

Einführung in das Binokularsehen

(HANS-JOACHIM HAASE zur Vollendung seines 65. Lebensjahres gewidmet.)

Teil I

Vorwort

Jedes Fachgebiet besitzt seine eigene Sprache, mit deren Hilfe sich die Fachleute untereinander verständigen. Ein Lernender muß sich daher zuerst mit den Begriffen des Fachgebietes vertraut machen: Er muß „Vokabeln lernen“. Diese Aufgabe wird ihm dann besonders erschwert, wenn verschiedene Fachleute desselben Gebietes unterschiedliche Auffassungen von der Bedeutung gewisser Fachvokabeln besitzen, wenn also die Bedeutung der Fachbegriffe nicht verbindlich festgelegt ist. Hier haben das Deutsche Institut für Normung (DIN) auf nationaler Ebene und die Internationale Organisation für Normung (ISO) auf internationaler Ebene eine besonders wichtige Aufgabe, welche zur Erstellung von sogenannten „Begriffsnormen“ führt. Bei dieser Normung von Fachbegriffen geht es in erster Linie um eine zweckmäßige Festlegung der Bedeutung aller wichtigen Vokabeln. Die Frage nach einem „richtig oder falsch“ einer Definition ist in der Regel unangebracht. Erst wenn eine klare und sinnvolle Definition eines Fachbegriffes in einer Norm festgelegt wurde, ist die Verwendung dieses Begriffes nur noch in dem dort erklärten Sinne *richtig*. So entsteht auf dem Weg der Normung eine geschlossene, in sich widerspruchsfreie Terminologie eines Fachgebietes.

Für das Gebiet der physiologischen Optik liegt noch keine abgeschlossene Norm vor, was schon bei der Vermittlung der Grundlagen dieses Fachgebietes zu gewissen Schwierigkeiten führt. Lediglich eine Reihe von Begriffen aus dem Monokularsehen ist

bereits seit April 1972 genormt [1]. Über die Festlegung von Begriffen des Binokularsehens wird schon seit über zehn Jahren diskutiert, was zu einem Normentwurf vom August 1978 geführt hat [2]. Dabei handelt es sich um einen Auszug aus einem Normentwurf zu Begriffen der physiologischen Optik [3]. Bis dieser jedoch (mit eventuellen Änderungen) zur endgültigen Norm verabschiedet wird, werden sicher noch Jahre vergehen.

Aus der Notwendigkeit heraus, einen begrifflich klaren Unterricht über die Grundlagen des Binokularsehens zu gestalten, wird an der Staatlichen Fachschule für Optik und Fototechnik Berlin im Fach „Physiologische Optik“ eine Terminologie verwendet, welche hier dargestellt und zur Beschreibung des Binokularsehens benutzt werden soll. Da für das Verständnis der Zusammenhänge im beidäugigen Sehen die Kenntnis einiger Grundlagen aus dem Monokularsehen unerlässlich ist, wird eine Darstellung wesentlicher monokularer Begriffe und Sachverhalte dem eigentlichen Thema vorangestellt.

1. Begriffe aus dem Monokularsehen

1.1 Visus

Da das Auflösungsvermögen eines Auges von der Art der zu erkennenden Objekteinheiten und von einer Reihe weiterer Umstände abhängt [4], ist zu seiner definierten Messung eine besondere Norm geschaffen worden. Darin wird als *Normsehzeichen* der „Landoltring“ festgelegt [5]. Dieses in Abb. 1

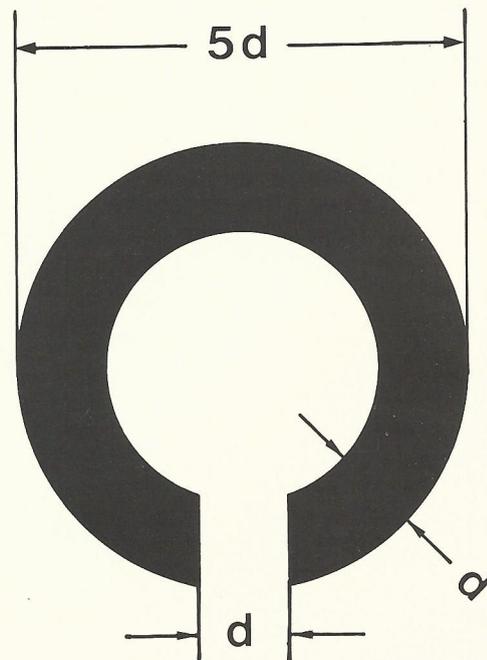


Abb. 1: Der Landoltring als Normsehzeichen *Imseh*

dargestellte Normsehzeichen ist ein Kreisring mit einer Aussparung von der Größe der Strichbreite. Der Innendurchmesser des Landoltringes beträgt das Dreifache der Strichbreite, der Außendurchmesser also das Fünffache. Das mit diesem Normsehzeichen unter den in der Norm genau festgelegten Bedingungen [6] gemessene Auflösungsvermögen eines Auges wird als „Sehschärfe“ oder „Visus“ bezeichnet. Das geprüfte Auge muß die jeweilige Lage der Öffnung des Ringes erkennen. Die *Maßeinheit* für die Sehschärfe

heißt „Visus 1,0“ und ist durch einen Landoltring festgelegt, dessen Öffnung unter einem Gesichtswinkel von 1 Winkelminute erscheint, wobei senkrecht auf die Ebene der Ringfläche geblickt werden muß. Gesichtswinkel sind Knotenpunktswinkel [7], da nur diese objektseitig und bildseitig gleich sind. Als Winkelmaß ist die Einheit für die Sehschärfe entfernungsunabhängig. Der Zusammenhang zwischen der Winkelgröße und dem Durchmesser von Landoltringen in Abhängigkeit von der Betrachtungsentfernung ist jedem einschlägigen Lehrbuch zu entnehmen [8]. In Tab. 1 sind die in der Norm festgelegten Visusstufen wiedergegeben. Dabei handelt es sich um eine logarithmische Abstufung, so daß der Quotient der Größe eines Sehzeichens und der des nächst kleineren $\sqrt[10]{10}$ beträgt. Damit ergibt sich eine von Stufe zu Stufe gleichwertige Steigerung der Sehleistung in der Erkennung von Landoltringöffnungen.

Im folgenden soll auf einen häufig anzutreffenden Fehler aufmerksam gemacht werden. Die höchste Sehschärfe V_{max} eines Auges ist für dieses Auge die Sehschärfe 100% und kann irgendeine der Visusstufen gemäß Tab. 1 sein. Der Visus 100% stellt nicht in jedem Fall die Visusstufe 1,0 dar, sondern nur dann, wenn $V_{max} = 1,0$ ist. Der Höchstvisus V_{max} ist meistens größer als 1,0. Als Meßwert ergibt sich stets eine Visusstufe nach Norm und keine Prozentzahl. Wenn es zum Beispiel heißt, mit refraktiver Vollkorrektur sei bei einem Auge ein Visus von 125% erreicht worden, dann ist diese Ausdrucksweise falsch. Gemeint ist, daß hier eine Sehschärfe von $V_{max} = 1,25$ erreicht wurde. Dieser Wert stellt für das betreffende Auge den Visus 100% dar. Es gibt keine höhere Sehschärfe als 100%! Anders ausgedrückt: $V = 100\%$ ist gleichbedeutend mit V_{max} . Prozentangaben für den Visus sind stets auf den individuellen Wert V_{max} bezogen und werden nur als Angaben für relative Sehschärfen gebraucht. Also noch einmal richtig: Es wurde ein Visus von z. B. 0,8 erreicht (und nicht 80%).

Bei subjektiven Refraktionsbestimmungen werden nun meistens Buchstaben und Zahlen als Sehzeichen verwendet, die bei gleicher Größe und Strichstärke und unter sonst gleichen Bedingungen in der Regel leichter zu erkennen sind als die Lage der Öffnung von Landoltringen. Schon untereinander bieten ja Buchstaben und Zahlen unterschiedliche Erkennungsschwierigkeiten, wie jeder Refraktionsist weiß. Anhand solcher Sehproben gemachte Aussagen über den Visus eines Auges sind also nicht ganz normgerecht. Für die Praxis der Augenglasbestimmung spielt das jedoch keine Rolle, da hierbei die durch Meßgläser hervorgerufenen Visusänderungen nur zur Ermittlung der optimalen refraktiven Korrektur dienen. Lediglich bei (klinischen) Sehschärfeproofungen für Gutachterzwecke sind Landoltringe als Sehzeichen in der vorgeschriebenen Weise zu benutzen, um normgerechte Visuswerte zu erhalten.

Bezeichnung der Visusstufen nach DIN 58 220	Winkel für Aussparung und Strichbreite des Landoltringes	alte Visusbezeichnung bei Prüfentfernung			Sehvermögen
		5 m	6 m	20 feet	
0,1	10'	5/50	6/60	20/200	schwachsichtig (amblyop)
0,125	8'	5/40	6/50	20/160	
0,16	6'18"	5/30	6/40	20/125	
0,2	5'	5/25	6/30	20/100	
0,25	4'	5/20	6/25	20/80	
0,3	3'12"	5/15	6/20	20/60	herabgesetzt
0,4	2'30"	5/12,5	6/15	20/50	
0,5	2'	5/10	6/12	20/40	
0,6	1'36"	5/8	6/10	20/30	ausreichend bis sehr gut
0,8	1'15"	5/6	6/7,5	20/25	
1,0	1'	5/5	6/6	20/20	
1,25	48"	5/4	6/5	20/16	
1,6	38"	5/3	6/4	20/12,5	überdurchschnittl.
2,0	30"	5/2,5	6/3	20/10	

Tabelle 1: Sehschärfe

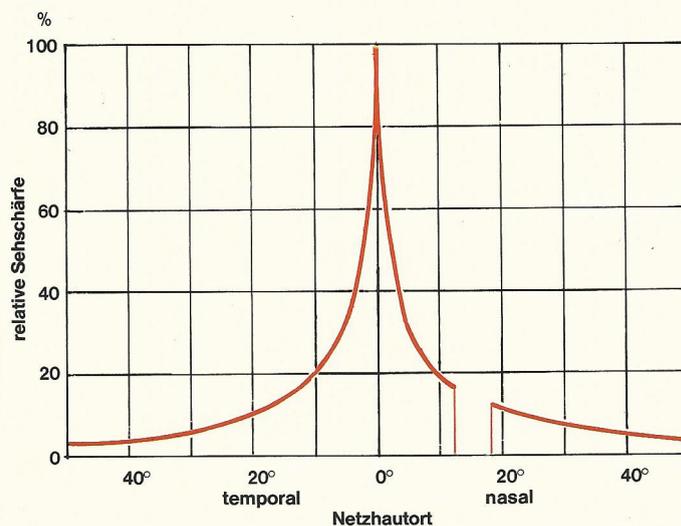


Abb. 2: Relative Sehschärfe in Abhängigkeit vom horizontalen Netzhautort

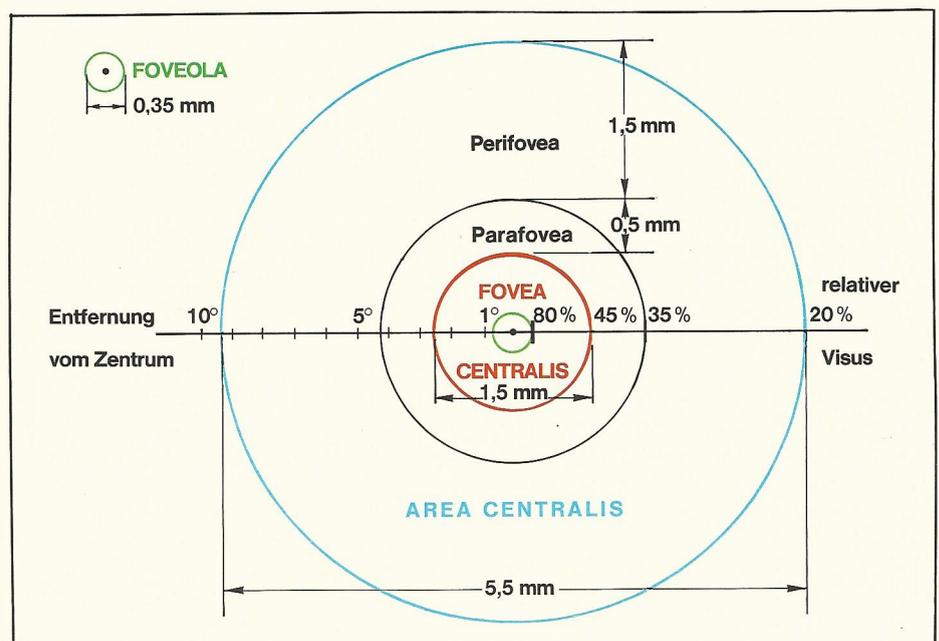


Abb. 3: Ungefähre Zahlenangaben für den zentralen Netzhautbereich

Bei einer Sehschärfestimmung wird der Visus am Fixationsort auf der Netzhaut ermittelt. Das ist im Normalfall die Netzhautgrubenmitte, die von Natur aus das höchste Auflösungsvermögen besitzt. Von großer Bedeutung ist nun die relative Sehschärfe in Abhängigkeit vom Netzhautort. Abb. 2 ist eine der üblichen Darstellungen für diesen Zusammenhang, wobei die Lage des blinden Flecks zu erkennen ist. Dieser besitzt eine Ausdehnung von etwa 7° und liegt mit seinem Zentrum etwa 15° nasal von der Netzhautgrubenmitte [9]. Bei den Gradangaben handelt es sich auch hier um Knotenpunktswinkel. Der Bereich um die Netzhautgrubenmitte mit der höchsten Sehschärfe ($V = 100\%$) hat einen Durchmesser von ungefähr 20 Winkelminuten [10]. Nach außen hin fällt der Visus ziemlich schnell ab. Interessant ist nun die Zuordnung zu den anatomisch definierten Bereichen der Netzhaut. Diese werden meist im Streckenmaß angegeben [11]. In Abb. 3 sind die Bezeichnungen und die Maße der Netzhautbereiche eingetragen. Wird für die Strecke zwischen dem bildseitigen Knotenpunkt des Auges und der Netzhaut ein Wert von 16,74 mm nach dem vereinfachten schematischen Gullstrand-Auge zugrunde gelegt [12], dann ergeben sich die auf der linken Skala in Abb. 3 eingetragenen Gradangaben. Die zugehörigen relativen Visuswerte folgen aus Abb. 2 und sind auf der rechten Skala in Abb. 3 aufgetragen. In der Praxis können die groben Anhaltswerte der Tab. 2 benutzt werden.

Relative Sehschärfe	Entfernung von der Netzhautgrubenmitte
100%	bis $10'$
50%	2°
33%	5°
20%	10°
10%	20°

Tabelle 2: Anhaltswerte für die Sehschärfeverteilung

1.2 Akkommodation

Ziel einer jeden Refraktionsbestimmung ist die Ermittlung derjenigen Korrektur, mit deren Hilfe ferne Objekte ohne akkommodative Anstrengung scharf auf der Netzhaut abgebildet werden. Dieser Zustand der Akkommodation „ohne Anstrengung“ (oder besser „mit geringster Anstrengung“) wird als „Ruhelage der Akkommodation“ bezeichnet. Bei der normalen Refraktionsbestimmung ist die Akkommodations-Ruhelage für das photopische Sehen (Tagessehen) bei höchster Anforderung an die Sehschärfe maßgebend. Eine etwaige sogenannte „Nachtmyopie“ und eine „Raummyopie“ brauchen in diesem Zusammenhang nicht diskutiert zu werden. Die hier zu erörternde Ruhelageeinstellung des Akkommodationssystems hängt bekanntlich sowohl von mechanischen Fak-

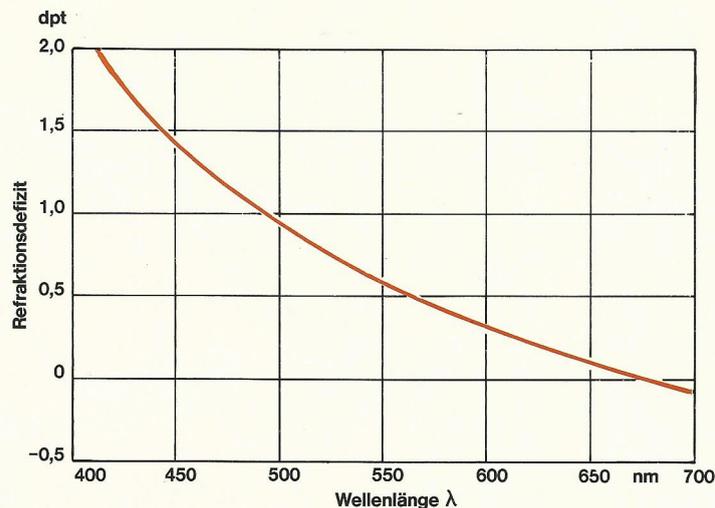


Abb. 4: Die chromatische Aberration des menschlichen Auges

toren (Elastizität der Augenlinse, etc.) als auch von den auf die glatte Akkommodationsmuskulatur antagonistisch (entgegengesetzt) einwirkenden Innervationen durch den Parasympathicus und durch den Sympathicus ab [13]. Bei jedem Akkommodationszustand liegt ein bestimmtes Verhältnis von parasympathischer und sympathischer Innervation vor. Obwohl die parasympathische Innervation für die Akkommodationsvorgänge eine größere Bedeutung besitzt als die sympathische, ist keine der beiden Innervationen unter physiologischen Bedingungen gleich Null. Bei der Ruheeinstellung des Akkommodationssystems als einer Art Gleichgewichtseinstellung ist offenbar die für den vorgegebenen Zweck (Erkennung kleinster Einzelheiten ferner Objekte) geringstmögliche Energie erforderlich, es handelt sich also um ein Sehen mit geringster Anstrengung. Um diesen physiologischen Zustand herbeizuführen, dürfen die Innervationen durch die parasympathischen und die sympathischen Nervenfasern nicht einseitig gestört werden. Deshalb kann sich bei einer Refraktionsbestimmung unter Zykloplegie (Akkommodationslähmung) eine im natürlichen Sehen nicht verträgliche Korrektur ergeben. Hierbei kann sich nämlich kaum eine physiologische Akkommodations-Ruhelage einstellen, da die Wirkung der parasympathischen Innervation der Akkommodationsmuskulatur ausgeschaltet wird, ohne die Wirkung der sympathischen Innervation wesentlich zu stören. Die vorstehenden Erörterungen beziehen sich wohlgerne auf die Ermittlung der zum betreffenden Zeitpunkt optimalen und verträglichen refraktiven Korrektur. Eine aus medizinischen Gründen angezeigte Verwendung von Zykloplegica bleibt davon selbstverständlich unberührt.

Jedes Auge besitzt Dispersion, was zu unterschiedlichen Refraktionen für verschiedene Lichtwellenlängen führt. In Abb. 4 ist ein für die (in Luft gemessene) Wellenlänge $\lambda = 680$ nm rechtsichtiges Auge angenommen, und die Refraktionsdefizite [14] auf Grund der Dispersion sind in Abhängigkeit von der Wellenlänge aufgetragen [15]. Zwischen den Grenzen für das sichtbare Spektrum ergibt

sich also eine Refraktionsdifferenz von ungefähr 2 dpt. Refraktionsbestimmungen erfolgen nun in der Regel im polychromatischen (weißen) Licht. Das führt zu vielen im Auge hintereinander liegenden einfarbigen Bildern eines schwarz-weißen Objektes in der jeweiligen Farbe (Wellenlänge). Deshalb erhebt sich die Frage nach der sogenannten „Einstellwellenlänge“ des Auges, das ist diejenige Wellenlänge, deren zugehöriges Bild in der Akkommodations-Ruhelage auf der Netzhaut liegt. Zur Messung der individuellen Einstellwellenlänge eines Auges müßte das Ergebnis einer in weißem Licht durchgeführten Refraktionsbestimmung mit Refraktionsergebnissen in jeweils unterschiedlichem monochromatischem Licht verglichen werden. Dasjenige monochromatische Ergebnis, welches gleich dem polychromatischen Ergebnis ist, liefert die Einstellwellenlänge des Auges. MÜTZE zitiert dazu IVANOFF, der an einigen Versuchspersonen diese Einstellwellenlänge gemessen hat [16]. Die dabei gefundenen Mittelwerte sind in Abb. 5 dargestellt [15]. Für die akkommodationslose Einstellung auf ferne Objekte ergibt sich danach eine im Roten liegende Einstellwellenlänge von etwa 685 nm. Daraus darf nun aber (wegen der geringen Anzahl der Versuchspersonen) nicht gefolgert werden, daß die Einstellwellenlänge eines jeden akkommodationslosen Auges im Roten liegt, sondern lediglich, daß dies häufig der Fall sein dürfte.

Bei der Betrachtung näherer Objekte verschiebt sich die Einstellwellenlänge zu kürzeren Wellenlängen hin (Abb. 5). Auf diesem Wege nutzt das Auge seine Dispersion aus, um Akkommodation im Sinne einer tatsächlichen Brechwerterhöhung einzusparen. Dadurch erklärt sich wahrscheinlich auch ein Teil der bei alten Augen mit verhärteter Augenlinse noch gemessenen Akkommodationsbreite. Ohne auf die unterschiedlichen Begriffe Akkommodationsaufwand und Akkommodationserfolg näher einzugehen [1], soll darauf hingewiesen werden, daß für den normgemäßen Begriff *maximaler Akkommodationsaufwand* häufig auch die Bezeichnung „Akkommodationsvermögen“ verwendet wird und für den normgemäßen

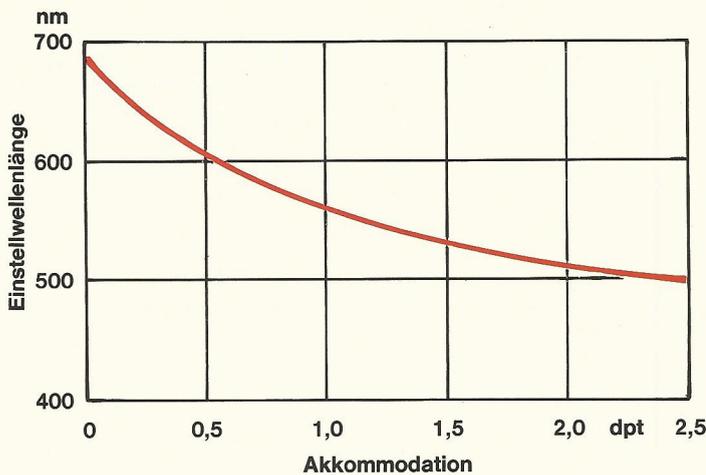


Abb. 5: Die Einstellwellenlänge des menschlichen Auges in weißem Licht (Nach IVANOFF)

Begriff *maximaler Akkommodationserfolg* auch die Bezeichnung „Akkommodationsbreite“ [17]. Die meßtechnisch zugängliche Größe ist die Akkommodationsbreite als Differenz zwischen der Fernpunktrefraktion und der Nahpunktrefraktion. Das Akkommodationsvermögen kann aus der gemessenen Akkommodationsbreite nur unter Zuhilfenahme weiterer Daten berechnet (aber nicht gemessen) werden [18]. Übrigens ist auch eine (anstrengende) „negative Akkommodation“ über die Akkommodations-Ruhelage hinaus möglich [19].

Einige weitere Begriffe zur Akkommodation sind in Tab. 3 zusammengestellt. Dazu soll noch angemerkt werden, daß die in der zur Zeit gültigen Ausgabe der Norm gegebene Definition für das „Akkommodationsgebiet“ (nämlich: Differenz zwischen dem in Metern gemessenen Fernpunktstand und dem Nahpunktstand) nicht sinnvoll ist. Der Normenausschuß hat jedoch bereits beschlossen, die zuvor gültige sinnvolle Definition (nämlich: Gesamtheit aller Einstellpunkte) bei der nächsten Auflage dieses Normblattes wieder einzuführen.

Begriff	Zeichen	Einheit	Erklärung	Anmerkung
Fernpunkt (punctum remotum)	R	-	Bei entspannter Akkommodation scharf auf der Netzhaut abgebildeter Objektpunkt	Bei Rechtsichtigkeit liegt R im Unendlichen, bei Kurzsichtigkeit reell im Endlichen (vor dem Auge), bei Übersichtigkeit virtuell im Endlichen (hinter dem Auge)
Fernpunkt- abstand	a_R	m	Abstand des Punktes R vom vorderen Augenhauptpunkt H	Bei Rechtsichtigkeit ist $a_R = -\infty$, bei Kurzsichtigkeit ist $a_R < 0$, bei Übersichtigkeit ist $a_R > 0$
Fernpunkt- refraktion	A_R	dpt	$A_R = \frac{1}{a_R}$	Bei Rechtsichtigkeit ist $A_R = 0$, bei Kurzsichtigkeit ist $A_R < 0$, bei Übersichtigkeit ist $A_R > 0$
Einstellpunkt	E	-	Bei beliebigem Akkommodationszustand scharf auf der Netzhaut abgebildeter Objektpunkt	Bei zunehmender Akkommodation wandert E in Lichtrichtung
Akkommodations- entfernung	a_E	m	Abstand des Punktes E vom vorderen Augenhauptpunkt H	
Einstellrefraktion	A_E	dpt	$A_E = \frac{1}{a_E}$	
Nahpunkt (punctum proximum)	P	-	Bei stärkster Akkommodation scharf auf der Netzhaut abgebildeter Objektpunkt	
Nahpunkt- abstand	a_P	m	Abstand des Punktes P vom vorderen Augenhauptpunkt H	
Nahpunkt- refraktion	A_P	dpt	$A_P = \frac{1}{a_P}$	
Akkommodations- gebiet	-	-	Gesamtheit aller Einstellpunkte eines Auges	Das Akkommodationsgebiet wird durch die Lage seiner Grenzen R und P gekennzeichnet
Maximaler Akkommodations- erfolg (Akkommodationsbreite)	ΔA_{max}	dpt	$\Delta A_{max} = A_R - A_P$	

Tabelle 3: Einige Begriffe nach DIN 58208 Teil 3

1.3 Richtungswerte

Optimale refraktive Korrektur und (bei näheren Objekten) richtiger Akkommodationszustand sorgen durch ein scharfes Netzhautbild für die volle Ausnutzung der physiologisch gegebenen Sehschärfe eines Auges. Neben der dadurch möglichen Erkennung von Objekteinheiten ist die korrekte Richtungswahrnehmung verschiedener Objekte im Gesichtsfeld von wesentlicher Bedeutung.

Bei der Abbildung eines Objektpunktes auf einer beliebigen Netzhautstelle wird eine dieser Netzhautstelle zugeordnete (erlernte) Richtungsempfindung für diesen Objektpunkt ausgelöst. Jeder Netzhautstelle ist also ein „Richtungswert“ zugeordnet [20], der früher auch als Lokalzeichen oder Raumwert bezeichnet wurde [21]. Im Idealfall (und nur dieser soll hier behandelt werden) besitzt die Netzhautgrubenmitte den Richtungswert „Geradeaus“. Ein auf ihr abgebildeter Objektpunkt wird als geradeaus vor dem Auge liegend empfunden. Zusätzlich dazu werden natürlich noch die aus den entsprechenden Muskelgefühlen heraus beurteilten Lagen des Auges relativ zum Kopf, des Kopfes relativ zum Rumpf und des Rumpfes relativ zum übrigen Körper ausgewertet, um die genaue Lage des foveolär abgebildeten Objektpunktes relativ zur eigenen Person zu erfassen.

Die Richtungswerte aller übrigen Netzhautstellen beziehen sich auf den Richtungswert Geradeaus der Netzhautgrubenmitte, was in Abb. 6 schematisch dargestellt ist. Das Koordinatenkreuz im unteren Teil der Darstellung symbolisiert die Netzhaut; diese wird dabei von hinten betrachtet (also nicht mit dem Taboschema verwechseln). Der Nullpunkt des Koordinatenkreuzes stellt die Netzhautgrubenmitte mit ihrem Richtungswert „Geradeaus“ dar. An dieser Stelle wird im gewählten Beispiel ein Punkt abgebildet. Alle diejenigen Netzhautstellen, welche die Richtungsempfindung „rechts oder links und gleich hoch wie der Punkt“ vermitteln, bilden den „horizontalen Netzhautmeridian“ (h. M. in Abb. 6). Alle Netzhautstellen, welche die Richtungsempfindung „direkt unterhalb oder oberhalb vom Punkt“ vermitteln, bilden den „vertikalen Netzhautmeridian“ (v. M. in Abb. 6). Alle Netzhautstellen links vom vertikalen Netzhautmeridian besitzen die Richtungswerte „Rechts“ und umgekehrt, alle Netzhautstellen oberhalb des horizontalen Netzhautmeridians besitzen die Richtungswerte „Unten“ und umgekehrt. Je weiter eine Netzhautstelle vom vertikalen bzw. horizontalen Netzhautmeridian entfernt ist, um so weiter Rechts, Links, Unten oder Oben ist ihr zugehöriger Richtungswert. Das in Abb. 6 links oben auf der Netzhaut abgebildete Quadrat liegt also im Außenraum rechts unter dem Punkt, und das rechts unten auf der Netzhaut abgebildete Dreieck liegt im Außenraum links über dem Punkt. Über die Entfernung eines Objektes gibt die Lage des zugehörigen Netzhautbildes im Einzelauge keinerlei Auskunft.

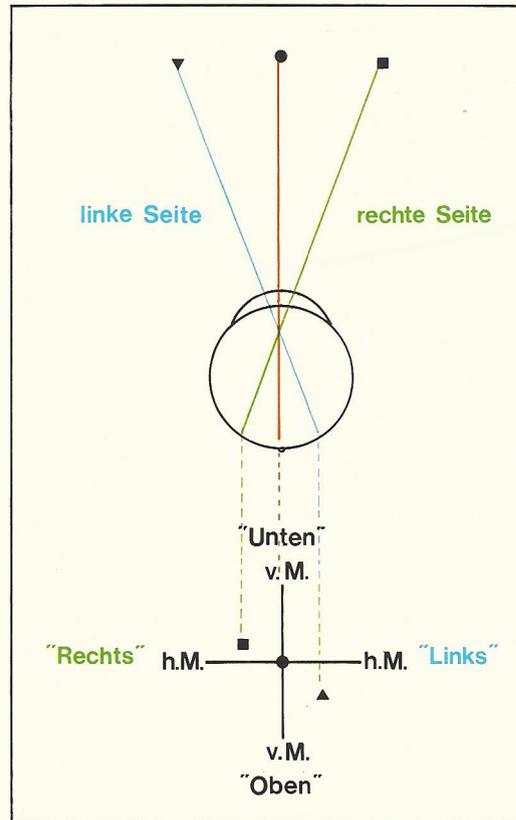
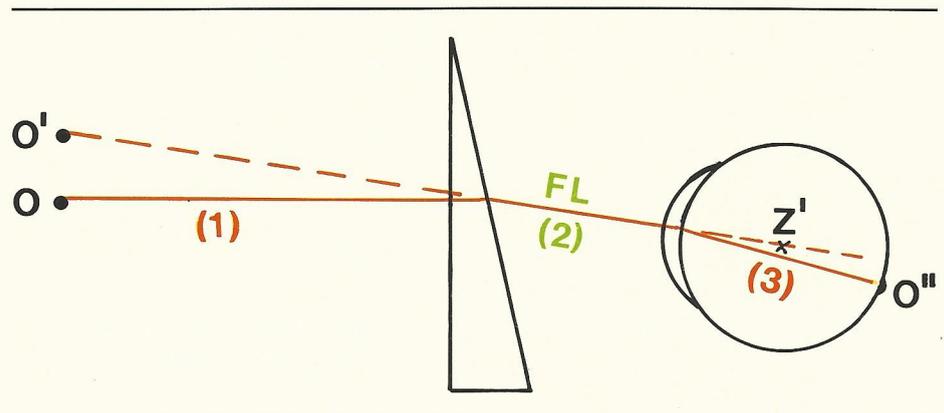


Abb. 6: Richtungswerte im Monokularsehen
h.M. = horizontaler Netzhautmeridian
v.M. = vertikaler Netzhautmeridian

Abb. 7: Zur Definition der Fixierlinie FL
(1) Objektseitiger Hauptstrahl bezüglich des Brillenglases
(2) Bildseitiger Hauptstrahl bezüglich des Brillenglases und objektseitiger Hauptstrahl bezüglich des Auges
(3) Bildseitiger Hauptstrahl bezüglich des Auges
 Z' Optischer Augendrehpunkt



1.4 Fixation

Der Begriff „Fixation“ kennzeichnet die Ausrichtung eines Auges auf einen im Gesichtsfeld interessierenden Objektpunkt [22]. Das Anblicken eines solchen bestimmten Punktes wird als „Fixieren“ bezeichnet. Im Idealfall (und das ist hier gleichzeitig der Normalfall) wird der Fixationspunkt in der Netzhautgrubenmitte abgebildet, denn dort besitzt das Auge von Natur aus die höchste Sehschärfe und den Richtungswert „Geradeaus“. Jeder kann sich sehr genau bewußt machen, welchen Punkt im Gesichtsfeld er in jedem Moment anblickt („fixiert“). Für ein freies Auge ist dazu die „Fixierlinie“ (oder „Visierlinie“) definiert [23]: Das ist die Verbindungsgerade zwischen dem fixierten Objektpunkt und der Mitte der Eintrittspupille des Auges. Damit ist die Fixierlinie geometrisch-optisch betrachtet der objektseitige Hauptstrahl desjenigen Strahlenbündels, welches

den fixierten Objektpunkt in die Mitte der Foveola abbildet.

Befindet sich aber ein Brillenglas vor dem Auge und herrscht in dem benutzten Durchblickpunkt eine prismatische Wirkung, dann wird dieser Hauptstrahl dort gebrochen. Seine Richtung vor dem Brillenglas stimmt nun nicht mehr mit der Richtung der Fixierlinie überein. Dieser Sachverhalt ist in Abb. 7 veranschaulicht, und die normmäßige Definition der Fixierlinie soll für diesen Fall folgendermaßen ergänzt werden:

„Befindet sich ein Brillenglas vor dem Auge, so übernimmt das von diesem Glas entworfene Bild des fixierten Objektpunktes für das Auge die Rolle des Fixationspunktes. Die Fixierlinie ist dann die Verbindungsgerade zwischen diesem Bildpunkt und der Mitte der Eintrittspupille des Auges.“

Abb. 7 zeigt deutlich, daß nur derjenige Teil des Hauptstrahles (2) mit der Fixierlinie identisch ist, der zwischen dem Brillenglas und dem Auge liegt. Auf der in das Augeninnere verlängerten Fixierlinie liegt der optische Augendrehpunkt Z', der näherungsweise den Schnittpunkt der Fixierlinien (Richtungen) bei Blickbewegungen darstellt [24].

In dem anomalen Zustand einer „exzentrischen Fixation“ wird (im Monokularsehen!) eine außerhalb des Bereiches des schärfsten Sehens gelegene Netzhautstelle zum Fixieren benutzt [25]. Dieser exzentrische Fixationsort auf der Netzhaut wird gelegentlich auch als „Pseudofovea“ bezeichnet, er besitzt für dieses Auge den Richtungswert Geradeaus im Monokularsehen.

Benennung	Art der Bewegung
Adduktion	Einwärtswendung
Abduktion	Auswärtswendung
Supraduktion	Hebung
Infraduktion	Senkung
Intorsion (Inzykloduktion)	Einwärtsrollung (90° – Richtung nach nasal)
Extorsion (Exzykloduktion)	Auswärtsrollung (90° – Richtung nach temporal)

Tabelle 4: Bewegungen eines Auges

1.5 Duktionen und Torsionen

Blickt ein Auge waagrecht geradeaus („Nullblickrichtung“), dann steht es in „Primärstellung“. Von dieser Stellung aus führen

Bewegungen nach rechts oder links sowie Bewegungen nach oben oder unten zu den „Sekundärstellungen“ des Auges. Alle übrigen Augenstellungen sind „Tertiärstellungen“. Bewegungen eines Auges zwischen den vorgenannten Stellungen werden als „Duktionen“ bezeichnet, Rollbewegungen um die Fixierlinie als „Torsionen“ [26]. Bei Duktionen ändert sich also die Richtung der Fixierlinie im Raum, während diese bei Torsionen unverändert bleibt. Tab. 4 gibt eine Übersicht über die wichtigsten Duktionen und Torsionen. Manche Autoren bezeichnen allerdings eine Torsion als „Zykloduktion“ [27].
(wird fortgesetzt)

Anschrift des Verfassers
Dr. Helmut Goersch
Westhofener Weg 30
1000 Berlin 38

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)
- [3] DIN 5340 „Begriffe der physiologischen Optik“ (Entwurf Februar 1979)
- [4] a) „Handbuch für Augenoptik“ Herausgeb. Carl Zeiss, Oberkochen (1977) S. 61
b) siehe [3] Lfd. Nr. 278
- [5] DIN 58 220 „Sehschärfebestimmung“ Blatt 1 „Sehzeichen und Darbietungsbedingungen“ (März 1974)
- [6] DIN 58 220 „Sehschärfebestimmung“ Blatt 3 „Fernvisusbestimmung“ (März 1974)
- [7] siehe [1] Lfd. Nr. 8
- [8] HEINZ DIEPES „Refraktionsbestimmung“ Verlag Heinz Postenrieder, Pforzheim (2. Auflage 1975) S. 61
- [9] WILHELM TRENDELLENBURG „Der Gesichtssinn“ Springer-Verlag, Berlin (2. Auflage 1961) S. 64
- [10] HERBERT SCHÖBER „Das Sehen“ Band I, VEB Fachbuchverlag Leipzig (4. Auflage, 1970) S. 31
- [11] MICHAEL J. HOGAN et al. „Histology of the Human Eye“ W. B. Saunders Company, Philadelphia (1971) S. 492
- [12] ROBERT SIEBECK „Optik des menschlichen Auges“ Springer-Verlag, Berlin (1960) S. 139
- [13] a) RUDOLF SACHSENWEGER „Pathologie und Klinik der Refraktionsanomalien“ in Karl Velhagen (Herausgeb.) „Der Augenarzt“ Band II VEB Georg Thieme, Leipzig (1972) S. 981
b) RUDOLF SACHSENWEGER (Herausgeb.) „Neuroophthalmologie“ Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1975) S. 309
- [14] siehe [1] S. 56
- [15] siehe [4a] S. 72
- [16] KARL MÜTZE „Die Akkommodation des menschlichen Auges“ Akademie-Verlag, Berlin (1956) S. 78
- [17] siehe [3] Lfd. Nr. 12
- [18] TH. GRAFF „Messungen augen- und brillenoptischer Größen“ Verlag G. Braun, Karlsruhe (1960) S. 84
- [19] a) HERBERT SCHÖBER „Das Sehen“ Band II VEB Fachbuchverlag Leipzig (3. Auflage 1964) S. 10
b) siehe [13a] S. 989
- [20] siehe [3] Lfd. Nr. 253
- [21] siehe [8] S. 249
- [22] siehe [3] Lfd. Nr. 115
- [23] bis [25] siehe [1] Lfd. Nr. 5 bis 7
- [26] G. MACKENSEN „Untersuchung der Motilität und der Binokularfunktion“ in Wolfgang Straub (Herausgeb.) „Die ophthalmologischen Untersuchungsmethoden“ Band II Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart (1976) S. 8
- [27] GUNTER K. VON NOORDEN und A. EDWARD MAUMENEE „Atlas der Schiel diagnostik“ F.K. Schattauer Verlag, Stuttgart – New York (1971) S. 9

1,— DM nur

pro Ausgabe kostet „der Augenoptiker“, wenn Sie Auszubildender sind oder an einer der Fachschulen studieren.

- Das Angebot gilt bis zum Ende Ihrer Ausbildung.
- Wann dürfen wir Sie in den Leserkreis dieser großen deutschen Fachzeitschrift aufnehmen?
- Füllen Sie einfach die beiliegende Bestellkarte aus oder schreiben Sie direkt an uns.
- Nennen Sie uns aber auch Ihren Ausbildungsbetrieb oder die Schule, an der Sie studieren.

Verlag Willy Schrickel · „der Augenoptiker“ · Klever Straße 33 · 4000 Düsseldorf 30 · Telefon (02 11) 48 85 21