

Fixationsdisparation erster und zweiter Art

(Neufassung von „Sensorische Abweichungen vom idealen Binokularsehen“ aus NOJ 2/79)

Von Helmut Goersch, Berlin

1. Vorwort

Grundvoraussetzung bei der Erörterung eines jeden Binokularthemas ist die Klarheit der verwendeten Begriffe, weshalb diese stets sorgfältig definiert werden müssen. Fehlen solche Erklärungen, so öffnet sich ein weites Feld für Mißverständnisse.

Im Oktober 1986 erschien die deutsche Norm DIN 5340 „Begriffe der physiologischen Optik“, in der auch eine Definition des Begriffes *Fixationsdisparation* zu finden ist. Da in dieser Norm noch weitere Begriffe zum Binokularsehen festgelegt wurden und sich außerdem die Bedeutung einiger anderer (nicht genormter) Begriffe durchzusetzen beginnt, erschien eine Neubearbeitung von „Sensorische Abweichungen vom idealen Binokularsehen“ angebracht.

Hierin sollen vorrangig die beiden Arten der Fixationsdisparation erklärt und gegeneinander abgegrenzt werden.

(Anmerkung: Die kursiv gedruckten Begriffe sind in DIN 5340 enthalten.)

2. Sensorisch ideales Binokularsehen

Unter der Sensorik des *Binokularsehens* werden bekanntlich alle Zustände und Vorgänge verstanden, welche die gemeinsame Verarbeitung der Netzhautbilder beider Augen beeinflussen und bewirken. Unter der Motorik des Binokularsehens werden die Zustände und Vorgänge im Bewegungsmuskelsystem der Augen verstanden, welche zu der vom Augenpaar eingenommenen *Vergenzstellung* führen. Dabei ist zwischen der *Fixierlinienvergenzstellung* (Winkel zwischen den *Fixierlinien* beider Augen) und der *Zyklovergenzstellung* (Winkel zwischen den Vertikalmeridianen beider Augen) zu unterscheiden. Die Motorik wird von der Sensorik gesteuert, beide sind also eng miteinander verknüpft.

Die Entwicklung eines sensorisch idealen Zusammenspiels beider Augen stellt einen jahrelangen Lernprozeß im Kindesalter dar. Motorische Voraussetzung für eine ideale Entwicklung der Sensorik und deren spätere Aufrechterhaltung ist eine exakte Ausrichtung der Augen auf das angeblickte Objekt. Diese ideale Vergenzstellung wird als *Orthostellung* bezeichnet. Ein Augenpaar befindet sich in der Orthostellung, wenn beide *Fixierlinien* gleichzeitig auf den innerhalb des *Gesichtsfeldes* interessierenden Objektpunkt (*Fixationspunkt*) gerichtet sind, und wenn dabei die Vertikalmeridiane beider Augen einander parallel sind. In Bild 1 ist die Orthostellung eines Augenpaares für einen unendlich fernen und für einen nahen Fixationspunkt dargestellt. Die unter den Augen gezeichneten Kreuze kennzeichnen die horizontalen und vertikalen Netzhautmeridiane der von hinten betrachteten Netzhäute.

Befindet sich ein Augenpaar in der Orthostellung, dann wird der binokular gesehene Fixationspunkt gleichzeitig in der Mitte jeder Netzhautgrube abgebildet (Sehen mit bizertraler Fixation). Die beiden Netzhautgrubenmitten besitzen jeweils den *Richtungs-*

wert „Geradeaus“, und somit wird das binokular betrachtete Fixationsobjekt in der entsprechenden Blickrichtung geradeaus vor den Augen liegend wahrgenommen. Das ist die Richtung der Blicklinie eines gedachten, in der Mitte zwischen beiden Augen befindlichen „Zyklopanauges“ (*Sehrichtungsgemeinschaft der Augen*).

Die motorische Voraussetzung für ein sensorisch ideales Binokularsehen besteht also darin, daß die von den Augen eingenommene Vergenzstellung mit der Orthostellung für die jeweilige Fixationsentfernung übereinstimmen muß; es muß Sehen mit bizertraler Fixation vorliegen. Die Übersicht über die möglichen Verknüpfungen von Motorik und Sensorik in Bild 2 zeigt nun, in welchen Fällen diese Voraussetzung erfüllt ist. Bei den motorischen Gegebenheiten binokular normal zusammenarbeitender Augen wird zwischen *Orthophorie* und *Heterophorie* unterschieden. Für ein orthophorisches Augenpaar ist die Orthostellung gleichzeitig die Vergenzruhestellung, in der sich die Augen im Muskelgleichgewicht befinden (ideale Motorik); bei einem heterophorischen Augenpaar weicht die Ruhestellung von der Orthostellung ab (Motorik

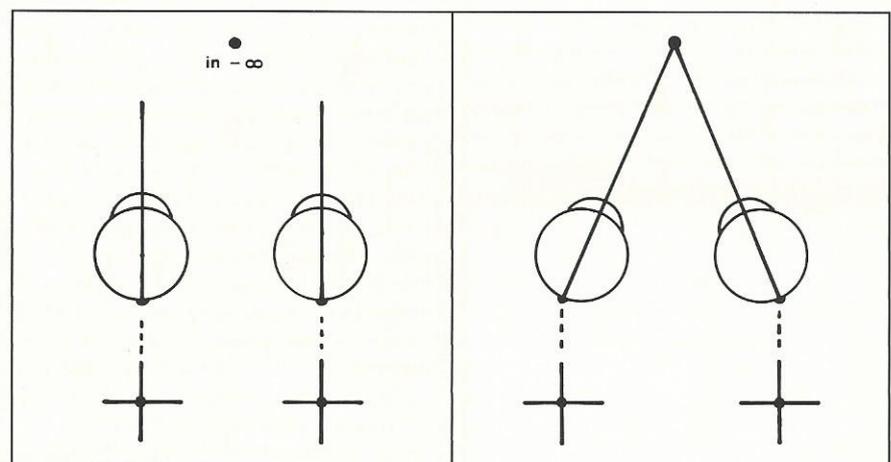


Bild 1: Ideale Vergenzstellung eines Augenpaares (Orthostellung für ferne und nahe Objekte)

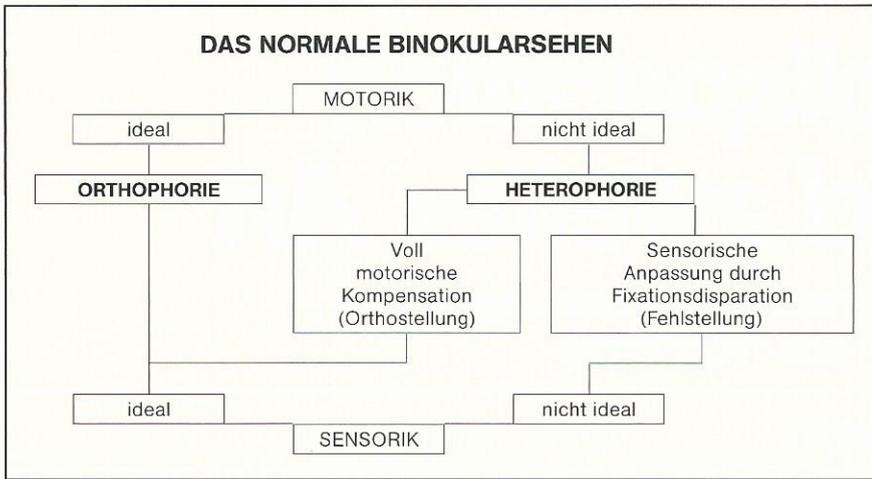


Bild 2: Zusammenhänge zwischen Motorik und Sensorik im normalen Binokularsehen

nicht ideal). Der motorisch ideale Zustand der Orthophorie erfüllt von vornherein die notwendige Voraussetzung für eine ideale Sensorik. Aber auch bei nicht idealer Motorik kann eine ideale Sensorik vorliegen, und zwar immer dann, wenn die Heterophorie voll motorisch kompensiert ist, also wenn sich die Augen (bei vorhandenen *Fusionsreizen*) in der Orthostellung befinden. Nur wenn eine Heterophorie (teilweise oder bei kleinerem Betrage auch vollständig) motorisch dekompenziert ist, dann geht die Voraussetzung für eine ideale Sensorik verloren (Fehlstellung mit sensorischer Anpassung durch Fixationsdisparation). Es bleibt aber weiterhin *normales Binokularsehen* bestehen.

Zur weiteren Erläuterung der als *Korrespondenz* bezeichneten binokularen richtungswertmäßigen Zusammenarbeit beider Augen dient Bild 3, in welchem sich das Augenpaar in der Orthostellung befindet. Der binokular dargebotene Fixationspunkt wird von beiden Augen gleichzeitig fixiert, und die beiden Bildorte in den Netzhautgrubenmitten haben den Richtungswert Geradeaus (bizentrale Korrespondenz). Diejenigen Netzhautstellen beider Augen, die im Binokularsehen gleichzeitig den Richtungswert Geradeaus besitzen, werden als Korrespondenzzentren bezeichnet. Bei bizentraler Korrespondenz stellen also die Netzhautgrubenmitten die Korrespondenzzentren dar.

Außer dem Fixationspunkt werden noch andere Objektpunkte gleichzeitig auf solchen Stellen beider Netzhäute abgebildet, die jeweils gleiche Richtungswerte besitzen und deshalb *korrespondierende Netzhautstellen* heißen. Alle korrespondierend abgebildeten Objektpunkte bilden zusammen eine Fläche im Raum, den *Horopter*. Ein Beispiel für korrespondierende Abbildung liefert das in Bild 3 rechts vom Fixationspunkt auf dem Horop-

ter befindliche Quadrat. Es wird von beiden Augen gleichweit rechts neben dem Fixationspunkt wahrgenommen. Der in der Zeichenebene (das ist die durch den Fixationspunkt und die beiden *optischen Augendrehpunkte* gegebene Ebene) liegende Schnitt durch die Horopterfläche ergibt in der Regel eine gebogene Linie.

Jeder auf dem Horopter befindliche Objektpunkt wird also auf korrespondierenden Netzhautstellen beider Augen abgebildet, wodurch er von beiden Augen in gleicher Richtung bezüglich der zugehörigen Fixierlinie wahrgenommen wird. Damit können die monokularen Seheindrücke aller Horopterpunkte zu je einer binokularen Einfachwahrnehmung verschmolzen werden, es tritt *Fusion* ein. Sind die Augen noch nicht in der Orthostellung, dann besteht die Fusion aus zwei Komponenten, nämlich einerseits aus der durch einen Fusionsreiz ausgelösten *Vergenz* zur Ausrichtung der Augen auf das Fixationsobjekt (*motorische Fusion*), und andererseits aus dem sensorischen Vorgang der Verschmelzung der Bildeindrücke beider Augen (*sensorische Fusion*).

Alle nicht auf dem Horopter liegenden Objektpunkte werden auf Netzhautstellen beider Augen abgebildet, die jeweils unterschiedliche Richtungswerte besitzen, also nicht miteinander korrespondieren. Solche Netzhautstellen beider Augen mit verschiedenen Richtungswerten im Binokularsehen heißen *disparate Netzhautstellen*. Infolge ihrer disparaten Abbildung müßten nun eigentlich alle Objektpunkte, die nicht auf dem Horopter liegen, doppelt gesehen werden. Das geschieht jedoch meist nicht. Für die Art der binokularen Wahrnehmung eines nicht auf dem Horopter befindlichen Objektpunktes ist die Größe des Unterschiedes zwischen den Richtungswerten beider Netzhautstellen maßgebend, auf denen dieser Punkt

gleichzeitig abgebildet wird (*abbildungsgleiche Netzhautstellen*).

In Bild 3 wird das auf der linken Seite des Fixationspunktes hinter dem Horopter befindliche Dreieck im Augenpaar disparat abgebildet. Die vom Horopter ausgehende gestrichelte Linie zeigt diejenige Netzhautstelle des rechten Auges, die zu dem Abbildungsort des Dreiecks im linken Auge korrespondiert, also den gleichen Richtungswert besitzt. Der Bildort des Dreiecks im rechten Auge liegt aber weiter zur Netzhautgrubenmitte hin. Diese Netzhautstelle besitzt daher einen Richtungswert „weniger weit links“ als die abbildungsgleiche Netzhautstelle im linken Auge. Ist nun diese Abweichung der Richtungswerte abbildungsgleicher Netzhautstellen voneinander (die *Disparation*) nicht zu groß, so haben die Augen die Fähigkeit, den dort abgebildeten Objektpunkt trotz disparater Abbildung binokular einfach zu sehen, indem sie sich auf eine gemeinsame Richtungsempfindung (bezogen auf die Blickrichtung des Zyklopenauges) einigen. Diese auch als Panumsehen bezeichnete sensorische Fusion disparater Netzhautbilder wird bei der Entwicklung normalen Binokularsehens unbeußt erlernt. Jegliche Fusion ist jedoch nur möglich, wenn die Netzhautbilder in beiden Augen hinreichend gleich sind (objektive Fusionsbedingung). Diese Voraussetzung ist im natürlichen Sehen in der Regel erfüllt.

Durch die Größe der Disparationen, bis zu denen die sensorische Fusion stattfindet, sind die Grenzen der sogenannten *Panumbereiche* festgelegt. Jeder Netzhautort eines Auges, der zu dem Bildort im anderen Auge korrespondierend liegt, ist von einem Panumbereich umgeben, was für einen Punkt im rechten Auge in Bild 3 angedeutet ist. Liegt die zum Bildort im anderen Auge abbildungsgleiche Netzhautstelle innerhalb dieses Panumbereiches (wie für das disparat abgebildete Dreieck in Bild 3), so tritt binokulares Einfachsehen durch sensorische Fusion ein. Auch die Netzhautgrubenmitte ist von einem Panumbereich umgeben (zentraler Panumbereich), welcher für alle Objektpunkte in Funktion tritt, die (nicht zu weit) vor oder hinter dem Horopter auf der Fixierlinie des anderen Auges liegen.

Es soll ausdrücklich betont werden, daß es sich bei dieser Darstellung lediglich um eine (didaktisch gut brauchbare) Modellvorstellung handelt. Die Netzhaut selbst besitzt in Wirklichkeit weder Richtungswerte noch Panumbereiche; diese Begriffe sollen nur die Verhältnisse bei der Reizverarbeitung in der Sehrinde

durch eine Art Projektion auf die entsprechenden reizaufnehmenden Netzhautstellen veranschaulichen.

Ist ein Objekt so weit vom Horopter entfernt, daß die Disparation bei seiner Abbildung die Grenzen des zugehörigen Panumbereiches überschreitet, so kann dieses Objekt bei entsprechend bewußt gemachter Wahrnehmung doppelt gesehen werden (physiologische Diplopie). Im natürlichen Sehen wird ein solches Objekt jedoch in der Regel einfach gesehen, weil ein „Bahnung und Hemmung“ genannter Vorgang stattgefunden hat. Dabei wird nur das Netzhautbild eines Auges wahrgenommen (Bahnung), während die Wahrnehmung des anderen Netzhautbildes unterdrückt wird (Hemmung). Aus dieser Tatsache ist besonders gut ersichtlich, daß die Hemmung eines Seheindrucks ein normaler physiologischer Vorgang ist.

Die Horizontalkomponente der Disparation (bei aufrechter Kopfhaltung) wird als *Querdisparation* bezeichnet, die dazu senkrechte Vertikalkomponente als *Vertikaldisparation*. Die sensorische Fusion von in Panumbereich unterschiedlich querdisparat abgebildeten Objekten ist Voraussetzung für binokular räumliche Wahr-

nehmung (*Stereosehen, Stereopsis*). Hierbei werden die unterschiedlichen Richtungswerte der abbildungsgleichen, querdisparaten Netzhautstellen im Vergleich zur (im Idealfall korrespondierenden) Abbildung des Fixationspunktes mit dem Ergebnis einer räumlichen Wahrnehmung ausgewertet (*querdisparates Tiefensehen*). Auch diese vergleichende Auswertung unterschiedlicher Querdisparationen wird bei der Entwicklung normalen Binokularsehens unbewußt erlernt. Vertikaldisparate Abbildungen bewirken hingegen kein Stereosehen.

Was als normales Binokularsehen anzusehen ist, wird in DIN 5340 folgendermaßen definiert:

„Normales Binokularsehen liegt vor, wenn bei normaler Korrespondenz Stereopsis besteht und ständig in allen Blickrichtungen für Ferne und Nähe fusioniert wird.“

Nur bei Orthophorie ist ein sowohl motorisch als auch sensorisch ideales Binokularsehen vorhanden; bei voll motorisch kompensierter Heterophorie ist das Binokularsehen noch sensorisch ideal, und bei motorisch de-

komensierte Anpassung durch Fixationsdisparation) besteht kein ideales, wohl aber normales Binokularsehen (Bild 2).

Bei einer Prüfung der Motorik und Sensorik des Sehens ist es besonders wichtig, zwischen den grundlegenden Begriffen *Fixation, Korrespondenz* und *Fusion* klar zu unterscheiden. Eine Fixationsprüfung ist eine monokulare Prüfung, bei der festgestellt werden soll, auf welcher Netzhautstelle des Auges ein bewußt angeblickter Fixationspunkt abgebildet wird, welche Netzhautstelle also im Monokularsehen den Richtungswert Geradeaus besitzt. Das ist in allen normalen Fällen die Netzhautgrubenmitte (zentrale Fixation). Bei einer Korrespondenzprüfung soll festgestellt werden, welche Stellen beider Netzhäute des Augenpaares die Richtungswerte Geradeaus im Binokularsehen besitzen; es ist also eine Prüfung auf die Lage der Korrespondenzzentren. Um die Korrespondenz von der Fusion klar unterscheiden und trennen zu können, muß eine Korrespondenzprüfung mit für beide Augen unterschiedlichen (nicht fusionierbaren) Objekten durchgeführt werden, die sich an derselben Stelle des Objektraumes befinden. Fusionsprüfungen setzen dagegen hinreichend gleiche Netzhautbilder in beiden Augen voraus, was zum Beispiel bei der Messung von *Fusionsbreiten* zu beachten ist.

3. Fixationsdisparation

Weicht bei Aufrechterhaltung des normalen Binokularsehens die Vergegenstellung der Augen ständig in der gleichen Weise von der Orthostellung ab, dann kann kein sensorisch ideales Binokularsehen vorliegen. Dabei ist in der Regel die Fixierlinie eines der beiden Augen auf den Fixationspunkt gerichtet (stellungsmäßiges Führungsauge), wobei sich die Augen in der Fixation abwechseln können (alternierende Führung). Im stellungsmäßig abweichenden Auge wird der binokular angeblickte Fixationspunkt außerhalb der Netzhautgrubenmitte, aber stets noch im zentralen Panumbereich abgebildet. Dieser Zustand wird als *Fixationsdisparation* bezeichnet und in DIN 5340 folgendermaßen definiert:

„Fixationsdisparation ist ein Zustand des normalen binokularen Einfachsehens, bei dem der Fixationspunkt mit einer Disparation innerhalb des zugehörigen Panumbereiches abgebildet wird. Der Begriff wird auch benutzt, wenn statt eines Fixationspunktes nur parazentrale oder periphere Fusionsreize vorhanden sind.“

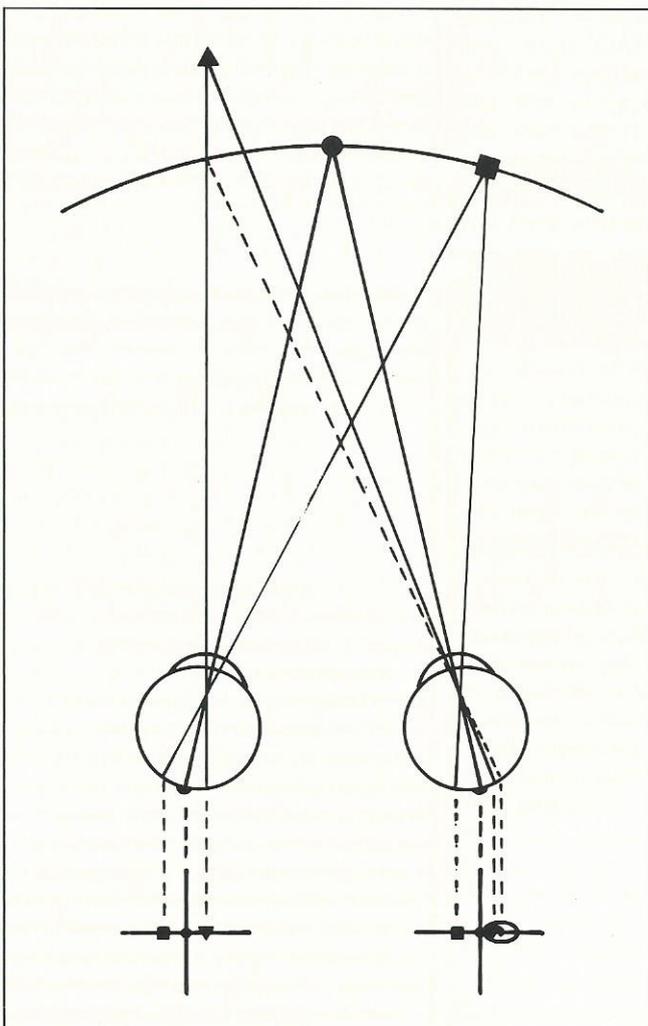


Bild 3:
Sensorisch
ideales
Binokularsehen
(Erläuterung
im Text)

Außerdem stellt die Norm klar:

„Fixationsdisparationen zählen nicht zum manifesten Strabismus.“

Aufgrund des physiologischen Mikronystagmus der Augen wird ein Fixationsobjekt auch bei Orthophorie nicht ständig korrespondierend abgebildet. Es ist stets eine kleine Fixationsdisparation vorhanden, die nach Betrag und Richtung ständig schwankt und deshalb als „dynamische“ Fixationsdisparation bezeichnet werden soll. Sie ist im folgenden ohne Interesse.

Die im weiteren betrachtete Fixationsdisparation dient bei nicht mehr voll motorisch kompensierter Heterophorie zur sensorischen Anpassung an die Abweichung von der Orthostellung. Diese Abweichung geschieht in Richtung auf die Ruhestellung des heterophorischen Augenpaares, dient zur Einsparung motorischer Fusionsenergie und soll als „statische“ Fixationsdisparation bezeichnet werden. Da die Mehrzahl aller Augenpaare heterophorisch ist, und da im Erwachsenenalter kaum noch voll motorisch kompensierte Heterophorien zu finden sind, ist das Sehen mit dieser aus der ständigen phorischen Belastung entstandenen Fixationsdisparation die häufigste Art des normalen Binokularsehens.

Bild 4 zeigt die schematische Darstellung einer (Exo-)Fixationsdisparation. Hierbei wurde das linke Auge als Füh-

rungsauge angenommen, und das Bild des Fixationspunktes liegt in der Mitte der Netzhautgrube. Die Fixierlinie des rechten Auges weicht nach außen ab; um den Betrag dieser Abweichung ist die Exophorie motorisch dekompensiert. Das Bild des Fixationspunktes liegt temporal im zentralen Panumbereich des rechten Auges. Trotz disparater Abbildung des Fixationspunktes wird binokular einfach gesehen. Aufgrund der Art der sensorischen Vorgänge, die zu diesem binokularen Einfachsehen führen, wird nun zwischen Fixationsdisparation erster und zweiter Art unterschieden. Hier soll nur der prinzipielle Unterschied zwischen den beiden Arten der Fixationsdisparation erläutert werden, ohne daß näher auf die Prüfmethodik zur Unterscheidung zwischen beiden Arten eingegangen wird.

4. Fixationsdisparation erster Art

Bei der Fixationsdisparation erster Art („disparate Fusion“ nach H.-J. Haase) kommt das binokulare Einfachsehen des Fixationspunktes dadurch zustande, daß die sensorische Fusion von in Panumbereichen abgebildeten Objekten auch für den im zentralen Panumbereich disparat abgebildeten Fixationspunkt funktioniert und deshalb zur Vermeidung von *Doppeltsehen* in Anspruch genommen wird. Da es sich um einen Vorgang der Fusion handelt, müssen die Netzhautbilder in beiden Augen hinreichend gleich sein.

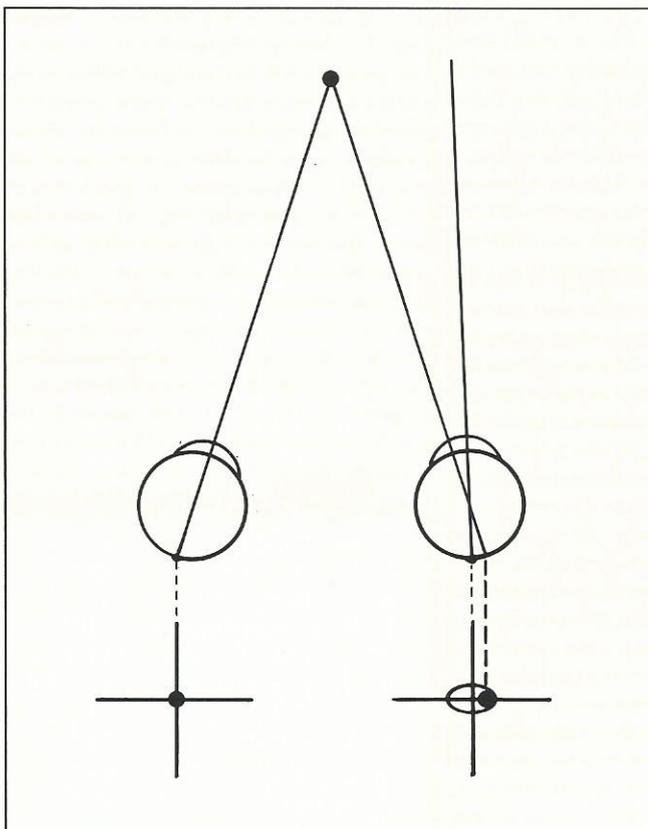


Bild 4:
Exo-Fixationsdisparation als Beispiel einer Abweichung von der idealen sensorischen Zusammenarbeit beider Augen

Bei der Fixationsdisparation erster Art ist genau wie im Falle der idealen Sensorik bizenrale Korrespondenz vorhanden, die beiden Netzhautgrubenmitten sind die Korrespondenzzentren.

In Bild 5 sind auf der linken Seite die Netzhautbildlagen und die binokulare Wahrnehmung im natürlichen Sehen dargestellt; die rechte Seite zeigt die Gegebenheiten bei nicht fusionierbaren Objekten, die sich am gleichen Ort vor den Augen befinden. Diese Situation wird in einem Trenner-Verfahren mit einem Binokulartest ohne zentralen Fusionsreiz realisiert. Als Beispiel dient der Kreuztest des Zeiss Polatest Sehprüfgerätes, wobei das linke Auge nur die waagerechten Teile eines Kreuzes, das rechte Auge nur die lotrechten Teile sehen kann. Da das Bild im rechten Auge bei der im Beispiel dargestellten Exostellung temporal von der Netzhautgrubenmitte liegt, werden die lotrechten Teile des Kreuzes links von Geradeaus lokalisiert (heteronyme Wahrnehmung).

Bei bizenraler Korrespondenz wird eine Fehlstellung am Kreuztest immer dann wahrgenommen, wenn die Vergrößerung der Augen von der Orthostellung abweicht. Daher kann ein Augenpaar mit einer im natürlichen Sehen voll motorisch kompensierten Heterophorie durch motorische Entspannung im Trenner-Verfahren (an allen Testen ohne zentralen Fusionsreiz) den gleichen Seheindruck liefern wie Augen, die auf Grund einer Fixationsdisparation erster Art von vornherein nicht in der Orthostellung waren. Die Wahrnehmung einer Fehlstellung an einem Test ohne zentralen Fusionsreiz läßt daher nur den Schluß zu, daß keine Orthophorie vorliegt. Es läßt sich aber nicht entscheiden, ob die Heterophorie unter natürlichen Sehbedingungen noch voll motorisch kompensiert wird oder schon zu einer Fixationsdisparation erster Art geführt hat. Dies gilt auch für die „fixation disparity“ im Sinne von Ogle, die stets nur mit Binokulartesten ohne zentralen Fusionsreiz untersucht und gemessen worden ist.

Beim natürlichen Sehen mit Fixationsdisparation erster Art wird der Fixationspunkt binokular einfach gesehen, weil sich die beiden abbildungsgleichen (disparaten) Netzhautstellen auf eine gemeinsame Richtungsempfindung einigen, wenn und solange auf ihnen fusionsierbare Bilder liegen. Ihre unterschiedlichen Richtungswerte bleiben (vorerst) erhalten, was an der Fehlstellungswahrnehmung bei entsprechenden Testen (ohne zentrales Fusionsobjekt) im Trenner-Verfahren (rechte Seite von Bild 5) zu erkennen ist.

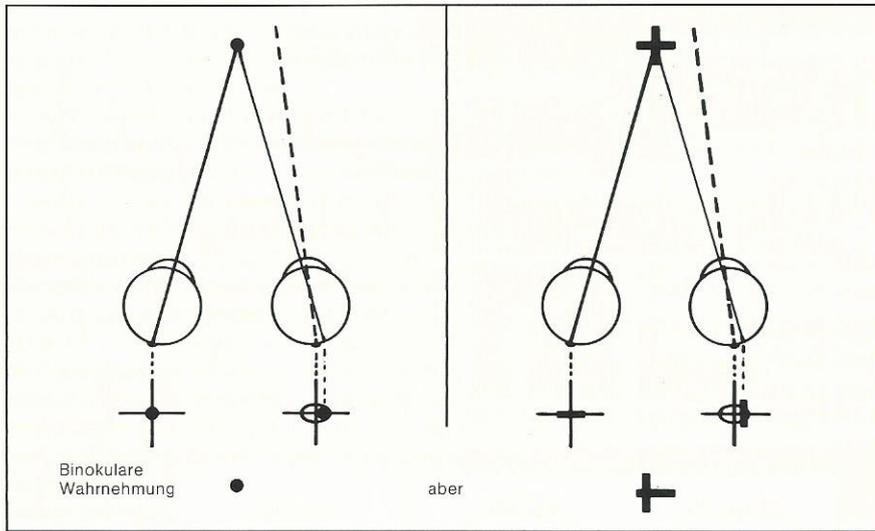


Bild 5: Natürliches Sehen und Sehen unter Prüfbedingungen (Trenner-Verfahren) bei Fixationsdisparation erster Art

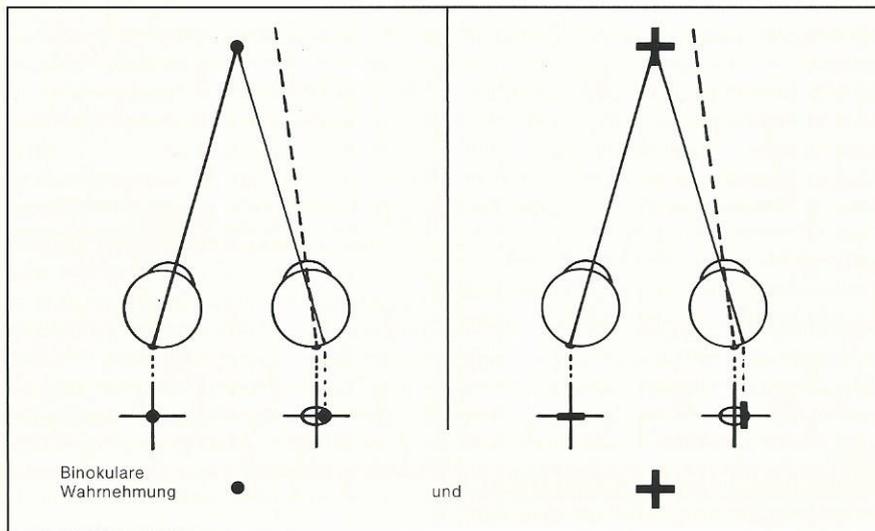


Bild 6: Natürliches Sehen und Sehen unter Prüfbedingungen (Trenner-Verfahren) bei Fixationsdisparation zweiter Art

5. Fixationsdisparation zweiter Art

Durch eine im natürlichen Sehen ständig vorhandene Fixationsdisparation erster Art und die damit verbundene dauernde Einigung auf die gleiche Richtungsempfindung des Bildortes für den Fixationspunkt im abweichenden Auge mit der Netzhautgrubenmitte des Führungsauges (Richtungswert Geradeaus) „verlernt“ dieser disparate Bildort seinen ursprünglichen Richtungswert immer mehr. Und schließlich liefert er die Richtungsempfindung Geradeaus auch für Bilder, die mit dem Bild in der Netzhautgrubenmitte des Führungsauges nicht fusionierbar sind; er hat den Richtungswert Geradeaus angenommen. Damit ist dann Fixationsdisparation zweiter Art („disparate Korrespondenz“ nach H.-J. Haase) entstanden, die durch eine Verschiebung des Korrespondenzentrums (also derjenigen Netzhaut-

stelle, welche im Binokularsehen den Richtungswert Geradeaus besitzt) im abweichenden Auge gekennzeichnet ist. Diese Richtungswertverschiebung ist jedoch nur im Binokularsehen vorhanden, im Monokularsehen bleibt zentrale Fixation erhalten.

Bei der Fixationsdisparation zweiter Art ist also keine bizenale Korrespondenz mehr vorhanden. Im abweichenden Auge befindet sich das Korrespondenzzentrum nicht mehr in der Netzhautgrubenmitte, es liegt aber stets noch innerhalb des zentralen Panumbereiches. In diesem disparaten Korrespondenzzentrum wird der binokular angeblickte Fixationspunkt abgebildet. Dabei kann allmählich eine Panumbereichserweiterung in der durch die zugrundeliegende Heterophorie bedingten Richtung stattfinden; häufig werden Fixationsdisparationen bis etwa 4 cm/m gefunden.

In Bild 6 ist auf der linken Seite das im

natürlichen Sehen bestehende Verhalten von Augen mit Fixationsdisparation zweiter Art dargestellt. Zumindest bezüglich der binokularen einfachen Wahrnehmung des interessierenden Objektes besteht im natürlichen Sehen zwischen der Fixationsdisparation erster und derjenigen zweiter Art kein subjektiv signifikanter Unterschied, obwohl die zugrundeliegenden Mechanismen verschieden sind, nämlich sensorische Fusion bei der ersten und verschobene Korrespondenz bei der zweiten Art. Dennoch sind auch im natürlichen Sehen oft Unterschiede vorhanden, auf die hier nicht eingegangen wird.

Auf der rechten Seite von Bild 6 sind die Netzhautbildlagen und die binokulare Wahrnehmung nicht fusionierbarer, am gleichen Ort vor den Augen befindlicher Objekte dargestellt. Wenn das mit dem abweichenden Auge gesehene Objekt im disparaten Korrespondenzzentrum abgebildet wird, dann ergibt sich im Gegensatz zur Fixationsdisparation erster Art am Kreuztest (und an allen anderen Binokulartesten ohne zentrales Fusionsobjekt) keine Fehlstellungswahrnehmung. Ohne Kenntnis der vorhandenen Fixationsdisparation müßte aus der Nullstellungswahrnehmung fälschlicherweise auf bizenale Korrespondenz bei Muskelgleichgewicht geschlossen werden. Auf das Vorhandensein einer solchen Fixationsdisparation muß also in anderer Weise geprüft werden, nämlich einerseits mit besonderen (echten) Fixationsdisparationstesten und andererseits durch die Kontrolle der Qualitätskriterien des Stereosehens. Echte Fixationsdisparationsteste (zum Beispiel Zeiger- und Hakentest im Zeiss Polatest Sehprüfgerät) enthalten ein zentrales Fusionsobjekt und nur monokular sichtbare parazentrale nicht fusionierbare Testteile, deren binokulare Wahrnehmung Aufschluß über die Richtungswerte der zugehörigen Bildorte außerhalb der Korrespondenzentren geben kann. Darüber hinaus vermindert jede Fixationsdisparation die Qualität der Stereopsis.

Der Übergang von der Fixationsdisparation erster Art zur Fixationsdisparation zweiter Art ist ein allmählicher Vorgang, und spätestens ab dem dreißigsten Lebensjahr (oft jedoch schon früher) ist bei Heterophorikern die Fixationsdisparation zweiter Art der am häufigsten anzutreffende Zustand des normalen Binokularsehens. Mit der richtigen Meßmethodik (zum Beispiel anhand der in Bild 7 gezeigten Binokularteste nach H.-J. Haase) ist aber auch der durch Fixationsdisparation zweiter Art ausgeglichene Anteil einer Heterophorie zu ermitteln, und durch

prismatische Vollkorrektur der Heterophorie kann dann auch diese (statische) Fixationsdisparation wieder rückgängig gemacht werden.

Im Gegensatz zur Fixationsdisparation kann der (seltene) *Mikrostrabismus* nicht korrigiert werden; er wird in DIN 5340 folgendermaßen definiert:

„Mikrostrabismus ist eine irreversible, sensorisch bedingte Form eines manifesten monolateralen Strabismus mit einem Schielwinkel kleiner als 5°.“

Die Fixationsdisparation zweiter Art darf nicht mit dem Mikrostrabismus verwechselt werden. Beim Mikrostrabismus liegt der Bildort des Fixationspunktes im Schielaugauge außerhalb des zugehörigen Panumbereiches, es ist eine *anomale Korrespondenz* vorhanden. *Normale Korrespondenz* ist hingegen dadurch gekennzeichnet, daß sich das Korrespondenzzentrum im zentralen Panumbereich befindet. Daher ist neben der (idealen) bizentralen Korrespondenz auch die bei Fixationsdisparation zweiter Art vorhandene disparate Korrespondenz eine normale Korrespondenz.

Es soll noch einmal betont werden, daß sich die disparate Korrespondenz bei der Fixationsdisparation zweiter Art allmählich aus der bizentralen Korrespondenz bei der Fixationsdisparation erster Art entwickelt, und daß diese Entwicklung durch prismatische Vollkorrektur wieder rückgängig zu machen ist. Eine frühzeitige prismatische Vollkorrektur kann diese Entwicklung von vornherein verhindern.

6. Stereo-Sehgleichgewicht

Blickt ein Augenpaar in der Orthostellung (also ohne Fixationsdisparation) auf einen in der Mediane ebene befindlichen Fixationspunkt, so werden alle ebenfalls in der Mediane ebene davor bzw. dahinter liegenden Objektpunkte symmetrisch bitemporal bzw. binasal querdisparat abgebildet. Diese zu den bizentralen Korrespondenzzentren symmetrische Abbildung der Stereo-Objekte führt bei idealer Stereopsis zur binokularen Wahrnehmung dieser Objekte entsprechend ihrer exakten Lage relativ zum Fixationspunkt. Dieser Zustand, in dem sich beide Augen völlig gleichwertig an der Richtungswahrnehmung im Stereosehen beteiligen, wird als Stereo-Sehgleichgewicht bezeichnet und stellt ein wichtiges Qualitätskriterium der Stereopsis dar. Daher ist eine Prüfung auf Stereo-Sehgleichgewicht, zum Beispiel mit dem Stereo-Sehgleichgewichtstest im Zeiss Polatest Sehprüfgerät (Valenztest, Bild 7), eine einfache Möglichkeit, die Abwesenheit von Fixa-

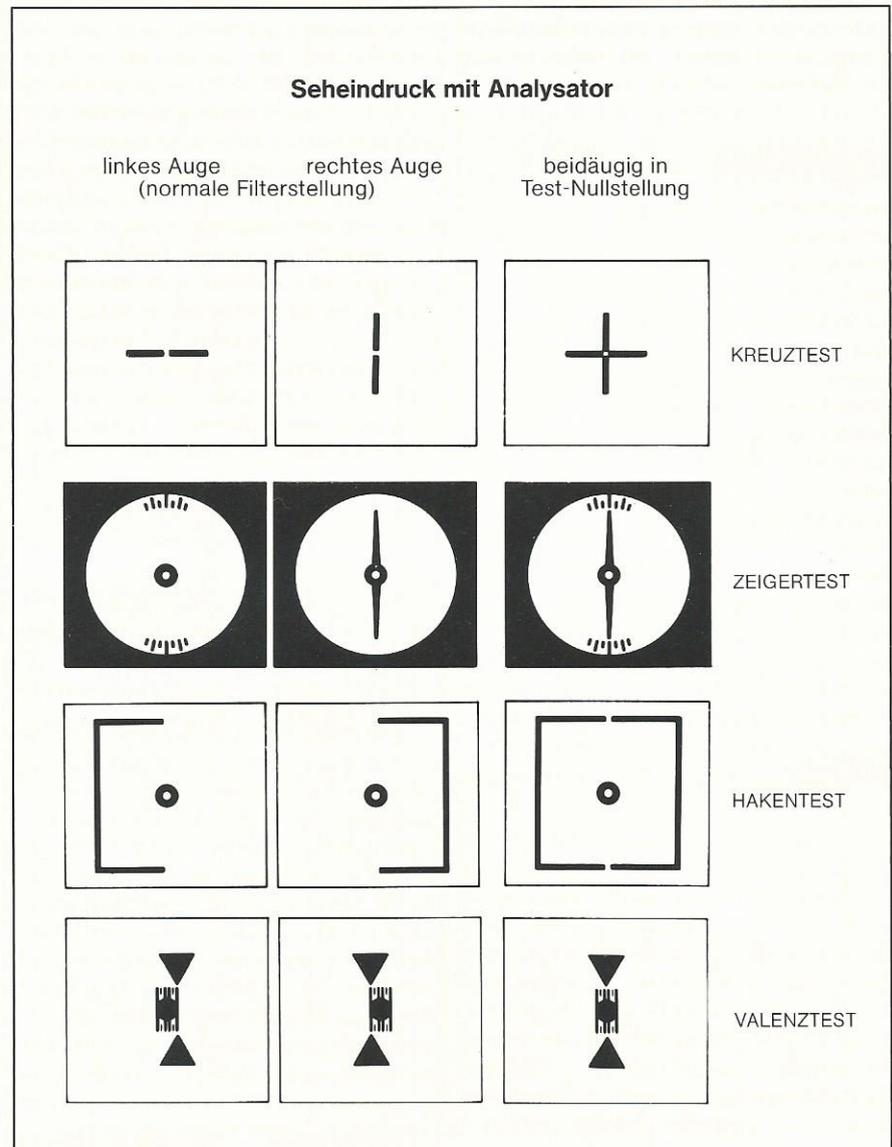


Bild 7: Die wichtigsten Binokularteste nach H.-J. Haase im Zeiss Polatest Sehprüfgerät

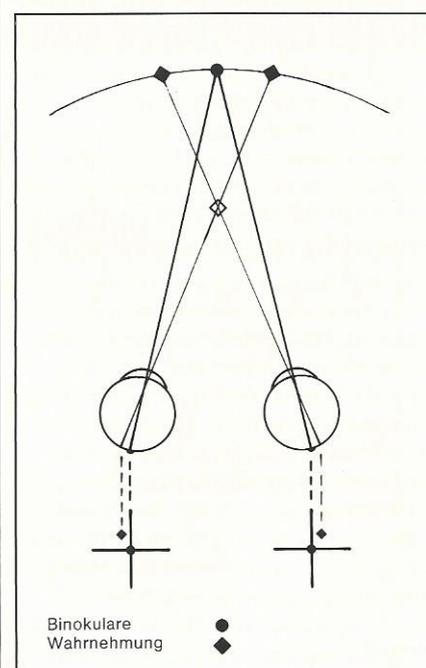


Bild 8: Prüfung der Richtungswahrnehmung im Stereosehen

tionsdisparation (also das Vorliegen der Orthostellung) festzustellen.

In Bild 8 ist das Prinzip einer solchen Prüfung der stereoskopischen Richtungswahrnehmung dargestellt. Beiderseits des binokular sichtbaren Fixationspunktes befinden sich etwas tiefer zwei gleich große auf einer Ecke stehende Quadrate, von denen jedes von nur einem Auge gesehen werden kann. Im Beispiel von Bild 8 sieht das linke Auge das rechte Quadrat und das rechte Auge das linke Quadrat. Die symmetrisch bitemporal querdisparate Abbildung etwas oberhalb der horizontalen Netzhautmeridiane beider Augen liefert im Falle idealer Stereopsis die skizzierte binokulare Wahrnehmung, bei der das (fusionierte) Quadrat etwas unterhalb in richtiger Entfernung vor dem Fixationspunkt erscheint und mit seiner oberen Ecke genau auf die Mitte des Fixationspunktes zeigt (Äquivalenz „nach vorn“). Eine Vertauschung der Seheindrücke beider Augen (rechtes Qua-

drat wird nur vom rechten Auge gesehen und linkes Quadrat nur vom linken) liefert binasale Netzhautbildlagen, und bei idealer Stereopsis ergibt sich eine entsprechende binokulare Wahrnehmung des Quadrates hinter dem Fixationspunkt, wobei die obere Ecke wieder genau auf die Mitte des Fixationspunktes weist (Äquivalenz „nach hinten“). Besteht nun Äquivalenz sowohl nach vorn als auch nach hinten (das heißt sowohl bei temporal als auch bei nasal querdysparater Abbildung von Stereo-Objekten), so herrscht Stereo-Sehgleichgewicht. In diesem Fall befinden sich die Augen mit Sicherheit in der Orthostellung, es ist keine Fixationsdisparation vorhanden. Ob die so nachgewiesene Orthostellung allerdings auch unter natürlichen Sehbedingungen stets eingenommen wird, läßt sich daraus nicht erkennen. Ein heterophorisches Augenpaar mit Fixationsdisparation erster Art und auch noch mit junger Fixationsdisparation zweiter Art ist nämlich in der Lage, bei (bezüglich Stereosehen und Sehschärfe) anspruchsvollen Sehaufgaben vorübergehend auf bzentrale Fixation motorisch nachzufusionieren.

Tragen die beiden monokularen Seheindrücke des Stereo-Objektes jedoch nicht exakt gleichwertig zur Richtungswahrnehmung im Stereosehen bei, dann wird das Stereo-Objekt gegenüber dem Fixationspunkt seitlich verschoben wahrgenommen (Prävalenz eines Auges). Die Ursache einer solchen Abweichung vom Stereo-Sehgleichgewicht kann außer in einer Fixationsdisparation auch in irgendeinem sonstigen Ungleichgewicht beider Augen trotz Sehens mit bzentraler Fixation liegen (zum Beispiel unterschiedliche Sehschärfe oder einseitige Hemmungen). Deshalb ist eine vorhandene Prävalenz kein sicherer Hinweis auf Fixationsdisparation. Kann jedoch mit prismatischer Vollkorrektur einer vorhandenen Heterophorie Stereo-Sehgleichgewicht hergestellt werden, so war eine Fixationsdisparation die Ursache der zuvor vorhandenen Prävalenz.

7. Zusammenfassung

Die bei normalem Binokularsehen möglichen Zustände der Sensorik sind in Bild 9 zusammengestellt. Im sensorischen Idealfall liegt bzentrale Korrespondenz mit bzentraler Abbildung des binokular angeblickten Fixationspunktes vor; dazu müssen sich die Augen in der Orthostellung befinden. Ein solches Sehen ohne (statische) Fixationsdisparation kann durch das Vorhandensein von Stereo-Sehgleichgewicht nachgewiesen werden.

NORMALE SENSORIK IM BINOKULARSEHEN

IDEAL

Sehen mit bzentraler Fixation:
Bzentrale Korrespondenz mit bzentraler Fusion

NICHT IDEAL

Fixationsdisparation erster Art:
Bzentrale Korrespondenz mit dysparater Fusion

Fixationsdisparation zweiter Art:
Dysparater Korrespondenz

Bild 9: Mögliche sensorische Zustände im normalen Binokularsehen

Bei Fixationsdisparation liegt das Bild des dysparat abgebildeten Fixationspunktes innerhalb des zugehörigen Panumbereiches, bei der Fixationsdisparation erster Art unter Aufrechterhaltung bzentraler Korrespondenz, bei der Fixationsdisparation zweiter Art unter Korrespondenzverschiebung. Jede statische Fixationsdisparation entsteht durch die phorische Belastung bei Heterophorie, stellt eine Abweichung von der idealen sensorischen Zusammenarbeit der Augen dar und führt zu einer verminderten Qualität des Binokularsehens, insbesondere zu schlechterer Stereopsis.

Fixationsdisparation ist reversibel und rechnet nicht zum Strabismus. Die Fixationsdisparation zweiter Art darf nicht mit dem (irreversiblen) Mikrostrabismus verwechselt werden.

7. Summary

Figure 9 shows the possible sensory states in normal binocular vision. For the ideal sensory condition, in which there is bcentral retinal correspondence with bcentral images of the fixation point, the eyes must be in the orthoposition. Such binocular vision without (static) fixation disparity can be proved by the existence of stereo balance.

In fixation disparity the disparately imaged fixation point lies within the matching Panum's area, in fixation disparity of the first kind with maintained bcentral correspondence, in fixation disparity of the second kind with a shift of retinal correspondence. Every static fixation disparity is caused by the phoric stress of heterophoria, represents a deviation from the ideal sensory cooperation of the eyes and causes a reduced quality of binocular vision, particularly a poorer stereopsis.

Fixation disparity can be reversed and is no squint. Fixation disparity of the second kind must not be confused with (irreversible) microtropia.

8. Literaturhinweise

- DIN 5340: „Begriffe der physiologischen Optik“, Beuth Verlag, Berlin (Oktober 1986).
- H. E. Baumann: „Die Anwendung des Polatest in der Praxis“, *Ophthalmologica* 158 (1969) 612–621.
- Roy Gordon Cole and Richard P. Boisvert: „Effect of fixation disparity on stereo-acuity“, *Amer. J. Optom. and Physiol. Opt.* 51 (1974) 206–213.
- Helmut Goersch: „Dekompenzierte Heterophorien und ihre Auswirkungen auf das Sehen“, *Der Augenoptiker* 5 (1978) 13–23; „Die Entwicklung der binokularen Meß- und Korrektionsmethodik von H.-J. Haase“, *Der Augenoptiker* 10 (1980) 6–13; „Stereopsis unter phorischer Belastung“, *Deutsche Optikerzeitung* 9 (1982) 8–18.
- Hans-Joachim Haase: „Latente Heterophorien“, *Int. Augenopt. Kongreß Berlin* (1962), Energie-Verlag, Heidelberg; „Zur Fixationsdisparation – Eine erweiterte Theorie und praktische Folgerungen“ (Serie in 22 Folgen), *Der Augenoptiker* 3 (1980) bis 1 (1984).
- Hans-Joachim Haase, Günter Forst, David Pestalozzi, Helmut Goersch: „Binokulare Korrektur, Die Methodik und Theorie von H.-J. Haase“ (Eine Sammlung von zehn Arbeiten aus den Jahren 1957–1978), Verlag Willy Schrickel, Düsseldorf (1980).
- Joseph Lang: „Mikrostrabismus“, Bücherei des Augenarztes, Heft 62, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 2. Auflage (1982).
- M. Monje, H. Stingl und W. de Decker: „Fixationsdisparität bei peripherem und zentralem Binokularsehen unter phorischer Belastung“, *A. v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthalm.* 194 (1975) 95–107.
- Kenneth N. Ogle, Frances Mussey and Avery de H. Prangen: „Fixation disparity and the fusional processes in binocular single vision“, *Amer. J. Ophthalm.* 32 (1949) 1069–1087.
- Kenneth N. Ogle, Theodore G. Martens and John A. Dyer: „Oculomotor Imbalance in Binocular Vision and Fixation Disparity“, Lea & Febiger, Philadelphia (1967).
- M. M. Parks: „Stereoacuity as an Indicator of Bifixation“, *Intern. Strabismus Symp.* Gießen 1966, S. Karger, Basel (1968) 258–260.
- David Pestalozzi: „Probleme des beidäugigen Sehens aus augenärztlicher Sicht“, *Neues Optikerjournal* 6 (1975) 429–436.
- V. Vukovich und G. Schubert: „Fixationsschwankungen und binokulares Einfachsehen“, *A. v. Graefes Arch. Ophthalm.* 149 (1949) 706–718.

Anschrift des Verfassers:

*Dr. Helmut Goersch,
Westhofener Weg 30,
1000 Berlin 38*