um mehrere Grad überlappen. Die rezeptiven Felder dieser

OPTICAL FAIR 2001

KLARE PERSPEKTIVEN



Beste Aussichten für Ihren geschäftlichen Erfolg: Bereits im vergangenen Jahr haben mehr als 350 Aussteller und 6.500 Besucher die Hong Kong Optical Fair zu einem attraktiven Business-Treff gemacht. In diesem Jahr wird die Auswahl an Produkten, Brillenteilen und Zubehör noch vielfältiger sein. Preisgekröntes Design des dritten Hong Kong Eyewear Design Wettbewerbs und die neuesten Trends erwarten Sie. Marketing-Seminare und Konferenzen geben interessante Anregungen und Gelegenheit zum Meinungsaustausch. Weitere Informationen erhalten Sie direkt von uns.



Hong Kong Trade Development Council

Postfach 500551, 60394 Frankfurt,
Tel. 069/95772-0, Fax 069/95772-200

<http://hkopticalfair.com>

Co-Organisator:



Sponsoren: China Optometric & Optical Association · 24/24 Asia
Fakel Optical Association · Korean Optometric Association · Malaysian
Optical Wholesalers Association · Singapore Optical Trade Association ·
Taipei Optical Association · Thai Optometric Association · The Hong
Kong Optometric Association

Hong Kong Optical Fair · 7.-9. November 2001

Hong Kong Convention & Exhibition Centre

World Development Group



Mediatec



Schindler



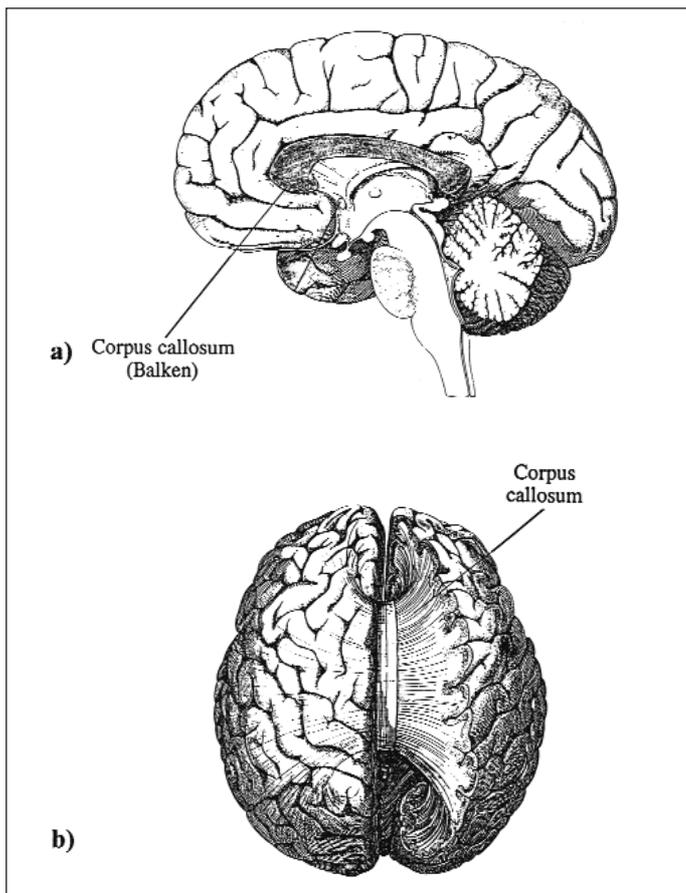


Abb. 6: Corpus callosum in Seiten- (a) und Draufsicht (b)

binokulären Zellen werden alle von der vertikalen Mittellinie geschnitten, wobei das rechte Auge den linken Teil und das linke Auge den rechten Teil repräsentiert.

Die binokulären Zellen im rechten visuellen Cortex erhalten ihren Input

- direkt vom rechten Auge über den seitlichen Kniehöcker
- indirekt vom linken Auge über die linke Hemisphäre und das Corpus callosum.

Bei diesen binokulären Zellen handelt es sich um „disparationsempfindliche Zellen“, von denen einige bei Abbildung auf korrespondierende Netzhautstellen und andere bei Abbildung auf disparate Netzhautstellen reagieren. Wenn zwei Bilder auf den Retinae relativ zueinander, horizontal um nicht mehr als 2° verschoben sind, entsteht Stereopsis. Unterschiedliche simultane Stimuli in ein und demselben Teil des Gesichtsfeldes beider Augen werden aber vom Nervensystem nicht toleriert (retinaler Wettstreit); es kommt dann zu einer Unterdrückung (Suppression).

Anatomische und funktionelle Fakten

Mikrobewegungen

Beim Fixieren eines Objektes führen die Augen ständig Mikrobewegungen, saccaden und von einem tremor überlagerte drifts, aus (Abb. 7). Die Orientierungen der Sehachsen beider Augen variieren dadurch innerhalb eines Bereiches um je etwa ±7'. Innerhalb der Foveolae der beiden Augen wechseln die Positionen der Abbildungen des Objektes dadurch ebenfalls und zwar

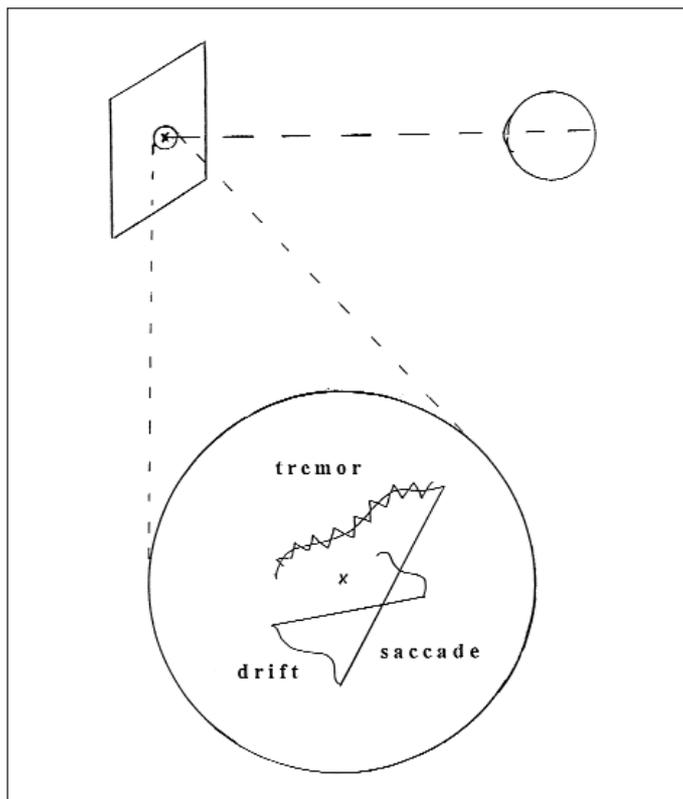


Abb. 7: Mikrobewegungen des Auges bei Fixation des Mittelpunktes eines Kreuzes

sehr schnell sprunghaft durch die saccaden und dann sehr langsam während der drifts. Da der Durchmesser einer Foveola etwa 20' entspricht, verbleiben die Abbildungen immer innerhalb der Foveolae beider Augen. Während der saccaden findet keine Informationsaufnahme und keine Informationsverarbeitung statt. Nimmt man an, dass der Winkel zwischen den Orientierungen der Sehachsen durchschnittlich um nicht mehr als ±10' variiert (±5' pro Auge), so ergibt sich daraus für die durchschnittliche Abweichung der gegenseitigen Positionen der Abbildungen in beiden Augen ein Wert von $\leq \pm |0,25| \text{ cm/m}$. Das heißt um diesen Betrag wechseln beim binokularen Sehen die Abbildungen auf der Netzhaut gegeneinander, wovon der Beobachter aber offensichtlich nichts merkt. Auch bei einer dissoziierten Darbietung von Testzeichen am Polatest, zum Beispiel des Kreuzes, müssten demnach die senkrechten und die waagerechten Striche ihre Positionen zueinander in gleicher Weise ändern, was in einer Zeitlupendarstellung sichtbar darstellbar wäre. Auch diese Positionsänderungen werden offensichtlich vom Beobachter nicht bemerkt.

Noniussehstärke

Die Noniussehstärke ist bekanntlich etwa 3 bis 10 mal so groß wie die einfache Trennschärfe und hängt von der Länge und Breite der beiden gegeneinander versetzten Striche ab. Dieser Effekt ist nicht aufgrund des Abstandes zweier Rezeptoren in der Netzhaut zu erklären. Wahrscheinlich sind an der Erkennung zahlreiche Rezeptoren beteiligt, die zu einer gedachten geraden Linie jeweils geringe aber unterschiedliche Abstände haben. Die Position einer Linie könnte sich aus der integrativen Verarbeitung der Signale, die die Vielzahl der jeweils betroffenen Rezeptoren

liefern, ergeben. Der geringe gegenseitige Versatz beider Linien würde dann wahrnehmbar, wenn sich die integrativen Positionen für beide Linien unterscheiden. Es ist durchaus denkbar, dass die Mikrobewegungen dabei eine wichtige Rolle spielen und dass komplexe Zellen im visuellen Cortex involviert sind.

Binokuläre Farbstereopsis

Die Außenglieder der Zapfen in der Netzhaut sind nicht alle so angeordnet, dass der optisch zentral abbildende Strahl mit der Längsachse der Zapfen übereinstimmt. Wenn Strahlen auf einen „schräg“ stehendes Außenglied eines Zapfens treffen, können sie eine Farbwahrnehmung hervorrufen, weil der Zapfen wie ein Lichtleiter wirkt (Stiles-Crawford-Effekt zweiter Art). Beim Blick in die Nähe kann Farbstereopsis entstehen, weil gleichzeitig der Stiles-Crawford-Effekt und die chromatische Aberration wirken. Bei Darbietung in der Nähe gelegener benachbarter roter und blauer Objekte nehmen einige Personen Rot weiter vorn, andere Personen Blau weiter vorn und wiederum andere Personen Rot und Blau in gleicher Entfernung wahr. Wird Rot näher gesehen (Abb. 8), überwiegt die chromatische Aberration, bei der die asymmetrischen Zerstreuungskreise auf der Netzhaut für Rot nach temporal und für Blau nach nasal verlagert sind (roter Schärffepunkt liegt hinter, blauer Schärffepunkt vor der Netzhaut). Wird Blau weiter vorn gesehen, haben die Zapfen eine derartige „Schrägorientierung“, dass die Farbwahrnehmung aufgrund des Stiles-Crawford-Effektes überwiegt.

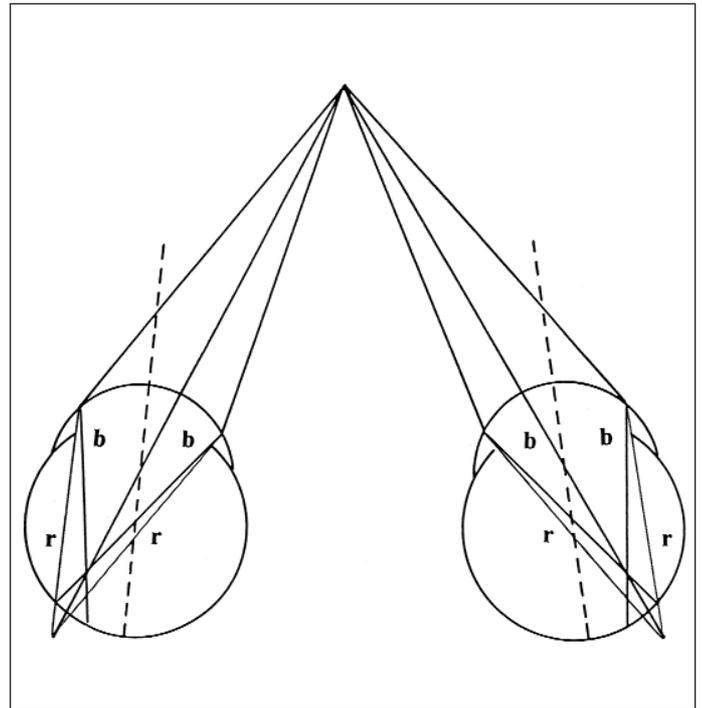


Abb. 8: Farbstereopsis bei Dominanz der chromatischen Aberration (nach [1]; Erläuterungen im Text)

b : blaue Strahlen
r : rote Strahlen

Berücksichtigung von Fertigungstoleranzen

Unerwünschte prismatische Höhenwirkungen können sich ergeben, wenn Brillen nicht ganz exakt angepasst sind oder wenn sich ihr Sitz im Laufe der Zeit leicht verändert hat. Daraus ergeben sich Fragestellungen bezüglich der notwendigen Genauigkeit bei den Messungen und der tatsächlich realisierbaren Präzision bei prismatischen Korrektionsbrillen. Wenn man als zulässigen Fehlbetrag 0,25 cm/m zugrunde legt, darf zum Beispiel eine Brille mit beiderseits +1,0 dpt nicht mehr als um etwa 2° schief sitzen. Dann beträgt der Höhenunterschied ungefähr 2,5 mm zwischen den Mittelpunkten des rechten und des linken Glases. Bei einer Brille mit beiderseits +5,0 dpt dürfte der entsprechende Höhenunterschied nur etwa 25' betragen, was einem Höhenunterschied von ungefähr 0,5 mm entsprechen würde. Das heißt Messwertstufungen von < 0,25 cm/m sind unrealistisch, was sich auch schon aus den Betrachtungen zu den Mikrobewegungen ergab, und sie sind bei höheren Dioptrien gar nicht zu realisieren.

Überlegungen zu Begriffen und Wahrnehmungen an Polatesten

Der Begriff „Richtungswert“ spielt bei Erläuterungen zur Fixationsdisparation erster und zweiter Art eine wichtige Rolle. Im mechanistischen Modell von Haase wird er einer relativ genau definierten Position auf der Netzhaut zugeordnet, die kleiner als der Durchmesser der Foveola ist und im Falle von Orthophorie mit dem Zentrum der Foveola zusammenfällt. Unter Berücksichtigung der Mikrobewegungen kann es sich dabei aber nur um eine im statistischen Mittel eingenommene Richtung handeln.

Die Tatsache, dass geringe Höhenabweichungen am Hakentest besser erkannt werden können als am Kreuztest könnte damit zusammenhängen, dass es sich hier um eine Art „binokularer“ Noniuswahrnehmung handelt. Zur Erklärung wäre dann die von Haase angeführte Erläuterung auch nicht zwingend erforderlich, dass während der Beobachtung an diesem Test eine Suppression eines Auges für den zentralen Ring vorliege.

Obwohl es aufgrund der bisher vorhandenen Erkenntnisse über die Verarbeitungsprozesse beim Sehen noch keine gesicherte Erklärung für die immer wieder empirisch belegte Tatsache gibt, dass bei sensorischer Kompensation einer Heterophorie, das heißt bei Fixationsdisparationen, asthenopische Beschwerden auftreten und dass diese durch eine prismatische Korrektion beseitigt werden können, belegen die zahlreichen Korrektionserfolge, die aufgrund von Messungen mit dem Polatest erzielt werden, die große Nützlichkeit der an den einzelnen Tests zu beobachtenden Erscheinungen, aus denen wichtige Hinweise für eine effektive Korrektion gezogen werden. Nicht sicher aus den bisherigen „physiologischen Erkenntnissen“ zu beantworten bleibt allerdings die Frage, ob eine Voll- oder eine Unterkorrektion zweckmäßiger ist.

Argumente für Unterkorrekturen

Ein gewichtiges Argument für Unterkorrekturen ist zweifellos die inzwischen von vielen Untersuchern gemachte Erfahrung, dass Unterkorrekturen durchaus sehr effektiv hinsichtlich der Beseitigung von asthenopischen Beschwerden sind. Der Autor selbst hat in über 20 Jahren mehr als 10 000 Untersuchungen und Korrekturen vorgenommen und dabei erfolgreich Beschwerden

beseitigen können, ohne immer Vollkorrekturen anzuwenden. Vollkorrekturen erwiesen sich aber zum Beispiel in den Fällen als notwendig, bei denen die Angaben während der Untersuchung relativ unsicher waren, sich nur relativ geringe Messwerte fanden und das Konvergenz- und Divergenzvermögen deutlich unter den physiologischen Normwerten lag. Andererseits sollten „Misserfolge“ mit Vollkorrekturen zur Vorsicht mahnen. Dem Autor sind zahlreiche derartige Fälle anderer Untersucher vorgestellt worden.

Unter prinzipiellem Aspekt ist zur Kontroverse, ob Voll- oder Unterkorrektur zu befürworten ist, zu sagen, dass die Forderung nach obligatorischer Vollkorrektur vergleichbar wäre, mit einer Vorgehensweise in der Medizin, bei der die Entscheidung zur Art der Behandlung bereits vor der Diagnose getroffen wird und bei der jede Diagnose uneindeutig und somit zweifelsfrei wäre, die dem Arzt keinen Spielraum zur Interpretation seiner Befunde einräumt. Eine derartig dogmatische Haltung ist auch angesichts der Tatsache, dass die Erkenntnisse über den Sehprozess und insbesondere über die Verarbeitung der visuellen Informationen noch sehr lückenhaft sind und dass zur Interpretation binokularer Messverfahren nur mechanistische Modelle zugrunde liegen, nicht zu akzeptieren.

Andererseits ist sehr zu bedauern und auch nicht zu akzeptieren, dass binokulare Messungen prozentual noch relativ selten vorgenommen werden. Dies ist angesichts der Tatsache, dass etwa 60 Prozent aller Brillenträger eine Winkelfehlsichtigkeit/Heterophorie haben nicht zu tolerieren. Dabei ist noch zu bedenken, dass bei 3/4 von ihnen die Werte ≤ 4 cm/m sind, aber gerade dieser Personenkreis insbesondere bei hohen Sehanforderungen über asthenopische Beschwerden klagt. Korrekturen mit dementsprechend relativ geringen prismatischen Werten sind jedoch einerseits sehr effektiv und andererseits unproblematisch bezüglich der Veränderung der Höhe der Messwerte durch die Korrektion.

Im Interesse der großen Zahl von Sehhilfebedürftigen mit latenten Binokularstörungen wäre es nicht nur wünschenswert sondern notwendig, dass binokulare Messungen eine selbstverständliche Voraussetzung für eine Brillenverordnung und -fertigung werden. Hilfreich könnte zur Durchsetzung dieser Forderung vielleicht auch sein, sich mit zum Teil berechtigten Bedenken anderer Berufsgruppen unvoreingenommen zu befassen und nicht den Eindruck zu erwecken, bedingungslos an einer dogmatischen Betrachtungsweise auf der Basis eines mechanistischen Modells festhalten zu wollen und statt dessen das Befinden des Patienten, das heißt asthenopische Beschwerden und ihre Beseitigung zum primären Kriterium für eine prismatische Korrektion zu machen. Ein Beweis für eine veränderte Haltung könnte zum Beispiel die Änderung des Namens der Vereinigung in IVBV in IVBM (Internationale Vereinigung für Binokulares Messen) oder in IVBK (Internationale Vereinigung für Binokulare Korrektion) sein.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. rer. nat. habil. D. Methling
Fachhochschule Jena, Studiengang Augenoptik
Carl Zeiss Promenade 2, 07743 Jena

Literaturverzeichnis:

- [1] von Campenhausen, Ch.: Die Sinne des Menschen. Stuttgart, New York: Verlag Georg Thieme 1993
- [2] Hubel, David H.: Auge und Gehirn/Neurologie des Sehens: Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH&Co, 1989