

Einführung in das Binokularsehen

Teil VII (Fortsetzung aus Heft 11/1982)

4. Sensorik des Binokularsehens

Unter der Sensorik des Binokularsehens wird bekanntlich der nervliche Anteil des beidäugigen Sehvorganges verstanden. Die Sensorik bewirkt sowohl die Steuerung der Augenbewegungen (Sensorik) als auch die visuelle Empfindung, Wahrnehmung und Erkennung. Die hier vorgenommene Aufteilung zwischen der Motorik und der Sensorik des Binokularsehens geschieht aus rein didaktischen Gründen. Im natürlichen Sehen laufen motorische und sensorische Vorgänge ineinander verzahnt ab und sind kaum voneinander zu trennen. SACHSENWEGER benutzt die Begriffe *Okulomotorik* und *Visusensorik*: „Das okulomotorische und das visusensorische System müssen ... als Einheit betrachtet werden, wobei die Sensorik die Okulomotorik reguliert und kontrolliert“ [86].

In diesem Kapitel sollen die wichtigsten Begriffe zur Sensorik des Binokularsehens dargestellt werden.

4.1 Netzhautkorrespondenz

Im Abschnitt 1.3 sind die Richtungsempfindungen erörtert worden, die durch unterschiedliche Netzhautstellen des Einzelauges vermittelt werden. Die relative Lage von Objekten im Gesichtsfeld wird mit Hilfe der den Bildorten auf der Netzhaut zugeordneten Richtungswerte visuell vermittelt. Dabei ist zu beachten, daß diese Richtungswerte eigentlich nicht zu den Netzhautstellen, sondern zu den „Empfängerzellen“ im Sehzentrum gehören [36, S. 11]. Die Netzhautelemente sind lediglich die „Senderzellen“, deren Impulse zu den jeweils „richtigen“ Empfängern geschickt werden. Unter gewissen Umständen kann jede Netzhautstelle „ihren“ Richtungswert verändern.

Im Binokularsehen, das heißt also bei der gleichzeitigen Tätigkeit beider Augen, besitzen die einzelnen Stellen der Netzhäute ihre Richtungswerte zunächst weiterhin unabhängig voneinander. Im Sensorium werden dann die Richtungsempfindungen der Einzelaugen gemeinsam verarbeitet. Zwischen den Richtungswerten im Monokularsehen und im Binokularsehen besteht jedoch ein wesentlicher Unterschied, der besonders deutlich von HELMHOLTZ beschrieben wurde [87]. Während sich die Richtungswerte des Monokularsehens auf den Ort des Auges selbst beziehen, entsteht die binokulare Richtungsempfindung von der Mitte zwischen beiden Augen aus: „Man denke sich in der Mitte zwischen beiden Augen ein imaginäres mittleres Cyclopenauge, welches auf den gemeinsamen Fixationspunkt beider Augen gerichtet ist ...“ [87, S. 756]. Bei normal entwickeltem Binokularsehen besitzt die Richtungsempfindung dieses „Zyklopenauges“ überragende Bedeutung. So orientiert sich zum Beispiel die Bewegung von Körperteilen auch dann noch an der gewohnten binokularen Richtungswahrnehmung, wenn nur monokular gesehen wird. Dazu beschreibt HELMHOLTZ folgenden eindrucksvollen Versuch: „Man blicke mit einem Auge nach einem entfernten Objecte und halte vor den unteren Theil des Gesichtes ein Blatt Papier so, daß man die eigenen Hände und Arme nicht sehen kann. Man schiebe dann

den Zeigefinger der rechten Hand unter dem deckenden Schirm so in die Höhe, als wollte man nach dem gesehenen Gegenstand hinzeigen. Der Finger wird hinter dem Papier links vor dem fixierten Gegenstand zum Vorschein kommen, wenn man mit dem rechten Auge hinblickt, rechts, wenn man mit dem linken sieht“ [87, S. 757]. Im weiteren ist mit „Richtungswert“ die auf das Zyklopenauge bezogene Richtungsempfindung gemeint.

Bei der richtungswertmäßigen Zusammenarbeit beider Augen kommt der jeweils gleichen Richtungsempfindung bestimmter Netzhautstellen des rechten und linken Auges besondere Bedeutung zu. Dabei muß unterschieden werden, ob zwei Netzhautstellen gleiche Richtungswerte nur haben, wenn auf ihnen fusionierbare Bilder liegen, oder auch bei rechts und links völlig verschiedenen Bildern. („Fusionierbare“ Bilder sind hinreichend gleiche Bilder: die „objektive“ Fusionsbedingung ist erfüllt; siehe Abschnitt 2.5).

Die wohl bekannteste Veranschaulichung gleicher Richtungswerte basiert auf dem Fenster Versuch nach HERING [9, S. 20]. Abb. 31 zeigt das Prinzip dieses Versuches. Ein in der Medianebene eines Augenpaares inmitten einer Blendenöffnung befindlicher Fixationspunkt möge beidäugig zentral fixiert werden. Während sich die Augen in dieser Orthostellung befinden, werden die hinter

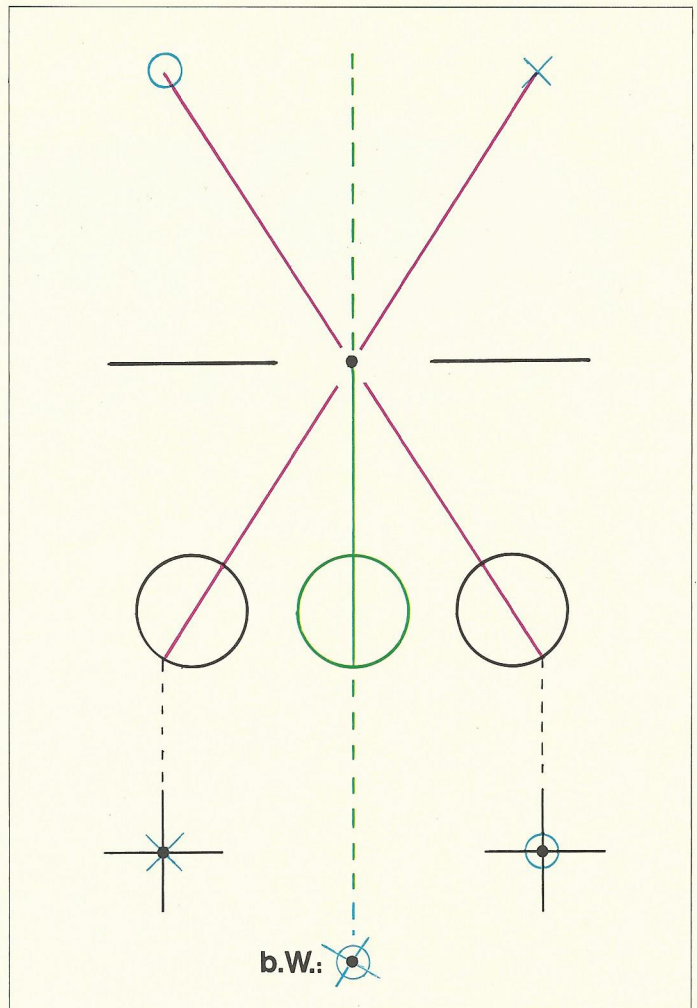


Abb. 31: Veranschaulichung der Sehrichtungsgemeinschaft (grün: Zyklopenauge; b.W.: binokulare Wahrnehmung; Darstellung der Netzhäute siehe Abschnitt 1.3; weitere Erläuterung im Text).

der Blende liegenden und nur jeweils einem Auge sichtbaren Objekte (hier ein Kreis für das rechte Auge und ein Andreaskreuz für das linke Auge) monokular genau in die Richtung der Fixierlinie des betreffenden Auges gebracht, wobei das jeweils andere Auge zugehalten wird. In der binokularen Wahrnehmung erscheinen dann alle drei Objekte in gleicher Richtung geradeaus in der Medianebene (Blickrichtung des Zyklopanauges), denn ihre Bilder liegen auf Netzhautstellen mit gleichem Richtungswert. Diese „Sehrichtungsgemeinschaft“ [88, S. 101] zwischen beiden Augen auch für nicht fusionierbare Netzhautbilder wird als „Netzhautkorrespondenz“ oder einfach als „Korrespondenz“ bezeichnet [2, Lfd. Nr. 18].

Definition 63 Korrespondenz

Unabhängig von der Beschaffenheit der beiden Netzhautbilder vorhandene Gleichheit der Richtungswerte von Netzhautstellen beider Augen im Binokularsehen.

„Diese Korrespondenz ist ein alles überragendes Attribut des Binokularsehens. Sie vereinigt beide Augen zu einem unitarischen visuellen System. Die Identifikation korrespondierender Sehrichtungen miteinander ist angeboren; als solche funktioniert sie vollautomatisch und ununterbrochen, unabhängig von der relativen Stellung des einen Auges zum anderen“ [89]. Solche in Korrespondenz stehende Netzhautstellen beider Augen, die also im Binokularsehen für fusionierbare und ebenso für nicht fusionierbare Netzhautbilder gleiche Richtungswerte besitzen, heißen „korrespondierende Netzhautstellen“ [2, Lfd. Nr. 21].

Definition 64 Korrespondierende Netzhautstellen

Netzhautstellen in beiden Augen, die sowohl für fusionierbare als auch für nicht fusionierbare Bilder gleiche Richtungswerte besitzen.

Die wichtigsten korrespondierenden Netzhautstellen sind naturgemäß diejenigen, die den Richtungswert Geradeaus besitzen, da alle übrigen Richtungsempfindungen relativ zu dieser Geradeausempfindung entstehen. Diese Netzhautstellen in beiden Augen sind die Nullpunkte oder Zentren für die Richtungsempfindungen und werden dementsprechend „Korrespondenzzentren“ genannt.

Definition 65 Korrespondenzzentren

Korrespondierende Netzhautstellen mit dem Richtungswert Geradeaus.

„Die ideale Situation für binokulare Wahrnehmung ist dann gegeben, wenn die Augen „bi-fixieren“ . . .“ [89]. Im Idealfall stellen also die Mitten der beiden Netzhautgruben die Korrespondenzzentren dar (wie im Beispiel der Abb. 31), es besteht „bizentrale Korrespondenz“.

Definition 66 Bizentrale Korrespondenz

Korrespondenz, bei der die Korrespondenzzentren in den Mitten der Netzhautgruben beider Augen liegen.

Oft wird diese bizentrale Korrespondenz auch als bifooveoläre Korrespondenz bezeichnet. Dieser Ausdruck kann aber mißverstanden werden [72, S. 562], denn wörtlich genommen heißt bifooveolär nur innerhalb der beiden Foveolae, was nicht unbedingt in deren Zentren zu sein braucht. Da monokular von „zentraler“ Fixation gesprochen wird, sollte es auch binokular korrekt „bizentral“ heißen, wenn beide Zentren gemeint sind.

Bei einer Korrespondenzprüfung soll die Lage der Korrespondenzzentren auf den beiden Netzhäuten ermittelt werden. Da das Wesen der Korrespondenz in der unabhängig von der Art der Netzhautbilder vorhandenen Gleichheit der Richtungswerte liegt, kann eine Korrespondenzprüfung nur mit nicht fusionierbaren Bildern in beiden Augen erfolgen. Eine solche Korrespondenzprüfung erfordert eine subjektive und eine objektive Aussage oder Kenntnis. Subjektiv muß feststehen, daß die den beiden Augen unabhängig voneinander dargebotenen (nicht fusionierbaren) Fixationsobjekte angeblickt und damit auf den beiden Netzhautstellen mit dem Richtungswert Geradeaus abgebildet werden. Und objektiv muß bekannt sein, auf welchen Stellen der Netzhäute die zugehörigen Bilder liegen. In Abb. 32 soll als Beispiel einer Möglichkeit zur Korrespondenzprüfung der Nachbildtest nach HERING beschrieben werden [27, S. 96]. Die Austrittsöffnung eines Blitzge-

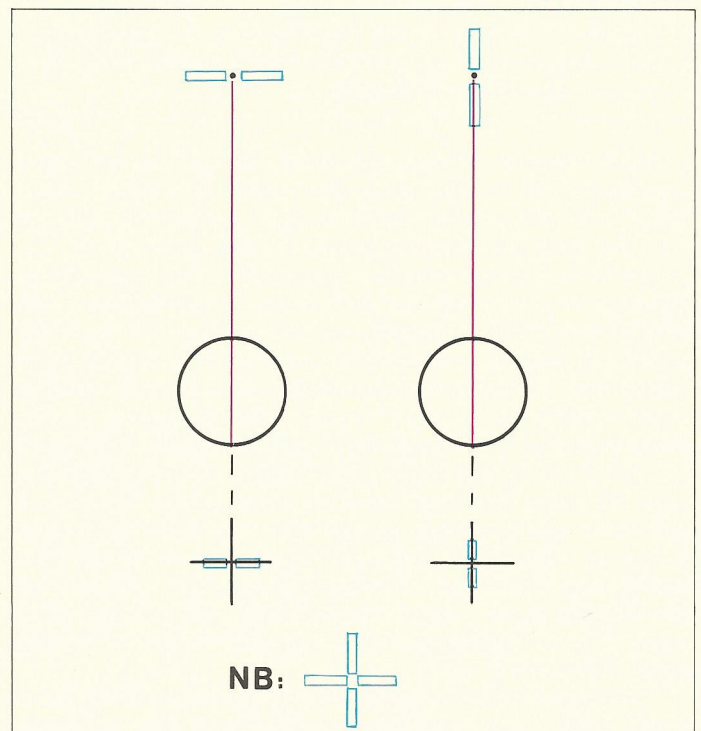


Abb. 32: Nachbildtest nach Hering (NB: binokulare Nachbildwahrnehmung bei bizentraler Korrespondenz; weitere Erläuterung im Text).

rätes ist mit einer zweiteiligen Schlitzblende versehen, in deren Mitte ein Fixationspunkt markiert ist. Bei zugehaltenem rechten Auge des zu prüfenden Augenpaares soll der Fixationspunkt mit dem linken Auge angeblickt werden, wobei die Schlitzblende waagerecht liegt. Dieser waagerechte, in der Mitte unterbrochene Strich wird nun in das linke Auge geblitzt und erzeugt dort ein Nachbild. Dann wird der Blitzvorgang bei zugehaltenem linken Auge wiederholt, während das rechte Auge den Fixationspunkt bei lotrecht stehender Schlitzblende anblickt. Das Nachbild im rechten

Auge vereinigt sich nun mit dem des linken Auges, und die binokulare Wahrnehmung ist (unabhängig von der Blickrichtung!) ein Kreuz, wenn bizentrale Korrespondenz vorliegt und jedes Auge für sich zentral fixiert hatte. Unter der Voraussetzung zentraler Fixation der Einzelaugen zeigt eine Abweichung der Nachbild-Wahrnehmung von einem Kreuz eine Abweichung von der bizentralen Korrespondenz an. Derartige Abweichungen werden später besprochen.

4.2 Horopter

Besitzt ein Augenpaar bizentrale Korrespondenz und befindet es sich in der durch einen binokular dargebotenen Fixationspunkt gegebenen Orthostellung, dann wird dieser Fixationspunkt in den Korrespondenzzentren abgebildet. Außer dem Fixationspunkt werden nun noch andere Objektpunkte auf jeweils korrespondierenden Netzhautstellen abgebildet. Die Gesamtheit aller Objektpunkte, die gleichzeitig auf korrespondierenden Netzhautstellen abgebildet werden können, bildet den sogenannten „Horopter“ [2, Lfd. Nr. 16].

Definition 67 Horopter

Geometrischer Ort für alle Objektpunkte, die gleichzeitig auf korrespondierenden Netzhautstellen abgebildet werden können (*Empirischer Horopter*).

Um deutlich zu machen, daß dieser Horopter nur auf experimentellem Wege ermittelt werden kann, wird er auch als „empirischer“ oder „wahrer“ Horopter bezeichnet. Seine Form hängt von der Entfernung des Fixationspunktes von den Augen ab.

Da die Augen nebeneinander angeordnet sind, ist der Horizontalschnitt durch den Horopter von besonderer praktischer Bedeutung. Er entsteht als Schnittlinie der Horopterfläche mit derjenigen Ebene, die durch die beiden Fixierlinien (bei Orthostellung) aufgespannt wird. Der Fixationspunkt selbst liegt naturgemäß immer auf dieser Schnittlinie, und die Form der Schnittlinie hängt von der Entfernung des Fixationspunktes von den Augen ab. Nach DAVSON [90, S. 523] ist die Linie bei einer Entfernung des auf der Medianebene liegenden Fixationspunktes von mehr als 2m konvex (vom Augenpaar aus gesehen), bei geringeren Entfernungen konkav gekrümmt; dazwischen, bei ungefähr 2m Entfernung des Fixationspunktes, handelt es sich um eine frontparallele Gerade. Ähnliche Angaben finden sich bei SCHÖBER [19, S. 371]. Eine besonders ausführliche Darstellung von Methoden der Horopterbestimmung findet sich in [91, S. 1574].

Zur möglichst anschaulichen Darstellung der Zusammenarbeit beider Augen sind vereinfachende Annahmen über die Augen gemacht worden. Solche Annahmen führen zu einer geometrisch einfachen Form des Horopters, der deshalb „geometrischer Horopter“ genannt wird [2, Lfd. Nr. 16].

Definition 68 Geometrischer Horopter

Durch vereinfachende Annahmen über den Bau der Augen konstruierter Horopter.

Ein häufig verwendetes Funktionsmodell entsteht, wenn die Netzhäute beider Augen so übereinanderliegend gedacht werden, daß sich sowohl die Mitten der Netzhautgruben als auch die vertikalen Netzhautmeridiane decken (dann decken sich auch die hori-

zontalen Netzhautmeridiane; siehe Abschnitt 1.3). Je zwei der dabei übereinanderliegenden Netzhautstellen beider Augen heißen „Deckpunkte“ [2, Lfd. Nr. 6].

Definition 69 Deckpunkte

Netzhautstellen gleicher Koordinatenwerte in zwei gleichen Koordinatensystemen, deren Nullpunkte in den Mitten der Netzhautgruben beider Augen liegen.

Von allen Deckpunkten sind nur die Korrespondenzzentren bei bizentraler Korrespondenz exakt korrespondierende Netzhautstellen. Alle übrigen dieser rein geometrisch definierten Deckpunkte besitzen keine funktionelle Bedeutung, können aber trotzdem in erster Näherung als korrespondierende Netzhautstellen betrachtet werden. Dann kann aus dem Modell der Deckpunkte ein geometrischer Horopter konstruiert werden. Der Horizontalschnitt durch diesen geometrischen „Deckpunkt-Horopter“ ist bei jeder Entfernung des Fixationspunktes ein Kreis, der als „Vieth-Müllerscher Horopterkreis“ bezeichnet wird. Dieser Kreis geht durch den Fixationspunkt und durch die Mitten der Eintrittspupillen beider Augen [19, S. 365]. Häufig findet sich die unzutreffende Aussage, dieser Kreis sei durch die Knotenpunkte beider Augen bestimmt. Der Vieth-Müllersche Horopterkreis ist stärker gekrümmt als der entsprechende Schnitt durch den empirischen Horopter.

4.3 Disparation

Alle Objektpunkte des binokularen Gesichtsfeldes werden gleichzeitig auf den Netzhäuten beider Augen abgebildet, so daß jedem Objektpunkt auf jeder Netzhaut ein Bildpunkt entspricht. Unabhängig von der Lage der Bildpunkte auf den einzelnen Netzhäuten werden diejenigen Stellen beider Netzhäute, auf denen ein und derselbe Objektpunkt abgebildet wird, als „abbildungsgleiche Netzhautstellen“ bezeichnet [2, Lfd. Nr. 19].

Definition 70 Abbildungsgleiche Netzhautstellen

Netzhautstellen in beiden Augen, auf denen derselbe Objektpunkt gleichzeitig abgebildet wird.

Alle Objektpunkte auf dem durch einen bizentral abgebildeten Fixationspunkt bestimmten Horopter werden auf korrespondierenden Netzhautstellen abgebildet. Für diese Objektpunkte sind die abbildungsgleichen Netzhautstellen also korrespondierende Netzhautstellen. Alle Objektpunkte aber, die nicht auf dem Horopter liegen, werden auf nicht korrespondierenden Netzhautstellen abgebildet. Grundsätzlich besitzen nicht korrespondierende Netzhautstellen unterschiedliche Richtungswerte, können jedoch unter bestimmten Bedingungen für fusionierbare Bilder vorübergehend gleiche Richtungswerte annehmen. Das daraus resultierende „Panum-Sehen“ wird später behandelt. Allgemein werden nicht korrespondierende Netzhautstellen auch „disparate Netzhautstellen“ genannt [2, Lfd. Nr. 20].

Definition 71 Disparate Netzhautstellen

Netzhautstellen in beiden Augen, die für nicht fusionierbare Bilder unterschiedliche Richtungswerte besitzen.

Einführung in das Binokularsehen

Abbildungsgleiche Netzhautstellen sind also entweder Stellen mit gleichem Richtungswert (korrespondierende Netzhautstellen; Abbildung von auf dem Horopter liegenden Objektpunkten) oder Stellen mit ungleichem Richtungswert (disparate Netzhautstellen; Abbildung von außerhalb der Horopterfläche befindlichen Objektpunkten). Bei einer Abbildung auf disparaten Netzhautstellen hängt die sensorische Weiterverarbeitung entscheidend davon ab, wie stark sich die Richtungswerte der abbildungsgleichen Netzhautstellen voneinander unterscheiden. Als Maß dafür kann die Entfernung des einen Bildpunktes von derjenigen Stelle dienen, die mit der abbildungsgleichen Netzhautstelle im anderen Auge korrespondiert. Diese Strecke wird als „Disparation“ bezeichnet [2, Lfd. Nr. 7].

Definition 72 Disparation

Abstand des Bildpunktes in einem Auge von derjenigen Netzhautstelle dieses Auges, die mit der abbildungsgleichen Netzhautstelle im anderen Auge korrespondiert.

Mit Hilfe der Abb. 33 soll die Disparation erläutert werden. In den Korrespondenzzentren 1,1 kreuzen sich der horizontale und der vertikale Netzhautmeridian jedes Auges, und die Andreaskreuze markieren zwei abbildungsgleiche, disparate Netzhautstellen. In Abb. 33a ist nun zum Bildort 2 des linken Auges die im rechten Auge korrespondierende Netzhautstelle 2 eingezeichnet worden. Der Abstand d von dieser Netzhautstelle bis zum Bildort ist die Disparation. In Abb. 33b ist zum Bildort 3 des rechten Auges die im linken Auge korrespondierende Netzhautstelle 3 eingzeichnet, und wieder ist der Abstand d zum Bildort die Disparation. Der Abstand d ist in den Abb. 33a und 33b gleich groß und befindet sich im gleichen Quadranten der Netzhaut des rechten bzw. des linken Auges. Daher ist es gleichgültig, in welchem der beiden Augen die Disparation bestimmt wird.

In Abb. 33 ist absichtlich eine schräg zur Richtung der Netzhautmeridiane liegende Disparation eingezeichnet worden. Wichtig ist die vektorielle Zerlegung einer solchen Disparation in zwei parallel zu den Netzhautmeridianen liegende Komponenten. Abb. 34 zeigt eine derartige Zerlegung. Die beiden Komponenten heißen „Querdisparation“ und „Vertikaldisparation“ [2, Lfd. Nr. 7].

Definition 73 Querdisparation

Disparation in Richtung des horizontalen Netzhautmeridians.

Definition 74 Vertikaldisparation

Disparation in Richtung des vertikalen Netzhautmeridians.

Jede Disparation ist eine vom korrespondierenden Netzhautort zum betreffenden Bildort hin gerichtete Strecke. Von praktischer Bedeutung ist jedoch nur die Richtung der Querdisparation, wobei es aber nicht auf die räumliche Richtung nach rechts oder nach links ankommt, sondern auf die relative Richtung nach nasal oder nach temporal. Nur deshalb ist es tatsächlich gleichgültig, in welchem Auge die Disparation bestimmt wird. Abb. 35 zeigt eine „temporale Querdisparation“ (wie sie auch in Abb. 33 enthalten ist), und Abb. 36 zeigt eine „nasale Querdisparation“.

Merke: Objekte vor dem Horopter werden temporal querdisparat abgebildet, Objekte hinter dem Horopter nasal querdisparat. Diese Tatsache wird in Abb. 37 dargestellt.

4.4 Diplopie

Unter bestimmten Bedingungen kann ein Objekt gleichzeitig in zwei verschiedenen Richtungen gesehen werden. Diese Wahrnehmung von Doppelbildern wird als „Diplopie“ oder auch als „Doppeltsehen“ bezeichnet [2, Lfd. Nr. 10].

Definition 75 Diplopie

Doppelte Wahrnehmung eines Sehobjektes (Doppeltsehen).

Ein Doppeltsehen kann auf verschiedene Weise zustande kommen, und nach [2, Lfd. Nr. 10] wird zwischen monokularen und binokularen Doppelbildern unterschieden.

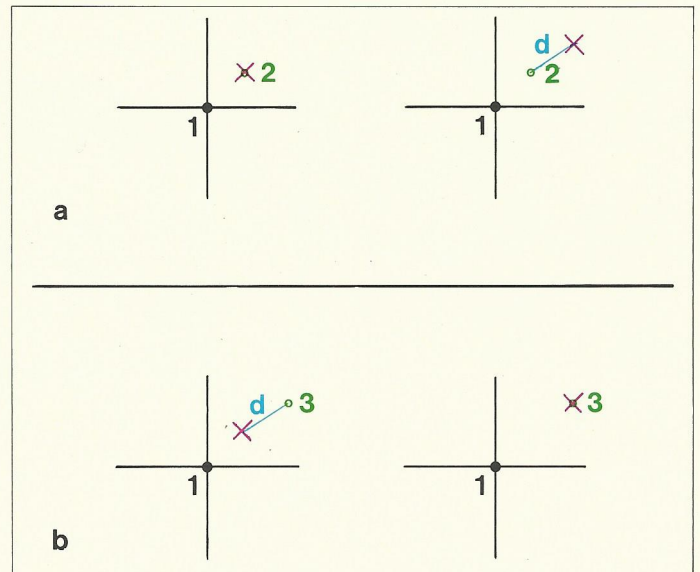


Abb. 33: Zur Erläuterung der Disparation d (1,1: Korrespondenzzentren; 2,2 und 3,3: korrespondierende Netzhautstellen; X,X: abbildungsgleiche, disparate Netzhautstellen).

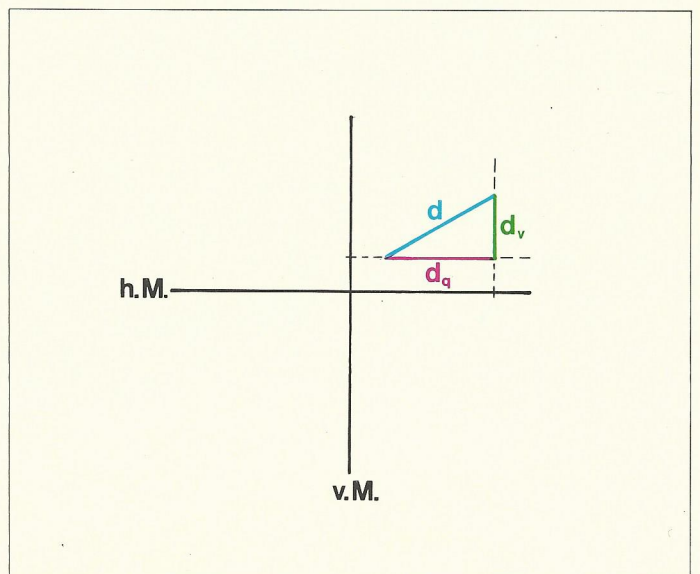


Abb. 34: Die Komponenten einer Disparation d (h. M. und v. M.: horizontaler und vertikaler Netzhautmeridian; d_q : Querdisparation; d_v : Vertikaldisparation).

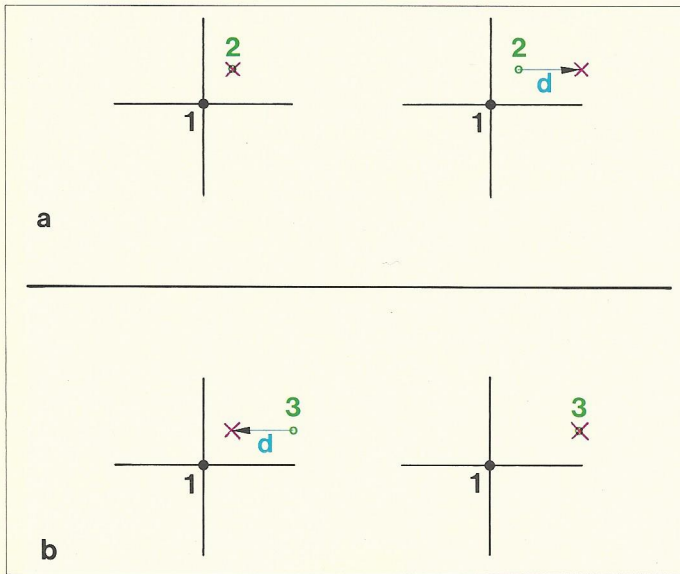


Abb. 35: Temporale Querdisparation d (1,1: Korrespondenzzentren; 2,2 und 3,3: korrespondierende Netzhautstellen; X,X: abbildungsgleiche, disparate Netzhautstellen).

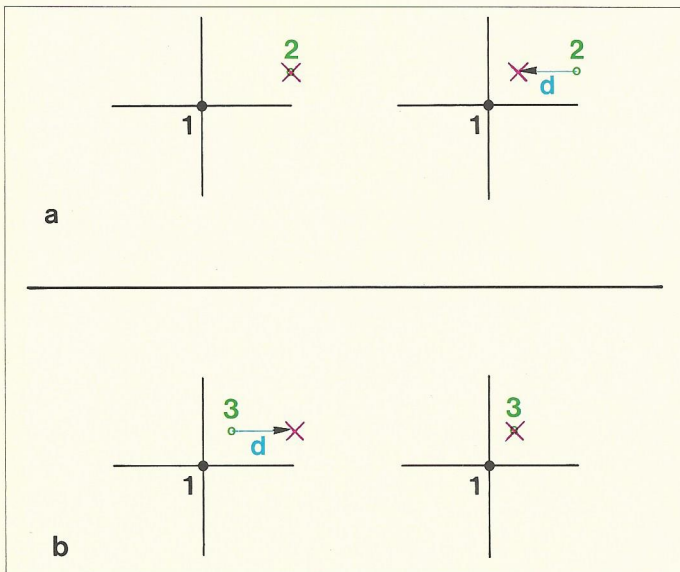


Abb. 36: Nasale Querdisparation d (1,1: Korrespondenzzentren; 2,2 und 3,3: korrespondierende Netzhautstellen; X,X: abbildungsgleiche, disparate Netzhautstellen).

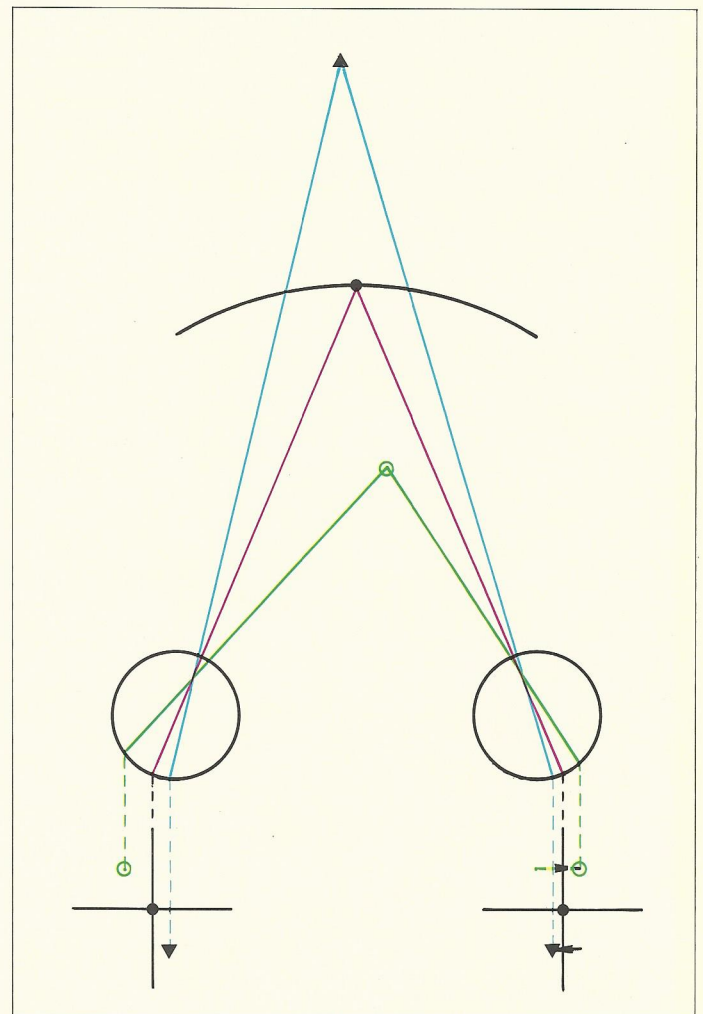


Abb. 37: Temporale querdisparate Abbildung des vor dem Horopter H befindlichen Kreises und nasal querdisparate Abbildung des hinter dem Horopter H befindlichen Dreiecks.

Binokulare Doppelbilder entstehen durch Abbildung eines Objektes auf disparaten Netzhautstellen. Im normalen natürlichen Binokularsehen werden binokulare Doppelbilder durch sensorische Vorgänge verhindert, die im nächsten Abschnitt beschrieben werden. In einer Versuchssituation kann jedoch durch bewußte Aufmerksamkeit ein Doppeltsehen zustande kommen: „Physiologische Diplopie“ [26, S. 86]. Der bekannteste Versuch dazu ist wohl der sogenannte Bleistiftversuch, der in den Abb. 38 und 39 schematisch dargestellt ist. Zwei Bleistifte befinden sich in ausreichender Entfernung voneinander in der Medianebene eines Augenpaares. Wird der hintere Bleistift angeblickt, so legt er bei bizentraler Fixation den Horopter fest, und der vordere Stift wird mit temporaler Querdisparation abgebildet (Abb. 38). Ist der Abstand zwischen den Stiften groß genug, so wird der temporal querdisparat abgebildete vordere Stift in physiologischer Diplopie wahrgenommen. Dabei liefert das rechte Auge das linke der entstandenen Doppelbilder und umgekehrt, was als „heteronyme Diplopie“ bezeichnet wird [26, S. 86].

Monokulare Doppelbilder können verursacht sein entweder durch fehlerhafte Abbildung auf der Netzhaut (zum Beispiel wenn während einer Refraktionsbestimmung der Korrektionszylinder noch nicht richtig ermittelt ist oder gelegentlich bei nicht homogenen Medientrüben) oder durch das gleichzeitige Vorhandensein zweier Richtungswerte für eine Netzhautstelle.

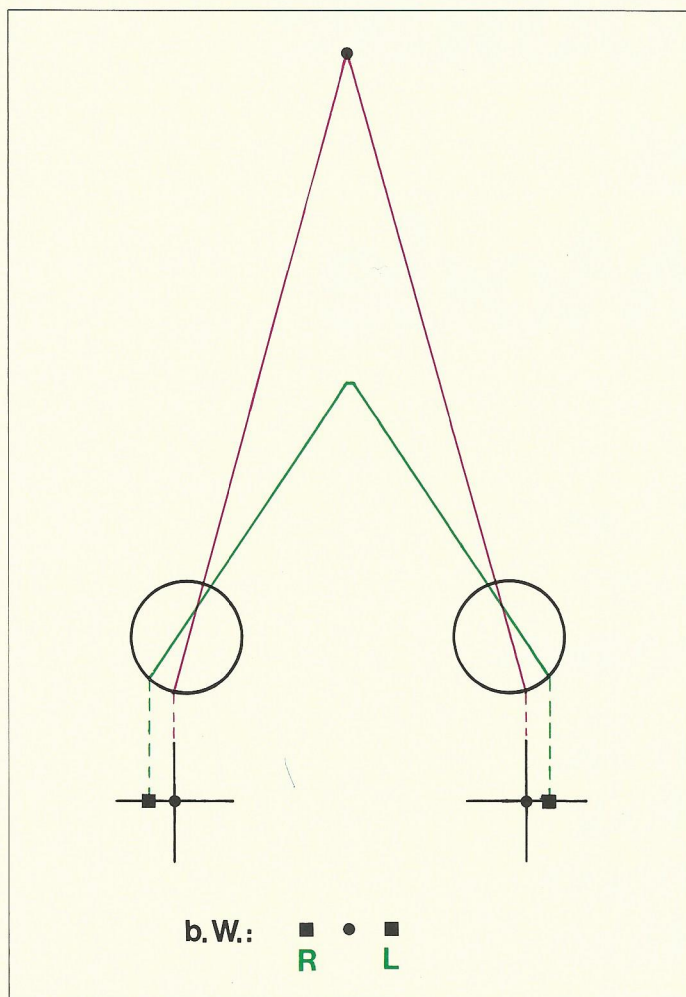


Abb. 38: Heteronyme Diplopie (b.W.: binokulare Wahrnehmung).

Definition 76 Heteronyme Diplopie

Wahrnehmung von gekreuzten Doppelbildern: Aufgrund temporaler Querdissparation wird der links liegende Seheindruck vom rechten Auge vermittelt, der rechts liegende vom linken.

Wird dagegen der vordere Stift angeblickt (Abb. 39), so liefert die nasale Querdissparation für die Abbildung des hinteren Stiftes eine physiologische Wahrnehmung von Doppelbildern, von denen das linke zum linken Auge gehört und umgekehrt. Ein solches Doppeltsehen heißt „homonyme Diplopie“ [26, S. 86].

Definition 77 Homonyme Diplopie

Wahrnehmung von ungekreuzten Doppelbildern: Aufgrund nasal der Querdissparation wird der links liegende Seheindruck vom linken Auge vermittelt, der rechts liegende vom rechten.

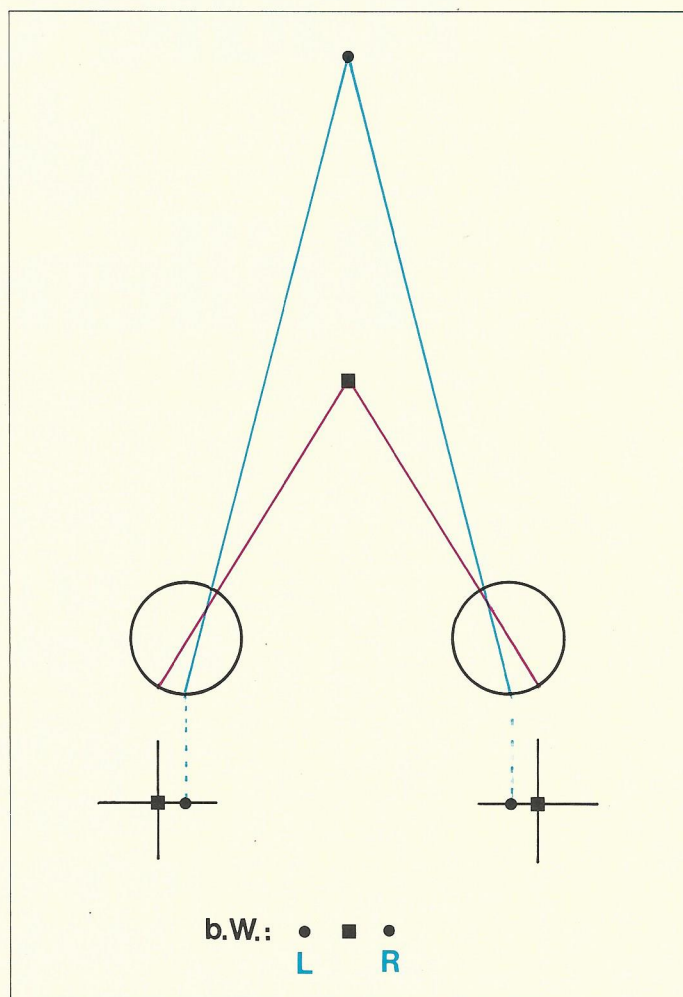


Abb. 39: Homonyme Diplopie (b.W.: binokulare Wahrnehmung).

Literaturhinweise:

- [2] DIN 58 208: „Begriffe und Zeichen bei Brillengläsern in Verbindung mit dem menschlichen Auge“ Teil 5 „Binokulares System Auge — Brille“ (Entwurf August 1978).
- [9] Wilhelm TRENDELENBURG: „Der Gesichtssinn“ Springer-Verlag, Berlin (2. Auflage 1961).
- [19] HERBERT SCHÖBER: „Das Sehen“ Band II VEB Fachbuchverlag Leipzig (3. Auflage 1964).
- [26] G. MACKENSEN: „Untersuchung der Motilität und der Binokularfunktion“ in Wolfgang Straub (Herausgeb.) „Die ophthalmologischen Untersuchungsmethoden“ Band II Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart (1976).
- [27] GÜNTER K. VON NOORDEN und A. EDWARD MAUMENEE: „Atlas der Schiel-diagnostik“ F.K. Schattauer Verlag, Stuttgart — New York (2. Auflage 1979).
- [36] BURIAN — VON NOORDEN'S: „Binocular vision and ocular motility“ The C.V. Mosby Company St. Louis (Second Edition, 1980).
- [72] ROBERT A. MOSES (Herausgeb.): „ADLER'S Physiology of the eye“. The C.V. Mosby Company Saint Louis (Sixth Edition, 1975).
- [86] R. SACHSENWEGGER: „Klinische und pathologische Aspekte des menschlichen Augenbewegungssystems“ in Hans Drischel und Wolfgang Kirmse (Herausgeb.) „Das okulomotorische System, physiologische und klinische Aspekte“ VEB Georg Thieme Leipzig (1979) 44—60.
- [87] H. VON HELMHOLTZ: „Handbuch der Physiologischen Optik“, Verlag von Leopold Voss, Hamburg und Leipzig, 2. Auflage (1896).
- [88] ARMIN VON TSCHERMAK — SEYSENEGG: „Einführung in die physiologische Optik“, Springer-Verlag Wien, 2. Auflage (1947).
- [89] PAUL BOEDER und RONALD M. BURDE: „Die Verschiebung der Sehrichtungsantwort“, Augenärztliche Fortbildung, Band 6, Teil 1 (1980) 37—58.
- [90] HUGH DAVSON: „Physiology of the Eye“, Verlag Churchill Livingstone, Edinburgh, London and New York, Fourth Edition (1980).
- [91] ARMIN VON TSCHERMAK — SEYSENEGG: „Methodik des optischen Raumsinnes und der Augenbewegungen“ in Emil Abderhalden (Herausgeb.) „Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden“ Abt. V, Teil 6, Verlag Urban & Schwarzenberg, Berlin, Wien (1937) 1427—1782.