

Einführung in das Binokularsehen

Teil II

(Fortsetzung aus Heft 7/1980)

Vorbemerkung

Für alle folgenden Erörterungen zum Binokularsehen sollen Fälle von exzentrischer Fixation (im Monokularsehen!) ausgeschlossen werden. Bei monokularer Fixation eines dargebotenen Objektes wird dieses also in der Netzhautgrubenmitte des betreffenden Auges abgebildet (Richtungswert „Geradeaus“).

Ferner soll zur Vereinfachung der zeichnerischen Darstellung von Augenpaaren angenommen werden, daß für jedes Auge der Winkel zwischen seiner optischen Achse [1, Lfd. Nr. 2] und der Gesichtslinie [1, Lfd. Nr. 4], der sogenannte γ -Winkel [10, S. 114] gleich Null ist. Dann fallen optische Achse, Gesichtslinie und Fixierlinie zusammen, und die Netzhautgrubenmitte deckt sich mit dem hinteren Augenpol [4, S. 51]. In Darstellungen von Augenpaaren können dann die Fixierlinien beider Augen bis zu den Netzhautgrubenmitten durchgezeichnet werden. Für Augen mit von Null verschiedenem γ -Winkel ändert sich nichts an den nachstehenden Erläuterungen zum Binokularsehen, nur die zeichnerische Darstellung wäre aufwendiger.

2. Motorik des Binokularsehens

2.1 Versionen und Vergenzen

Bekanntlich werden Bewegungen eines Auges durch die Tätigkeit der sechs tangential am Augapfel angreifenden äußeren Augenmuskeln hervorgerufen. Die Benennungen und Wirkungen dieser quergestreiften Muskeln sind in der Literatur vielfältig dargestellt, z. B. [9, S. 270—274; 27, S. 1—13; 28, S. 245—263]. Bei binokular koordinierten Augenbewegungen erhalten die sich im rechten und linken Auge entsprechenden synergistisch wirkenden Muskeln gleiche Impulse (HERING'sches Gesetz der seitengleichen Innervation) [9, S. 283; 27, S. 20]. Dabei werden *gleichsinnige* („konjugierte“) und *gegensinnige* („disjugierte“) Augenbewegungen durch

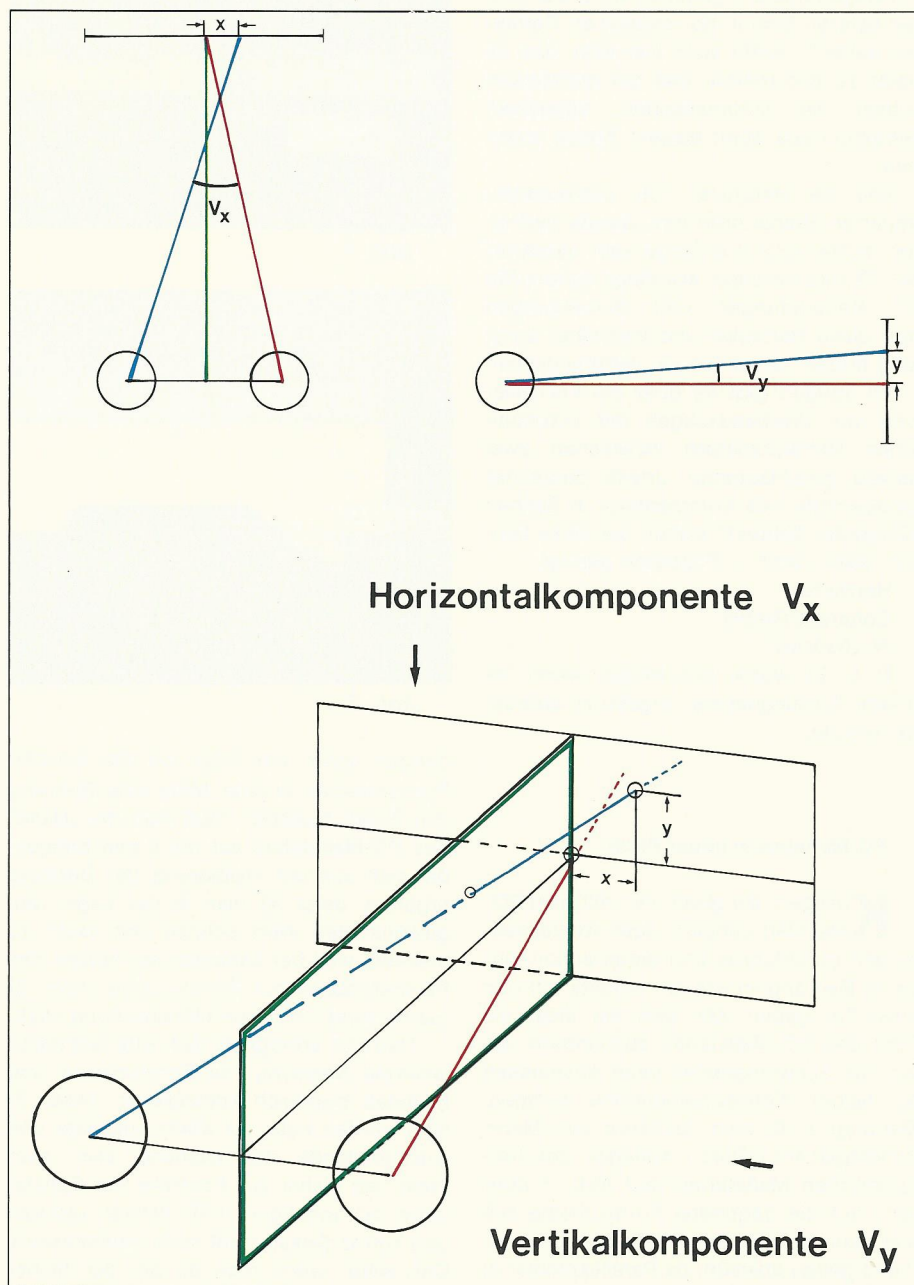


Abb. 8: Komponenten einer Vergenzstellung mit windschiefen Fixierlinien (grün: Medianebene)

die Begriffe „Version“ und „Vergenz“ unterschieden [2, Lfd. Nr. 39 und 34].

Definition 1 Version

Gleichgroße gleichsinnige Bewegung beider Augen

Definition 2 Vergenz

Gleichgroße gegensinnige Bewegung beider Augen

Normale Versionen und Vergenzen sind Bewegungen beider Augen um ihre Vertikal- und/oder Transversalachsen [27, S. 13] und verändern damit die Richtungen der Fixierlinien. Rollbewegungen beider Augen um ihre Sagittalachsen sind praktisch Rollungen um die Fixierlinien, lassen also deren Richtungen relativ zum Kopf unverändert und werden als *Zykloversionen* und *-vergenzen* bezeichnet. Die weitere Unterteilung der Versionen und Vergenzen [26, S. 9; 27, S. 16] sind in den *Tabellen 5 und 6* zusammengestellt. In einer Anmerkung zu [2, Lfd. Nr. 34] wird darauf hingewiesen, daß der früher (für eine Vertikalvergenz) verwendete Ausdruck *Vertikaldivergenz* („VD“) nicht mehr benutzt werden sollte, da der Begriff Divergenz eine Horizontal-Vergenz kennzeichnet.

Versionen und Vergenzen sind genau wie Duktionen (vgl. Abschnitt 1.5) Augenbewegungen relativ zum Kopf. Änderungen der Augenstellung im Raum, die bei relativ zum Kopf ruhig gehaltenen Augen lediglich durch Kopf- oder Körperbewegungen zustande kommen, brauchen deshalb hier nicht erörtert zu werden. Wichtig ist jedoch die sogenannte „kompensatorische Rollung“ der Augen, die dafür sorgt, daß bei mäßigen seitlichen Kopfniegungen (bis etwa 10°) die Lage der Augenmeridiane (vgl. Abschnitt 1.3 und Abb. 6) im Raum erhalten bleibt [19, S. 401]. Die kompensatorische

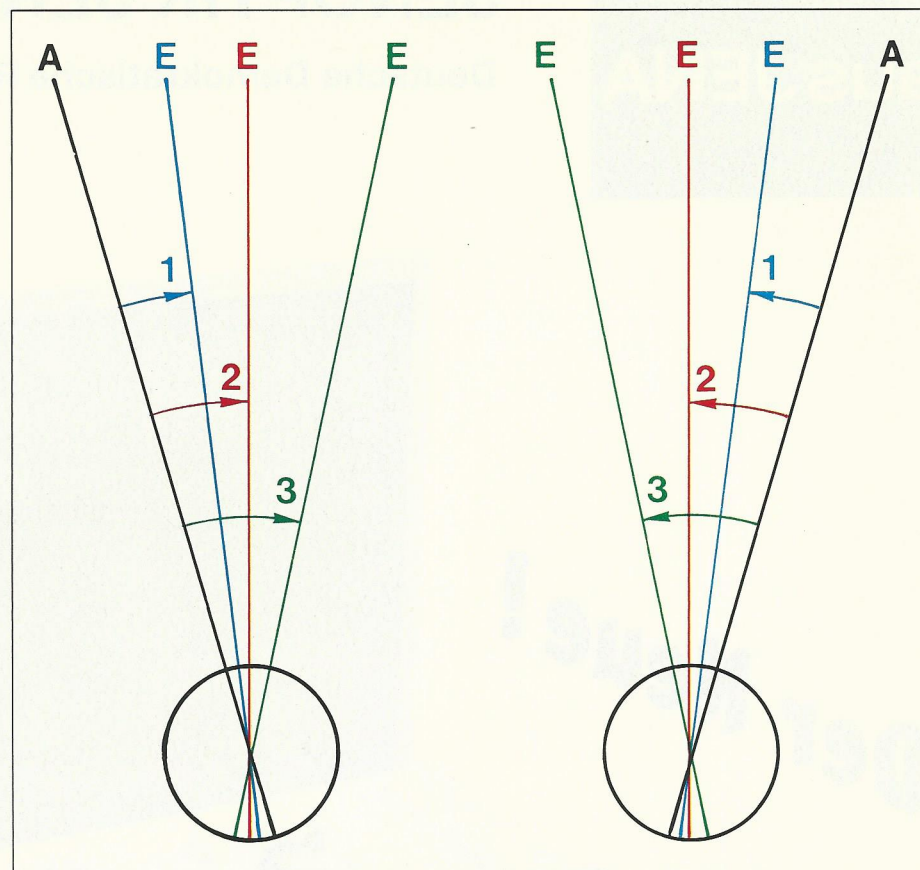


Abb. 9: Unterschiedliche Konvergenzen von der Divergenzstellung A aus (E: Endstellungen)

2.2 Vergenzstellungen

Die Stellung der Augen eines Augenpaares wird unabhängig von der Größe des jeweiligen γ -Winkels durch die Richtung der beiden Fixierlinien gekennzeichnet, da in der Regel nur diese als Hauptstrahlen von foveolär abbildenden Bündel von wesentlicher optometrischer Bedeutung sind (vgl. Abschnitt 1.4 und Abb. 7). Schneiden sich die Fixierlinien, dann liegen beide in einer Ebene, die ihren Schnittpunkt und die beiden optischen Augendrehpunkte [1, Lfd. Nr. 7] enthält. Der von beiden Fixierlinien gebildete Winkel heißt „Vergenzstellung“ [2, Lfd. Nr. 38].

torische Rollung ist demnach eine der Kopfniegung entgegengesetzte Zykloversion, bei Kopfniegung nach links also eine gleichgroße Dextrozykloversion und umgekehrt. Sie wird über das Gleichgewichtsorgan durch die Schwerkraft gesteuert und muß sowohl bei der Augenglasbestimmung als auch bei der Brillenanfertigung berücksichtigt werden, um korrekte Werte für die Achslage von Zylindern und für die Basislage von Prismen zu erhalten. Eine ausführliche Erörterung dieses Problems findet sich in [29].

Tabelle 5: Versionen

Tabelle 6: Vergenzen

Benennung	Bewegung beider Augen
Dextroversion	nach rechts (Abduktion des rechten Auges und Adduktion des linken Auges)
Laevoversion	nach links (Adduktion des rechten Auges und Abduktion des linken Auges)
Supraversion	nach oben (Supraduktion)
Infraversion	nach unten (Infraduktion)
Dextrozykloversion	Rollung nach rechts (Extorsion des rechten Auges und Intorsion des linken Auges)
Laevozykloversion	Rollung nach links (Intorsion des rechten Auges und Extorsion des linken Auges)

Benennung	Bewegung der Augen
Konvergenz	Adduktion beider Augen
Divergenz	Abduktion beider Augen
positive Vertikalvergenz	Supraduktion des rechten Auges und Infraduktion des linken Auges
negative Vertikalvergenz	Infraduktion des rechten Auges und Supraduktion des linken Auges
Inzyklovergenz	Intorsion beider Augen
Exzyklovergenz	Extorsion beider Augen

Definition 3 Vergenzstellung

Winkel zwischen den Fixierlinien beider Augen

Die Lage der Ebene, in welcher die Fixierlinien als Schenkel des Winkels „Vergenzstellung“ liegen, wird mit Hilfe eines Koordinatensystems gekennzeichnet. Bei normaler lotrechter Kopf- und Körperhaltung fallen kopffestes und raumfestes Koordinatensystem zusammen. Die weiteren Erörterungen beziehen sich auf ein kopffestes Koordinatensystem mit einer „horizontalen“ und einer „vertikalen“ Ebene.

An dieser Stelle scheint eine Anmerkung zur Benutzung der Wörter *horizontal*, *vertikal*, *waagrecht*, *lotrecht* und *senkrecht* angebracht, da auch Standardwerke der deutschen Sprache nicht immer hinreichende Auskunft geben. So wird zum Beispiel *waagrecht* erklärt als „horizontal, rechtwinklig zur Senkrechten“ [30, S. 759], oder *vertikal* als „senkrecht, lotrecht“ [31, S. 683]. In der Umgangssprache werden also sowohl die Wörter *waagrecht* und *horizontal* gleichbedeutend benutzt als auch die Wörter *lotrecht*, *vertikal* und *senkrecht*. Fachsprachlich müssen jedoch die Bedeutungen dieser Wörter unterschieden werden:

Lotrecht ist die mit Hilfe eines Senklotes objektiv zu ermittelnde Richtung der Schwerkraft.

Waagrecht ist eine mit Hilfe einer Wasserwaage objektiv zu ermittelnde Richtung, die rechtwinklig zur Lotrechten liegt.

Vertikal und *horizontal* sind die entsprechenden subjektiven Empfindungen, und diese stimmen nicht genau mit den objektiven Gegebenheiten (lotrecht und waagrecht) überein [9, S. 344; 19, S. 402].

Senkrecht bedeutet (in der Geometrie) lediglich, daß die betrachtete Richtung rechtwinklig zu einer anderen ist. Ursprünglich heißt jedoch die in Richtung des Senklotes verlaufende Linie „senkrecht“ [32, S. 310], so daß gegen eine Verwendung in diesem Sinne nichts einzuwenden sein dürfte.

Die horizontale und die vertikale Ebene des benutzten Koordinatensystems sind bei normaler Kopf- und Körperhaltung durch die natürliche Lage der horizontalen und vertikalen Netzhautmeridiane (vgl. Abb. 6) gegeben. Bei schräger Lage des Winkels zwischen den Fixierlinien beider Augen (etwa bei in normaler Kopfhaltung ungleich hoch liegenden Augen) wird die Vergenzstellung durch Projektionen auf die dementsprechende Ebene in eine „Horizontalkomponente“ und eine „Vertikalkomponente“ zerlegt. Nur diese Komponenten sind von optometrischer Bedeutung.

Falls die Fixierlinien beider Augen *windschief* zueinander verlaufen, sich also nicht schneiden, dann liegen sie nicht in einer

Benennung	Einheit	Erklärung
Parallelstellung (Parallel-Vergenzstellung, Vergenzstellung Null)	—	Die Fixierlinien beider Augen sind einander parallel
Konvergenzstellung (positive Horizontal-Vergenzstellung)	$\frac{\text{cm}}{\text{m}}$	Horizontalkomponente einer Vergenzstellung mit einwärts weisenden Fixierlinien
Divergenzstellung (negative Horizontal-Vergenzstellung)	$\frac{\text{cm}}{\text{m}}$	Horizontalkomponente einer Vergenzstellung mit auswärts weisenden Fixierlinien
positive Vertikal-Vergenzstellung $\left(\frac{R}{L}, +V\right)$	$\frac{\text{cm}}{\text{m}}$	Vertikalkomponente einer Vergenzstellung, bei der die Fixierlinie des rechten Auges höher steht als die des linken Auges
negative Vertikal-Vergenzstellung $\left(\frac{L}{R}, -V\right)$	$\frac{\text{cm}}{\text{m}}$	Vertikalkomponente einer Vergenzstellung, bei der die Fixierlinie des rechten Auges tiefer steht als die des linken Auges
Inzyklovergenzstellung	Grad	Zyklovergenzstellung, bei der die vertikalen Meridiane beider Augen eine A-Stellung einnehmen
Exzyklovergenzstellung	Grad	Zyklovergenzstellung, bei der die vertikalen Meridiane beider Augen eine V-Stellung einnehmen

Tabelle 7: Vergenzstellungen

Ebene und bilden keinen direkten Winkel miteinander.

Projektionen der Fixierlinien auf die entsprechende Ebene liefern jedoch auch in diesem Fall eine Horizontalkomponente und eine Vertikalkomponente, was ebenfalls in Abb. 8 veranschaulicht ist. In diesem Sinne ist die Definition 3 also auch für windschiefe Fixierlinien anwendbar.

Von der Vergenzstellung als Winkel zwischen beiden Fixierlinien ist die *Zyklovergenzstellung* zu unterscheiden, mit der die Richtung der beiden vertikalen Augenmeridiane relativ zueinander beurteilt wird.

Definition 4 Zyklovergenzstellung

Winkel zwischen den vertikalen Meridianen beider Augen

Im einzelnen werden bei den Komponenten von Vergenzstellungen und bei Zyklovergenzstellungen die in Tabelle 7 zusammengestellten Begriffe benutzt. Abweichend von der Maßeinheit cm/m für die optometrisch wichtigeren Vergenzstellungen sind Zyklovergenzstellungen in Winkelgrad zu messen.

2.3 Zusammenhänge zwischen Versionen, Vergenzen und Vergenzstellungen

Die als Versionen und Vergenzen bezeichneten Augenbewegungen sind binokulare Vorgänge und dürfen nicht mit den als Vergenzstellungen bezeichneten Zuständen verwechselt werden (vergleichbar mit Akkommodation: *Vorgang*, und Akkommodationseinstellung: *Zustand*). Der Unterschied zwischen diesen Begriffen soll anhand einiger Beispiele deutlich gemacht werden.

Die Aussage „ein Augenpaar macht eine Konvergenz“ (oder: *die Augen konvergieren*) enthält keinerlei Information über die Vergenzstellung vor und nach erfolgter Konvergenz. In den Abb. 9 und 10 sind alle Möglichkeiten für die Vergenzstellungen vor und nach einer Konvergenz dargestellt. Befindet sich ein Augenpaar in einer Divergenzstellung, so kann eine Konvergenz zu einer geringeren Divergenzstellung, zur Parallelstellung oder zu einer Konvergenzstellung führen (Abb. 9), je nachdem welchen Betrag die Ausgangsstellung hatte und wie stark die Konvergenz ist. Von der Parallelstellung aus führt eine Konvergenz immer zu einer Konvergenzstellung und von einer Konvergenzstellung aus immer zu einer stärkeren Konvergenzstellung (Abb. 10).

Für die Auswirkungen einer Divergenz gibt es die entsprechenden Möglichkeiten: von einer Konvergenzstellung aus zu einer kleineren Konvergenzstellung, zur Parallelstellung oder zu einer Divergenzstellung (Abb. 11); von der Parallelstellung aus immer zu einer Divergenzstellung, und von einer Divergenzstellung aus immer zu einer größeren Divergenzstellung. Aus der Darstellung aller Horizontal-Vergenzstellungen auf einem Zahlenstrahl in Abb. 12 ist ersichtlich, daß eine Konvergenz stets eine Vergrößerung und eine Divergenz stets eine Verkleinerung der Vergenzstellung in mathematischem Sinne zur Folge hat. Wichtig ist dabei die Tatsache, daß eine Konvergenz nicht in jedem Falle zu einer Konvergenzstellung führt, und daß eine Divergenz nicht in jedem Falle zu einer Divergenzstellung führt. Sinngemäß gelten die gleichen Aussagen für die Auswirkungen von Vertikalvergenzen und von Zyklivergenzen. Versionen hingegen ändern nichts an der Vergenzstellung eines Augenpaares, da eine Version als *gleichgroße* gleichsinnige Bewegung beider Augen definiert ist. In entsprechender Weise ist eine Vergenz eine *gleichgroße* gegensinnige Bewegung beider Augen, womit dem HERING'schen Gesetz Rechnung getragen wird. Im natürlichen Sehen laufen die notwendigen Versionen und Vergenzen gleichzeitig ab, um die Ausrichtung der Augen auf interessierende Objekte zu bewirken. Als Beispiel soll der in Abb. 13 dargestellte Fall dienen, bei dem ein fernes Objekt mit beiden Augen fixiert wurde und auf der Fixierlinie des linken Auges nähergerückt ist. Der hier schematisch dargestellte theoretische Übergang von der beidäugigen Fixation des fernen Objektes zur beidäugigen Fixation des nahen Objektes zeigt, daß entweder zuerst eine Laevoversion erfolgen könnte (um die Fixierlinien der Augen symmetrisch zum nahen Objekt zu stellen) und danach eine Konvergenz zur Ausrichtung beider Fixierlinien auf das Objekt (oberes Bild), oder aber daß zuerst eine Konvergenz auf die neue Fixationsentfernung erfolgen könnte und dann eine Laevoversion (unteres Bild). Die im natürlichen Sehen kombinierten ablaufenden Vorgänge Version und Vergenz führen jedoch tatsächlich dazu, daß das linke Auge in Ruhe bleibt (da sich die Adduktions- und Abduktionsimpulse gegenseitig aufheben), während das rechte Auge die aus beiden Vorgängen summierten Adduktionen machen muß.

Die hier definierte Vergenz wird manchmal als *symmetrische* Vergenz bezeichnet [26, S. 8]. Davon wird dann eine *asymmetrische* Vergenz unterschieden, die jedoch als Kombination von Version und Vergenz aufgefaßt werden muß, wenn die hier gegebenen strengen Definitionen von Version und Vergenz als jeweils *gleichgroße* Bewegungen beider Augen zugrunde gelegt werden. Sonst könnte der im Beispiel der

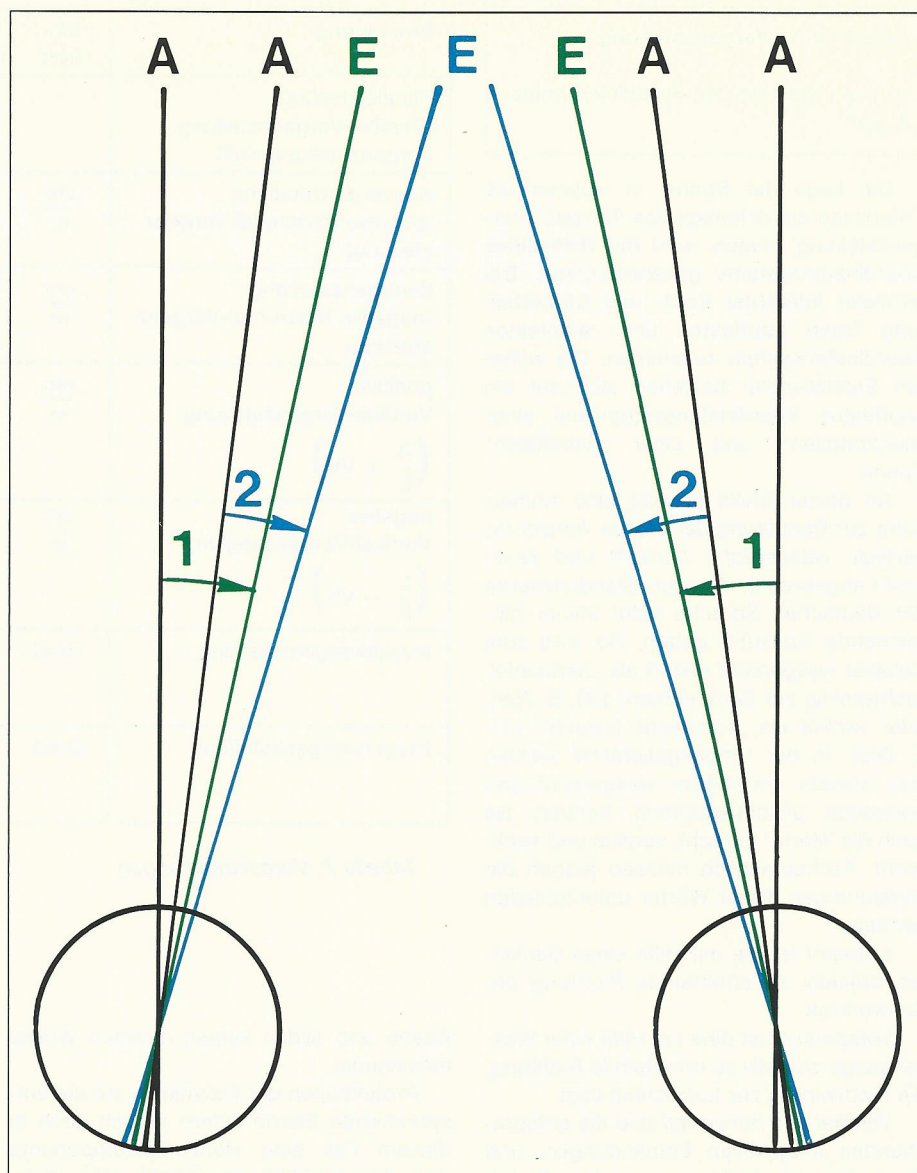


Abb. 10: Konvergenz von der Parallelstellung A 1 aus und von der Konvergenzstellung A 2 aus (E: Endstellungen)

Abb. 13 dargestellte Bewegungsablauf ebenso gut als asymmetrische Version wie als asymmetrische Vergenz bezeichnet werden, da nur das rechte Auge eine Bewegung macht. Im natürlichen Sehen würde eventuell zusätzlich eine Kopfwendung nach links und eine gleichzeitige Dextroversion erfolgen, um ein Sehen mit geringstmöglicher Anstrengung zu gewährleisten. Deshalb ist es bei Konvergenz- und Divergenzstellungen sinnvoll, zwischen *symmetrischen* und *asymmetrischen* Stellungen zu unterscheiden, je nachdem ob der Schnittpunkt der Fixierlinien auf der Medianebene des Augenpaares liegt oder nicht. Bei symmetrischer Vergenzstellung ist der halbe Winkel zwischen den Fixierlinien gleich der Abweichung jedes Auges von der Primärstellung.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß Versionen erfolgen, wenn verschiedene Objekte in gleicher Entfernung nacheinander angeblickt werden sollen, Vergenzen hingegen, wenn verschieden

weit entfernte Objekte in der Medianebene anzublicken sind. Andernfalls ist stets eine Kombination von Version (zur Richtungseinstellung) und Vergenz (zur Entfernungseinstellung) notwendig. Versionen laufen allgemein schneller ab als Vergenzen [26, S. 20].

2.4 Vergenz-Orthostellung und Vergenzbedarf

Zum binokularen Einfachsehen unter sensorisch *idealen* Bedingungen muß ein binokular dargebotener Fixationspunkt in

Definition 5 Vergenz-Orthostellung

Vergenzstellung, bei der ein binokular dargebotener Fixationspunkt gleichzeitig in den Netzhautgrubenmitten beider Augen abgebildet wird (*bifoveoläres Sehen*).

den Netzhautgrubenmitten beider Augen abgebildet werden. Die Fixierlinien beider Augen müssen sich dazu im Fixationspunkt schneiden. Diese *ideale* Vergenzstellung soll als „Orthostellung“ bezeichnet werden.

Beim Blick in die Ferne ist die Parallelstellung die Orthostellung für ein Augenpaar ohne Brille, beim Blick in die Nähe ist eine bestimmte Konvergenzstellung die Orthostellung. Diese Orthostellungen für ein Augenpaar ohne Brille sind in *Abb. 14* dargestellt. Durch die unter den Augen gezeichneten Kreuze sollen die horizontalen und vertikalen Netzhautmeridiane (vgl.

Abb. 6) gekennzeichnet sein. Bei dem dargestellten bifoveolären Sehen (Orthostellung) wird der Fixationspunkt in beiden Netzhautgrubenmitten abgebildet.

Als „Vergenzbedarf“ soll ganz allgemein diejenige Vergenz bezeichnet werden, welche aus irgendeiner bestimmten Vergenzstellung heraus die Augen in die vorgegebene Orthostellung überführt.

Bei der späteren Betrachtung des Begriffes „Heterophorie“ wird sich zeigen, daß schon zum Sehen in die Ferne ein Vergenzbedarf vorliegen kann. Der besonders wichtige Vergenzbedarf zur Überführung eines Augenpaares von der Fern-Ortho-

Definition 6 Vergenzbedarf

Diejenige Vergenz, die ein Augenpaar von irgendeiner bestimmten Vergenzstellung aus in die vorgegebene Orthostellung überführt.

stellung in eine Nah-Orthostellung wird speziell als (freier) „Konvergenzbedarf“ bezeichnet. Der gelegentlich anzutreffende Zusatz „freier“ Konvergenzbedarf soll darauf hinweisen, daß es sich hierbei um den Konvergenzbedarf eines Augenpaares ohne Brille handelt.

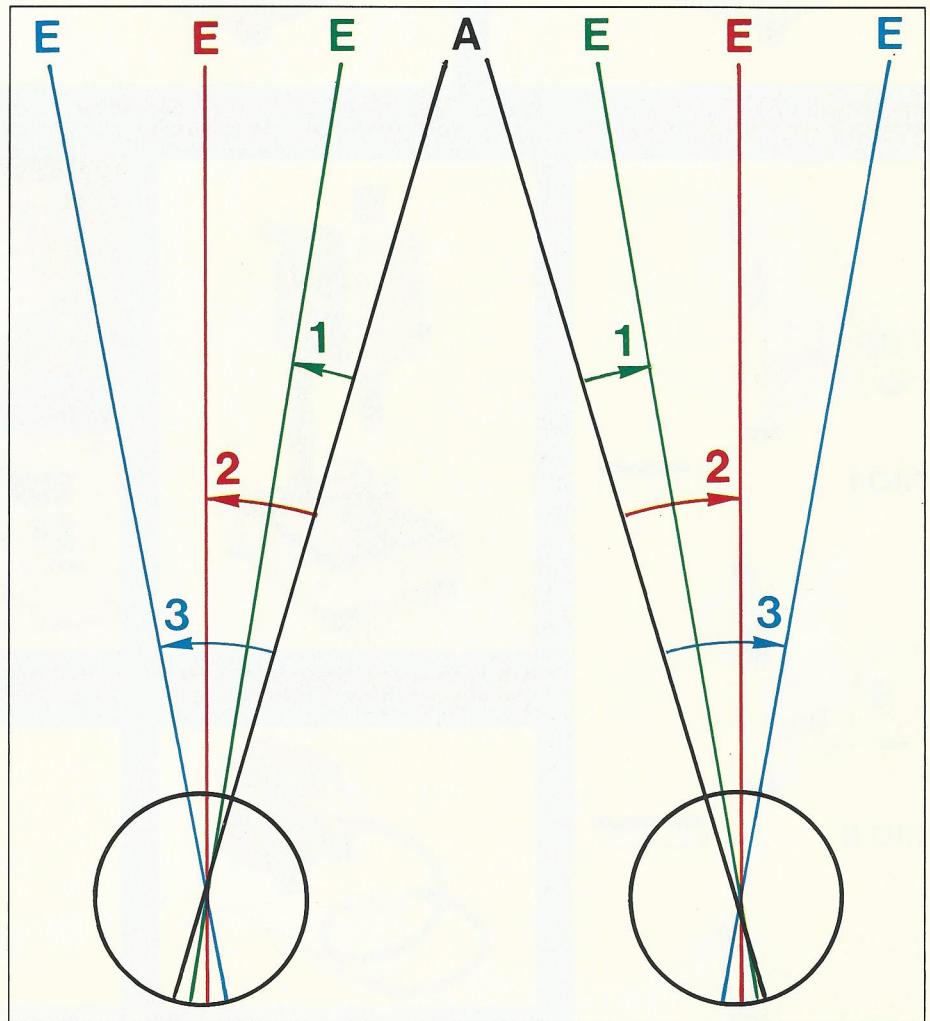
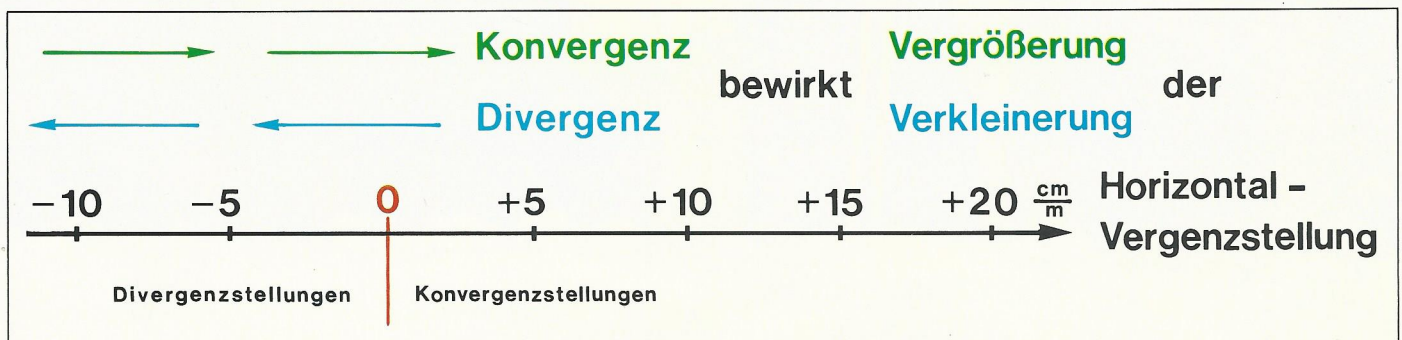


Abb. 11: Unterschiedliche Divergenzen von der Konvergenzstellung A aus (E: Endstellungen)

Abb. 12: Auswirkung von Horizontalvergenzen



Definition 7 Freier Konvergenzbedarf

Diejenige Konvergenz, die ein Augenpaar ohne Brille aus der Parallelstellung in eine bestimmte Nah-Orthostellung (Konvergenzstellung) überführt.

Der freie Konvergenzbedarf ist abhängig von der Entfernung des betrachteten Objektes und dem Pupillenabstand der Augen [1, Lfd. Nr. 13]. Abb. 15 zeigt den Zusammenhang dieser Größen für die Ermittlung des freien Konvergenzbedarfs. Sind p der Pupillenabstand und a die positiv gerechnete Entfernung des binokular dargebotenen Fixationspunktes von der Verbindungsgeraden beider optischen Augendrehpunkte, dann ergibt sich aus dem rechtwinkligen Dreieck in Abb. 15 für den freien Konvergenzbedarf K :

$$\frac{1}{2} K \left(\frac{\text{cm}}{\text{m}} \right) = \frac{\frac{1}{2} p \text{ (cm)}}{a \text{ (m)}},$$

oder mit $A = \frac{1}{a}$

Formel 1 Freier Konvergenzbedarf

$$K \left(\frac{\text{cm}}{\text{m}} \right) = p \text{ (cm)} \cdot A \text{ (dpt)}$$

mit p : Pupillenabstand
und A : Kehrwert der Entfernung des Fixationspunktes

Diese Formel für den freien Konvergenzbedarf liefert gleichzeitig die Größe der betreffenden Konvergenzstellung (Nah-Orthostellung), da von der Parallelstellung aus gerechnet wird.

Anmerkung: Auch in [2, Lfd. Nr. 36] findet sich der Begriff „Vergenzbedarf“, der dort erklärt wird als „Vergenzstellung, die zum binokularen Einfachsehen erforderlich ist“. Da sich dort auch Formel 1 findet, ist damit offenbar der freie Konvergenzbedarf der Definition 7 gemeint, der dem Betrage nach gleich der betreffenden (Nah-)Orthostellung der Definition 5 ist. Trotzdem sollte die notwendige Größe eines Vorganges (Bedarf an *Vergenz*) nicht durch *einen* Zustand (Vergenzstellung) erklärt werden, sondern durch die dementsprechende Zustandsänderung. Im übrigen wird auf die Vergenzstellung, die binokulares Einfachsehen ermöglicht, später genauer einzugehen sein, wenn das „normale Binokularsehen“ erörtert wird.

Für ein Augenpaar mit Brille ist die Fern-Orthostellung nur dann die Parallelstellung, wenn in den Durchblickpunkten der Gläser keine binokular-prismatische Wirkung herrscht. Die mit der Lage der Durchblickpunkte veränderliche binokular-prismatische Nebenwirkung refraktiv korrigierender Brillengläser beeinflusst den Kon-

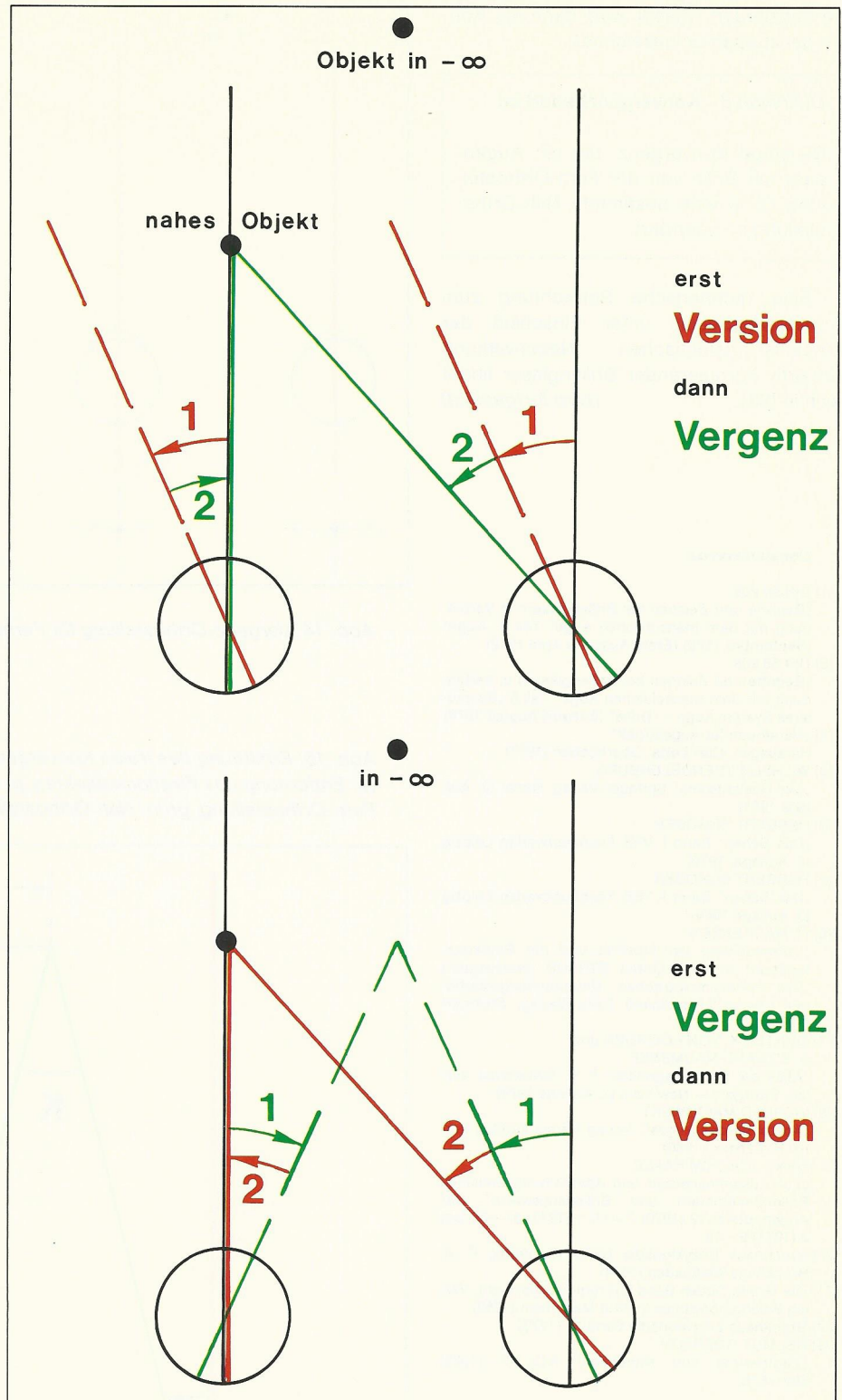


Abb. 13: Theoretisches Zusammenwirken von Version und Vergenz im natürlichen Sehen

vergenzbedarf. Dieser wird dann als Konvergenzbedarf cc bezeichnet.

Definition 8 Konvergenzbedarf cc

Diejenige Konvergenz, die ein Augenpaar mit Brille von der Fern-Orthostellung cc in eine bestimmte Nah-Orthostellung cc überführt.

Eine rechnerische Betrachtung zum Konvergenzbedarf unter Einschluß der binokular-prismatischen Nebenwirkung refraktiv korrigierender Brillengläser findet sich in [33]. *(wird fortgesetzt)*

Literaturhinweise

- [1] DIN 58 208
„Begriffe und Zeichen bei Brillengläsern in Verbindung mit dem menschlichen Auge“ Teil 3 „Auge“ (September 1978) (Erste Ausgabe April 1972)
- [2] DIN 58 208
„Begriffe und Zeichen bei Brillengläsern in Verbindung mit dem menschlichen Auge“ Teil 5 „Binokulares System Auge — Brille“ (Entwurf August 1978)
- [4] „Handbuch für Augenoptik“
Herausgeb. Carl Zeiss, Oberkochen (1977)
- [9] WILHELM TRENDELENBURG
„Der Gesichtssinn“ Springer-Verlag, Berlin (2. Auflage 1961)
- [10] HERBERT SCHÖBER
„Das Sehen“ Band I, VEB Fachbuchverlag Leipzig (4. Auflage, 1970)
- [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] GUNTER K. VON NOORDEN und
A. EDWARD MAUMENEE
„Atlas der Schiel Diagnostik“ F. K. Schattauer Verlag, Stuttgart — New York (2. Auflage 1979)
- [28] WERNER MAIDOWSKY
„Anatomie des Auges“, Verlag Neues Optikerjournal Pforzheim (1980)
- [29] HANS-JOACHIM HAASE
„Zur Zusammenarbeit und Abstimmung zwischen Brillenbestimmern und Brillenanpassern“ Der Augenoptiker 12 (1970) 7—17; 1 (1971) 31—35 und 2 (1971) 9—19
- [30] Brockhaus Enzyklopädie Band 19, Verlag F. A. Brockhaus Wiesbaden (1974)
- [31] Der Große Duden Band 5 (Fremdwörterbuch), Verlag Bibliographisches Institut Mannheim (1960)
- [32] Brockhaus Enzyklopädie Band 17 (1973)
- [33] HELMUT GOERSCH
„Zentrierung von Nahbrillen“ NOJ 7 (1975) 509—516

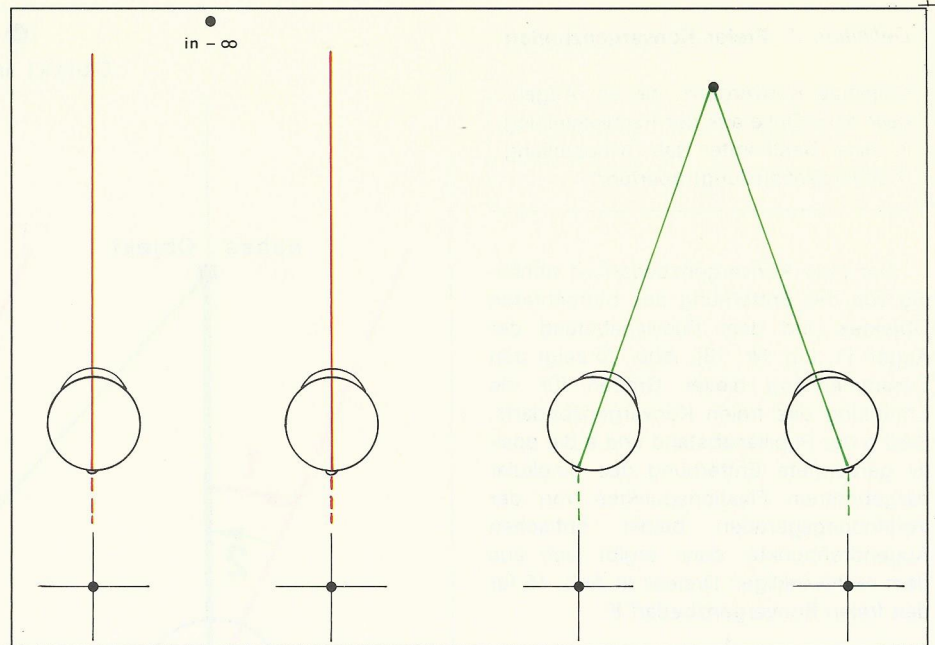


Abb. 14: Vergenz-Orthostellung für Ferne und Nähe

Abb. 15: Ermittlung des freien Konvergenzbedarfs K

(a: Entfernung des Fixationsobjektes, p: Pupillenabstand, rot: parallele Fern-Orthostellung, grün: Nah-Orthostellung)

