# Medizinische Grundlagen

**2.1 Anatomie des Auges und Physiologie des Sehens – 6**
2.1.1 Tiefenschärfe – 6
2.1.2 Fotorezeptoren – 6
2.1.3 Reizweiterleitung (Sehbahn) – 7
2.1.4 Rezeptive Felder – 7
2.1.5 Räumliche Summation – 8

**2.2 Sehschärfe und Auflösungsvermögen – 8**
2.2.1 Die Sehschärfe beeinflussende Faktoren – 11

**2.3 Lesefähigkeit – 12**

**2.4 Gesichtsfeld und Einfluss auf Lese- und Orientierungsfähigkeit – 14**
2.4.1 Spezielle Gesichtsfeldausfälle und ihre funktionellen Auswirkungen – 16
2.4.2 Lesefähigkeit bei Gesichtsfeldausfällen – 22
2.4.3 Rehabilitation von (homonymen) Gesichtsfelddefekten – 23

**2.5 Bestimmung der Fähigkeitsstörungen – 24**
2.5.1 Klinische Untersuchung und allgemeine Anpasspraxis – 25

Um rehabilitative Maßnahmen und insbesondere eine zielführende Versorgung mit vergrößernden Sehhilfen oder Blindenhilfen vornehmen zu können, sind Kenntnisse über spezifische Funktionseinschränkungen mit ihren Ursachen und Auswirkungen notwendig, um diese regelrecht kompensieren zu können. Daher sind nachfolgend die in diesem Zusammenhang einflussnehmenden Faktoren erläutert.

## 2.1 Anatomie des Auges und Physiologie des Sehens

Das Auge stellt ein mit transparenten Medien unterschiedlicher Brechkraft gefülltes, kugeliges, paariges Sinnesorgan dar, welches Licht unterschiedlicher Wellenlänge (ca. 350 -750 nm) über bio-fotochemische in bio-elektrische Impulse umwandelt und so die Verarbeitung der Informationen in der okzipitalen Großhirnrinde (Sehzentrum) ermöglicht.

Bevor die elektromagnetischen Wellen des Lichts auf die sensorischen bzw. rezeptorischen Anteile des Auges (Retina) auftreffen, werden sie nach Durchtritt durch die optisch brechenden Medien (u. a. Brechkraft der Hornhaut ca. 43 dpt; der Linse ca. 16 dpt) gebündelt.

Die Menge des einfallenden Lichts wird dabei durch die Pupillenweite über die ringförmig bzw. radiär verlaufende glatte Muskulatur der Iris (M. sphincter et dilatator pupillae) gesteuert. Der M. sphincter pupillae bewirkt eine Miosis über die cholinerge Innervation durch den N. oculomotorius, wohingegen die Mydriasis über den Halssympathikus adrenerg durch den M. dilatator pupillae gesteuert wird. Über den Pupillarreflex ist eine schnelle Anpassung der Pupillenweite an sich plötzlich ändernde Helligkeitswechsel möglich.

### 2.1.1 Tiefenschärfe

Die Regulierung der Tiefenschärfe der Bildwahrnehmung erfolgt über die Akkommodation, d. h. die Fähigkeit der Linse, aufgrund ihrer Elastizität ihre Wölbung und damit ihre Brechungseigenschaften zu variieren. Die Zonulafasern, der Aufhängeapparat der Linse, sind beim Sehen in der Ferne gespannt, der Linsenquerschnitt verringert sich durch ihre Abflachung und die Brechkraft ist geringer. Bei der Nahakkommodation sind die Zonulafasern durch das Anspannen des Ziliarmuskels entspannt, die Linse nimmt aufgrund ihrer Eigenelastizität (Spannung) ihre entspannte kugeligere Form an und die Brechkraft verstärkt sich.

### 2.1.2 Fotorezeptoren

In der äußersten Netzhautschicht befinden sich die Fotorezeptoren (ca. 3,2–6,5 Mio. Zapfen und ca. 60-125 Mio. Stäbchen), welche für das fotopische oder Tagessehen bzw. für das skotopische oder Dämmerungssehen verantwortlich sind. Diese Rezeptoren (Stäbchen und Zapfen) weisen als Lichtsinneszellen der Netzhaut ein unterschiedliches Absorptionsmaximum des Lichtes auf, wodurch sich ihre unterschiedliche Sehqualität erklärt. Im zentralsten Netzhautareal mit einem Durchmesser von 0,25 bis 0,5 mm befinden sich ausschließlich Zapfen, wobei sich wiederum ihre höchste Dichte in der Foveola befindet. Außerhalb der Fovea centralis (ca. 5° oder 1,5 mm Durchmesser) nimmt die Zahl und die Verteilungsdichte der Zapfen zur Peripherie hin deutlich ab. Die Zapfen sind nur bei ausreichender Beleuchtung aktiv, sie ermöglichen daher über ein hohes räumliches Auflösungsvermögen scharfes Sehen und das Sehen von Einzelheiten am Tage.

#### Zapfen

Die in der menschlichen Retina existierenden drei Arten von Zapfen weisen unterschiedliche Absorptionsspektren für Licht auf (maximal blauempfindliche Zapfen mit höchster Absorption bei 450 nm, maximal grünempfindliche Zapfen mit höchster Absorption bei 525 nm, maximal rotempfindliche Zapfen mit höchster Absorption bei 555 nm), was die Voraussetzung zur Wahrnehmung verschiedener Farben darstellt. Als sog. Trichromat ist gemäß der Farbenlehre somit jeder Farbtüchtige in der Lage, aus den drei Grundfarben seine Farbwahrnehmung zu mischen.

#### Stäbchen

Außerhalb der Fovea centralis nimmt die Anzahl der Stäbchen in Richtung der peripheren Anteile

der Retina zu. Ihre höchste Dichte weisen sie ca. 20° vom Netzhautzentrum entfernt auf, was zur Entstehung des typischen Ringskotoms z. B. bei Retinopathia pigmentosa führen kann (Kellner, Wachtlin 2008). Die Stäbchen sind im Gegensatz zu den Zapfen in der Lage, sichtbares Licht über den gesamten Wellenlängenbereich zu absorbieren. Daher fehlt Ihnen die Fähigkeit zur Unterscheidung einzelner Wellenlängen des Lichtes und damit zum Farbensehen. Die Stäbchen ermöglichen jedoch die Unterscheidung von Hell und Dunkel und die Wahrnehmung von Bewegungen.

### Sehschärfe

Aufgrund ihrer funktionellen Eigenschaften und ihrer Verteilung in der Netzhaut ergibt sich, dass für die Fixation und somit zum Erkennen von Objektdetails (Sehschärfe) nur das unmittelbare Netzhautzentrum in Betracht kommt. So ist das räumliche Auflösungsverhältnis der Retina in Abhängigkeit von der Anzahl der Zapfen im Netzhautzentrum am größten und fällt gemäß dem Verteilungsmuster der Sinneszellen zur Peripherie hin ab. Setzt man eine zentral (Foveola) ermittelte Sehschärfe gleich 1,0, so fällt bereits 5° davon entfernt die Sehschärfe auf ca. ein Drittel, im Abstand von 10° auf etwa ein Fünftel (0,2) und in einer Entfernung von 20° auf 0,125 ab (Kaufmann 1995 nach Wertheim). In der Netzhautperipherie wird nur noch eine Sehschärfe von etwa 0,02 erreicht, die eine grobe Umfeldorientierung ermöglicht. Wegen der Lokalisation der Stäbchen in den peripheren Netzhautanteilen kann auch im peripheren Gesichtsfeld ohne konkrete Fixationsaufnahme Bewegung wahrgenommen werden. Eine Störung der Stäbchenfunktion führt zu Nachtblindheit, wobei ein Zapfenausfall sich wiederum im Abfall der Sehschärfe, Verlust des Farbensehens und in erhöhter Blendempfindlichkeit widerspiegelt.

## 2.1.3 Reizweiterleitung (Sehbahn)

Beide Arten von Rezeptoren weisen unterschiedliche Sehfarbstoffe (Opsine) auf. Die verschiedenen Sehfarbstoffe der Zapfen haben jeweils spezifische Absorptionskurven des Lichts, was das Sehen bzw. Unterscheiden von Farben ermöglicht. Rhodopsin hingegen absorbiert Licht über den gesamten Bereich des (sichtbaren) Lichts. Die Lichtabsorption führt dann zu einem fotochemischen und chemoelektrischen Prozess, bei dem eine Hyperpolarisierung der Zellmembran der Außensegmente der Fotorezeptoren entsteht, die sich über die Zellmembran zu den Innensegmenten ausbreitet. Das entstandene Rezeptorpotential, korreliert mit der Höhe der Lichtintensität und führt zu einer Unterbrechung der im Ruhezustand kontinuierlichen Freisetzung von Neurotransmittern in den Synapsen. Über synaptische Verbindungen der Fotorezeptoren mit den Bipolar- und Horizontalzellen wird ein entstandenes Aktionspotential (Hyperpolarisierung nach Aktivierung) moduliert, das durch laterale Hemmung der mit ihnen kontaktierten Fotorezeptoren zu einer relativen Verstärkung des Signals eines einzelnen Fotorezeptors (rezeptives Feld) führt. Nach Weiterleitung der gemeinsamen Information der Fotorezeptoren und der Horizontalzellen über getrennte Kanäle der Bipolarzellen, erfolgt unter Modulation von Farb-, Kontrast-, Helligkeits- und Bewegungsinformation eine Weiterleitung an die Ganglienzellschicht durch das komplex verschalteten Systems der Amakrinzellen.

Die zentralen nichtmyelinisierten Fortsätze der Ganglienzellschicht (Anzahl ca. 1,2 Mio.) der Retina bündeln sich zum Sehnerven (N. opticus, etwas nasal der Fovea gelegen), der die Simultanerregung von Millionen von Fotorezeptoren nach komplexer Interaktion der einzelnen Zelltypen der Retina an die Sehbahn bis zum Sehzentrum abgibt und dort zur Entstehung komplexer räumlicher Bilder führt.

## 2.1.4 Rezeptive Felder

Im Netzhautzentrum sind einzelne oder wenige und in der Netzhautperipherie zahlreiche Rezeptoren zu einzelnen rezeptiven Feldern mit einer Ganglienzelle verschaltet. Dadurch ist in der Peripherie, d. h. bei großen rezeptiven Feldern, ein geringeres räumliches Auflösungsvermögen bei hoher Lichtempfindlichkeit und im Netzhautzentrum (kleine rezeptive Felder) ein hohes Auflösungsvermögen und somit eine Verfeinerung des Bildrasters bei

geringer Lichtempfindlichkeit vorherrschend. Auf die Netzhaut auftreffende Lichtreize lösen über Rezeptorpotentiale in den Ganglienzellen Aktionspotentiale aus. Zur Auslösung eines Aktionspotentiales kommt es in Abhängigkeit von Intensität und Reizdauer, d. h. bei starkem Lichteinfall ist nur ein kurzer Lichtreiz und bei schwachem Licht ein langer Lichtreiz zum Erzielen eines Aktionspotentiales notwendig.

Innerhalb dieser rezeptiven Felder einer Ganglienzelle, die aus allen darin enthaltenen Rezeptoren gebildet wird, kommt es zur gegensätzlichen Reaktion des Zentrums und der Feldperipherie (Hemmung oder Erregung auf einen bestimmten Reiz/Belichtung). Damit werden Reize kontrastiert, d. h. es kann ein Maximum der Ganglienzellantwort entstehen und so die Differenzierung kleiner Signale und Kontrastgrenzen erfolgen.

### 2.1.5 Räumliche Summation

Ein weiterer Anpassungsmechanismus an unterschiedliche Umgebungshelligkeit stellt die räumliche Summation dar, bei der die Rezeptorenzahl (Retinafläche), von welcher eine Nervenfaser des Sehnerven (Axon/zentraler Fortsatz der Ganglienzellen) ihre Erregung erhält, variiert werden kann (Zunahme bei Dunkelheit, Abnahme bei Helligkeit).

Bei der Dunkeladaptation vergrößert sich das Zentrum innerhalb eines rezeptiven Feldes bei gleichzeitiger Verkleinerung der Peripherie, bis diese verschwindet. Dadurch entsteht eine höhere räumliche Summation, was gleichzeitig zu einer Abnahme der Kontrastierung und der Sehschärfe führt.

Bei zunehmend herabgesetzter Helligkeit stellen die Zapfen ihre Funktion ein und die Stäbchen werden nun aktiv. Das führt zu einer Abnahme der zentralen Sehschärfe, es resultiert ein relatives Zentralskotom. Die Farbwahrnehmung verringert sich zugunsten des Schwarz-Weiß-Sehens der Stäbchen (»Im Dunkeln sind alle Katzen grau.«), und das Helligkeitsmaximum wird leicht verschoben, sodass rote Farbtöne dunkler als blaue erscheinen. Eine vollständige Dunkelanpassung erfolgt nur langsam (Daueradaptation der Stäbchen mit Maximum nach ca. 30-60 min).

**In Kürze**

In ihrem sensorischen Zusammenwirken ergeben die einzelnen Leistungen des Auges (Sehschärfe, Gesichtsfeld, Lichtsinn, Farbsinn, Binokularfunktion), seine Gesamtfunktion (Sehvermögen). Dieses unterliegt den Gesetzmäßigkeiten der Sinnesphysiologie, aber auch psychologischen Einflüssen. So spielt beim Sehvorgang über die Wahrnehmung bis hin zum Erkennen von Objekten die Erfahrung und somit auch die Psyche eines jeden Einzelnen eine wesentliche und nicht abzugrenzende Rolle.

## 2.2 Sehschärfe und Auflösungsvermögen

Die Gesamtleistung des Auges (Sehvermögen) wird durch das Zusammenspiel zwischen Sehschärfe, Gesichtsfeld, Lichtsinn, Farbsinn und Binokularfunktion bestimmt. Dies wird speziell bei auftretenden Störungen deutlich. So ist etwa eine volle Sehschärfe nur bei gut ausgeprägtem Lichtsinn (Helligkeitsempfindung) erreichbar, zentrale Gesichtsfeldausfälle können zu Visus- und Farbsinnbeeinträchtigungen und periphere Gesichtsfeldausfälle zu Störungen des Lichtsinnes führen. Ein hochwertiges Binokularsehen setzt wiederum u. a. einen Mindestvisus beider Augen voraus.

Die Sehschärfe, die auch als Visus bezeichnet wird, ist eine wesentliche klinische Angabe bei der Rehabilitation von Sehbeeinträchtigungen. Sie stellt einen Schwellenwert für die Wahrnehmung feiner Objektdetails dar, ihre Erkennbarkeit hängt vom jeweiligen Sehwinkel ab.

Dabei handelt es sich bei der Sehschärfen- bzw. Visusermittlung nach dem heutigen Verständnis um eine standardisierte Testung nach dem Snellen-Prinzip, wobei die Strichbreite sowie die Abstände zwischen den Strichen (weiße Zwischenräume) dem Winkel von einer Bogenminute (Winkelminute, 1 / 60 Winkelgrad) entsprechen. Dieser kleinste Sehwinkel stellt als »Minimum separabile« (angulare Sehschärfe) das Auflösungsvermögen bzw. die Auflösungsschwelle dar, bei dem zwei dicht nebeneinander liegende Punkte gerade noch getrennt wahrgenommen werden können. Voraussetzung dafür ist, dass zwischen zwei gereizten Zapfen mindestens ein ungereizter Zapfen liegt.

Diese hierfür erforderliche Sehschärfe wurde nach internationalen Vereinbarungen als Sehschärfe von 1,0 definiert, d. h. willkürlich festgelegt und entspricht grundsätzlich dem Kehrwehrt der angularen Sehschärfe. Das bedeutet, dass ein Visus von 1,0 einer Winkelminute entspricht. Da der Sehwinkel jedoch auch kleiner als eins sein kann, sind Visuswerte individuell auch größer als 1,0 möglich.

Die Sehleistung entspricht der Sehschärfe ohne Refraktionskorrektur bzw. dem Visus naturalis (Visus sine correctione - V.s.c.). Im optimalen Fall entspricht die maximale Sehschärfe dem unkorrigierten Visus.

**Sehschärfe**

**Die Sehschärfe kennzeichnet das maximale räumliche Auflösungsvermögen der zapfenhaltigen zentralen Netzhautstelle (Fovea) bei optimaler Refraktionskorrektur (Visus cum correctione - V.c.c.).**

$$\text{Visus} = \frac{1}{\text{angulare Sehschärfe}}$$

Zur Standardisierung der Sehschärfenbestimmung wurde die internationale Norm DIN EN ISO 8596[1] erstellt. Das darin festgelegte Normsehzeichen ist der Landolt-Ring, der mit seinen acht definierten Öffnungsrichtungen die Auflösungssehschärfe misst. Der die Auflösung kennzeichnende Sehwinkel ist über die Breite der Öffnung/Lücke exakt definiert. Sie entspricht der Liniendicke und einem Fünftel des Außendurchmessers des Ringes (Abb. 2.1).

In der klinischen Praxis werden routinemäßig äquivalente Sehzeichen verwendet.

Gemäß Schreibweise nach Snellen, entspricht der Visuswert dem Quotienten aus Prüfentfernung und Sollentfernung, wobei ein Visus von 1,0 erreicht wird, wenn auf der Prüftafel die kleinsten Optotypen (Sehzeichen) bei entsprechender Entfernung erkannt werden. Dabei wird im englischsprachigen Raum eine Ist-Entfernung von 20 Fuß (entspricht ca. 6 m) zu Grunde gelegt.

[1] Augenoptik – Sehschärfeprüfung – Das Normsehzeichen und seine Darbietung (ISO 8596:2009); Deutsche Fassung EN ISO 8596:2009

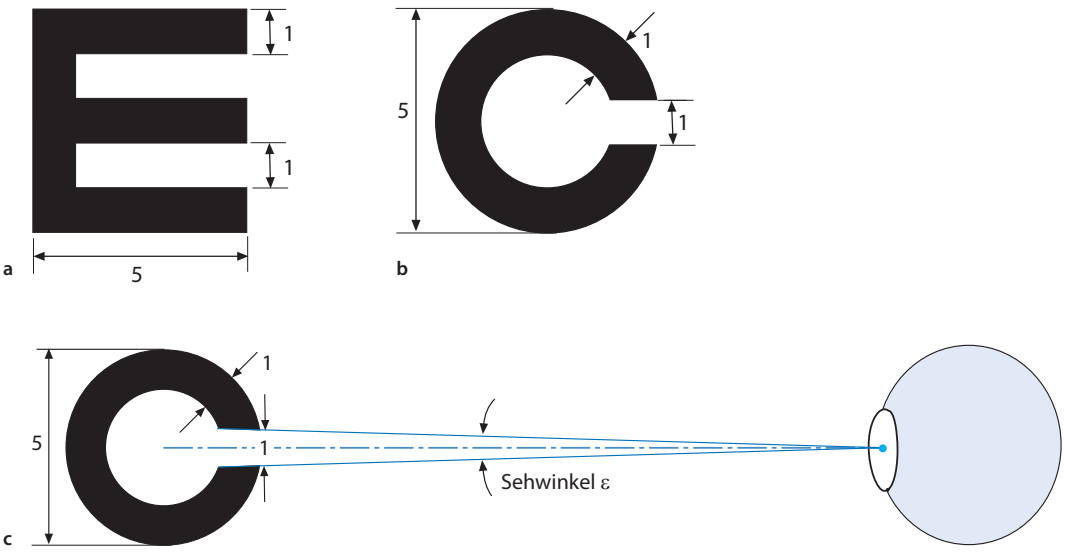



**Abb. 2.1a-c** Konfiguration verschiedener Normsehzeichen (Verhältnis Kantenlänge:Strichbreite:Lücke = 5:1:1) zum Sehwinkel **a** Snellen-Haken **b** Landoldt-Ring **c** Sehwinkel. Der Kehrwert des kleinsten erkennbaren Sehwinkels in Winkelminuten ergibt die Sehschärfe. Fernvisus von 1,0 bei Strich- und Lückenbreite von 1,49 mm geprüft in 5 m. (Mod. nach Kaufmann 1995)

$$\text{Visus} = \frac{\text{Ist} - \text{Entfernung}}{\text{Soll} - \text{Entfernung}}$$

Werden die Sehprobentafeln in einer anderen als der angegebenen Entfernung benutzt, so ist die tatsächliche Sehschärfe aus der ermittelten wie folgt zu berechnen:

$$\text{Visus} = \frac{\text{Ist} - \text{Entfernung}}{\text{Soll} - \text{Entfernung}} \times \text{Tafelvisus}$$

Bei der Angabe der Sehschärfenwerte im Dezimalbruch wird die international gebräuchliche Prüfentfernung von 5 Metern vorausgesetzt. Obwohl in der Regel nie identische räumliche Voraussetzungen zur Sehschärfenbestimmung vorliegen, die Sehzeichenanbietung heute per Sehzeichenprojektor erfolgt, und dabei der Proband auf Höhe des Projektors sitzt, wird dennoch über die zu variierende Größe der Optotypen gemäß dem Strahlensatz bei unterschiedlichen Prüfentfernungen eine standardisierte Visusprüfung ermöglicht. Die Angabe des Visus erfolgt dimensionslos und im deutschsprachigen bzw. europäischen Raum in dekadisch logarithmischen Stufen, damit die relative Visusänderung von Stufe zu Stufe auf der Visusskala im jeweils gleichen Abstand norment-

**Tab. 2.1** Visusangaben in Visusstufen (Mod. nach Rassow und Haase 1995)

| Sehwinkel | Dezimal-Schreibweise | Snellen-Schreibweise | Snellen-Schreibweise | Snellen-Schreibweise |
|---|---|---|---|---|
| (in Minuten) | (in log-Abstufungen) | (in Fuß) | (in 6 m) | (in 5 m) |
| 50 | 0,020 | 20 / 1000 | 6 / 300 | 5 / 250 |
| 40 | 0,025 | 20 / 800 | 6 / 240 | 5 / 200 |
| 32 | 0,032 | 20 / 630 | 6 / 200 | 5 / 160 |
| 25 | 0,04 | 20 / 500 | 6 / 150 | 5 / 125 |
| 20 | 0,05 | 20 / 400 | 6 / 120 | 5 / 100 |
| 16 | 0,063 | 20 / 320 | 6 / 100 | 5 / 80 |
| 12,5 | 0,08 | 20 / 250 | 6 / 75 | 5 / 63 |
| 10,0 | 0,10 | 20 / 200 | 6 / 60 | 5 / 50 |
| 8,0 | 0,125 | 20 / 160 | 6 / 48 | 5 / 40 |
| 6,3 | 0,16 | 20 / 125 | 6 / 38 | 5 / 32 |
| 5,0 | 0,2 | 20 / 100 | 6 / 30 | 5 / 25 |
| 4,0 | 0,25 | 20 / 80 | 6 / 24 | 5 / 20 |
| 3,2 | 0,32 | 20 / 63 | 6 / 20 | 5 / 16 |
| 2,5 | 0,4 | 20 / 50 | 6 / 15 | 5 / 12,5 |
| 2,0 | 0,5 | 20 /40 | 6 / 12 | 5 / 10 |
| 1,6 | 0,63 | 20 / 32 | 6 / 10 | 5 / 8 |
| 1,25 | 0,8 | 20 / 25 | 6 / 7,5 | 5 / 6,3 |
| 1,0 | 1,0 | 20 / 20 | 6 / 6 | 5 / 5 |
| 0,8 | 1,25 | 20 / 16 | 6 / 4,8 | 5 / 4 |
| 0,63 | 1,60 | 20 / 12,5 | 6 / 3,75 | 5 / 3,2 |
| 0,5 | 2,0 | 20 / 10 | 6 / 3 | 5 / 2,5 |
| 0,4 | 2,5 | 20 / 8 | 6 / 2,4 | 5 / 2 |

sprechend identisch ist (Tab. 2.1). Der Zuwachsfaktor von 1,2589 entspricht dabei der $\sqrt[10]{10}$ (DIN EN ISO 8596).

Da der Fernvisus u. a. aufgrund der mit zunehmendem Alter nachlassenden Akkommodation und auch bei bestimmten Augenveränderungen (z. B. Linsentrübung) nicht dem ermittelten Wert im Nahbereich entsprechen muss, erfolgt zusätzlich auch die Prüfung des Nahvisus. Dabei kann neben der Bestimmung des erforderlichen Nahzusatzes bereits eine mögliche Differenz zum Fernvisus festgestellt werden, die dann bei der Ermittlung des Vergrößerungsbedarfes seine Berücksichtigung findet. Um eine zuverlässige Nahsehschärfe messen zu können, sollten die gleichen Optotypen wie bei der Ermittlung des Fernvisus in der dafür vorgesehenen Prüfentfernung Anwendung finden. Durch den zusätzlichen Einsatz von Reihenoptotypen kann bereits frühzeitig in der Hilfsmittelversorgung eine ggf. vorliegende Beeinträchtigung der eigentlichen Lesefähigkeit aufgedeckt (bei im Einzelfall erhaltener guter zentraler Sehschärfe für Einzeloptotypen) und bei der individuellen Anpassung der Sehhilfen berücksichtigt werden.

**Wegen der gegenseitigen Beeinflussung von Optotypen, die in horizontaler Reihe eng aneinander angeordnet sind, kann die ermittelte Sehschärfe für Einzeloptotypen erheblich von der mit Reihenoptotypen differieren. Diese Trennschwierigkeiten sind auch die Ursache dafür, dass bei der Ermittlung des Nahvisus erheblich schlechtere Visusstufen und damit ein Abweichen vom Fernvisus resultieren können.**

Speziell bei einer Amblyopie oder bei Kindern, ist der Schwellenanstieg für die angulare Sehschärfe durch die Konturenineraktion und damit die Trennschwierigkeit erhöht.

Da sich jedoch die Druckart von Texten mit dem Abstand der Buchstaben durchgesetzt hat, der maximale Konturenineraktion bewirkt, kann eben nicht von einem mit Einzeloptotypen ermitteltem Visus auf die Lesefähigkeit geschlossen werden.

**Das »Lesen« stellt eine komplexe Leistung dar, bei der unter Berücksichtigung der individuellen (z. B. Lesegeschwindigkeit) und Umweltbedingungen (z. B. Kontrast) ein zusammenhängender Text auf der Basis von Reihenoptotypen sinnentsprechend erfasst wird. Das gilt es speziell bei der Sehbehindertenversorgung zu berücksichtigen.**

### 2.2.1 Die Sehschärfe beeinflussende Faktoren

Die Sehschärfe wird von verschiedenen Parametern beeinflusst. Dazu gehören u. a. der Fixationsort auf der Netzhaut, Brechungsfehler, die Leuchtdichte und die Kontrastempfindlichkeit.

Insbesondere bei der rehabilitativen Versorgung von Menschen mit geringem Sehvermögen sollten die Einflussgrößen auf den Visus optimiert werden. Darunter ist neben dem Ausgleich der nachlassenden **Akkommodation** (worauf in den einzelnen Kapiteln zur Versorgung mit verschiedenen Hilfsmitteln eingegangen wird) auch die Bestimmung von sphärischen oder astigmatischen **Brechungsfehlern** zu verstehen. Kleinere sphärische Korrekturen von beispielsweise 0,25 dpt fallen dabei bei einer hochgradigen Sehminderung nicht ins Gewicht, jedoch sollten höhergradige Fehlsichtigkeiten ausgeglichen werden, um insbesondere die Trennsehschärfe zu verbessern.

Aber auch die umgebende **Leuchtdichte** kann unter skotopischen Bedingungen zu einer Verminderung der Sehschärfe führen. Es tritt dabei ein zentrales Skotom auf, und exzentrische Netzhautbereiche (besonders zwischen 10°-20°) erlangen durch die Stäbchenfunktion ihre höchste Empfindlichkeit.

**Definition**

**Skotopisch »Dunkeladaptiert«**
Fähigkeit zur Anpassung des Gesichtssinnes an verminderte Leuchtdichte (Dunkeladaptation) über die Funktion der Stäbchen als sensorische Zellen der Netzhaut.

Durch Untersuchungen an Achromaten konnte festgestellt werden, dass der Mensch eine maximale skotopische Sehschärfe von 0,2 erreichen kann.

**Definition**

**Achromatopsie »Totale Farbenblindheit«**
Synonym: Stäbchen-Monochromasie. Es fehlt die Adaption der Zapfen, während die Funktion der Stäbchen der sensorischen Netzhaut intakt ist. Dadurch ist nur eine Wahrnehmung von Grautönen unterschiedlicher Helligkeit möglich.

Einen speziell für die Sehbehindertenversorgung wichtigen Aspekt stellt der **Kontrast** dar. So führen Medientrübungen (Hornhaut, Linse, Glaskörper), unkorrigierte Brechungsfehler, Netzhauterkrankungen sowie eine reduzierte Leuchtdichte zu einer herabgesetzten Kontrastempfindlichkeit. Bei Medientrübungen führt das erzeugte Streulicht durch eine Überlagerung des Netzhautbildes zu einer Kontrastminderung. Bei guter Beleuchtung und hohem Kontrast kann individuell noch eine gute Sehschärfe erreicht werden, jedoch kann eine Verschlechterung der einwirkenden Rahmenbedingungen (z. B. durch verminderte Leuchtdichte) zu einer Verringerung des Kontrastes des Netzhautbildes bis unter die Wahrnehmungsschwelle führen.

Unter diesen Aspekten und den späteren Ausführungen zum Einfluss des Lichtes ist speziell bei Sehbeeinträchtigungen auch eine optimierte Beleuchtung hinsichtlich der Ausleuchtung, Lichtfarbe und Leuchtdichte nachvollziehbar.

Durch die Anzahl der Konturen pro Fläche, deren Konfiguration (z. B. Buchstaben mit Konturenkreuzung) wird die sog. **Kontureninteraktion** bestimmt. Im Kindesalter und bei Amblyopie ist diese gegenseitige Beeinflussung von Konturen stärker ausgeprägt, was zu der vorbeschriebenen Differenz zwischen der Sehschärfe für Einzeloptotypen und der von Reihenoptotypen und damit der Lesefähigkeit führen kann.

Bei deutlich großem **Pupillendurchmesser** (> 6 mm) erhöhen sich aufgrund der fehlenden Ausblendung von Randstrahlen des Lichtes mit großem Einfallswinkel die sphärischen und chromatischen Abbildungsfehler (Aberration), die in der Peripherie zunehmen und den Kontrast herabsetzen. Bei sehr engen Pupillen (< 2 mm) nimmt hingegen die Lichtbeugung verstärkten Einfluss auf die Begrenzung der Sehschärfe, wobei dieser Zusammenhang mit der Sehschärfe weniger praktische Bedeutung für die Versorgung von Sehbehinderten aufweist.

**Definition**

**Amblyopie**
(griech.= stumpf) Schwachsichtigkeit/Sehschwäche. Hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Genese (Ursache) werden verschiedene Formen unterschieden.

## 2.3 Lesefähigkeit

Die Lesefähigkeit ist nach wissenschaftlichen Untersuchungen und Beiträgen umfassend (u.a. von E. Aulhorn, G. Mackensen und S. Trauzettel-Klosinski) untersucht und beschrieben worden. Hier und im ▶ Abschn. 2.4 werden die wesentlichen und für die Versorgung Sehbeeinträchtigter relevanten Inhalte kurz dargestellt.

Um einen normgerechten einzelnen Optotypen (Landoltring) bei Visusstufe 0,4 zu erkennen, reicht ein zentraler Netzhautdurchmesser von 0,3° aus. Im Gegensatz dazu wird bei einem Visus von 0,4 für flüssiges Lesen von Zeitungsdruck in einem Abstand von 25 cm eine zusammenhängende intakte zentrale Netzhautstelle von mindestens 4° x 2° (Breite x Höhe) benötigt, was die obige Aussage unterstützt, dass der ermittelte Visus nicht zwangsläufig eine Aussage über die Lesefähigkeit zulässt.

Es handelt sich beim Lesevorgang nicht um ein Aneinanderreihen von einzeln erkannten Buchstaben, sondern um ein sinnerfassendes Aufnehmen eines Textes über wechselnde Fixationsorte auf der Lesevorlage mit gleichzeitigem Erfassen ganzer Buchstabengruppen. Das minimale horizontale Gesichtsfeld sollte dafür 2° rechts und links bei fovealer Fixation und je 1° nach oben und unten in vertikaler Richtung betragen. Die Augenbewegung, die notwendig ist, um zum nächsten Wortkomplex zu gelangen, bezeichnet man als »Lesesakkade«. Der Fixationsort der Blicklinie auf der Lesevorlage (Leseposition) ist unabhängig von Wort- oder Silbenunterteilungen. Innerhalb der Lesesakkaden kommt es teilweise zu Rücksprüngen, deren Größe unterschiedlich ist, keiner willkürlichen Steuerung unterliegt und u.a. vom Schwierigkeitsgrad des

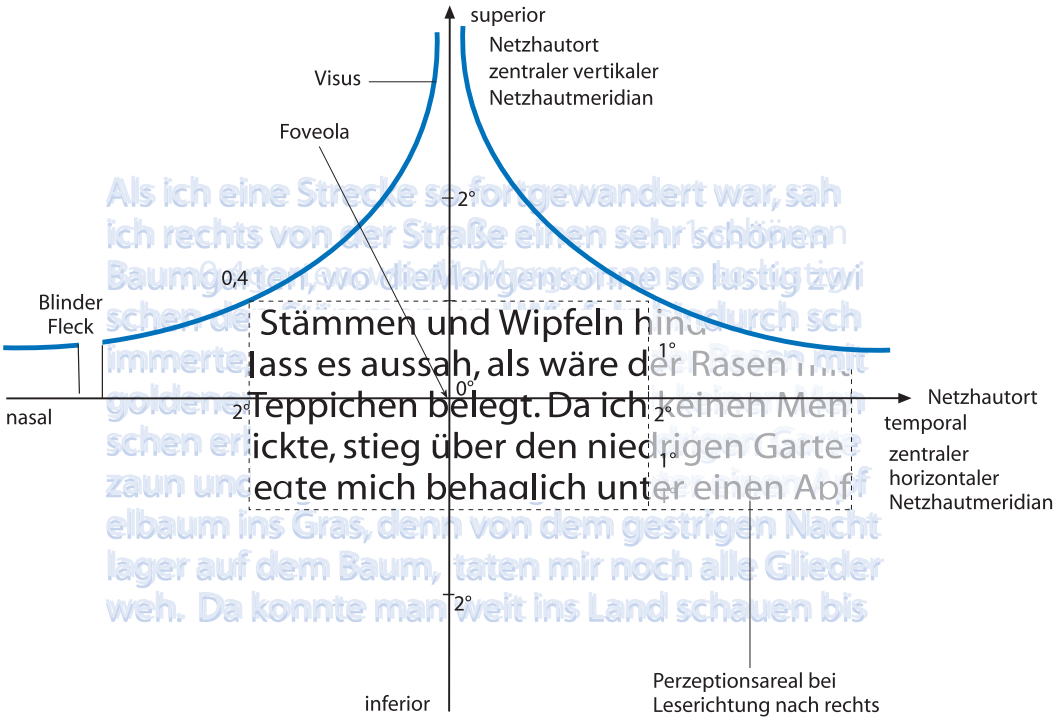



**Abb. 2.2** Abhängigkeit des Lesevermögens vom Netzhautort bei zentraler Fixation: Zum Erkennen von Einzeloptotypen reicht ein zentraler Netzhautdurchmesser von 0,3° aus; für Lesefähigkeit von Standardzeitungsdruck in 25 cm ist eine zusammenhängende Netzhautstelle von 4° horizontal und von 1° jeweils oberhalb und unterhalb der Fovea erforderlich. (Mod. nach Trauzettel-Klosinski 2000 mit freundlicher Genehmigung)

Als ich eine Strecke so fortgewandertwar, sah ich rechts von der Straße einen sehr schönen Baumgarten wo die Morgensonne so lustig zwischen den Stämmen und Wipfeln hindurchschimmerte, dass es aussah, als wäre der Rasen mit goldenen Teppichen belegt. Da ich keinen Menschen erblickte stieg ich über den niedrigen Gartenzaun und legte mich recht behaglich unter einen Apfelbaum ins Gras, denn von dem gestrigen Nachtlager auf dem Baum taten mir noch die Glieder weh. Da konnte man weit

**Abb. 2.3** Perzeptionseinheit: Die markierten Lesepositionen stellen die unwillkürlichen Fixationsstellen im Fließtext dar. (Mod. nach Mackensen 1962 mit freundlicher Genehmigung)

Textes sowie von der Übung im Lesen abhängig ist. Ein optimales Lesegesichtsfeld sollte eine seitliche Ausdehnung von 4° (je 2° rechts und links vom Fixationsort) aufweisen (Trauzettel-Klosinski 2009, Abb. 2.2). In diesem Gesichtsfeldbereich werden die Textinhalte scharf abgebildet, und in den Randbereichen erfolgt eine Ergänzung der Buchstaben zu Worten auf der Basis von Erfahrungswerten (Perzeptionsareal). Ein geübter Leser kann so sein Perzeptionsareal seitlich (in Leserichtung) bis auf 5° (entspricht etwa 15 Buchstaben Standardzeitungsdruck) ausdehnen.

Ebenso wie sich die Größe der Perzeptionseinheit (Abb. 2.3) durch Übung vergrößert, ver-

kürzt sich die Verweildauer in jeder Leseposition (Fixation). Es handelt sich beim Lesen also um ein »Abscannen« des Textes, indem eine regelmäßige Abfolge von Sakkaden und Fixation einer neuen Buchstabengruppe auf einer Zeile erfolgt, wobei bei einer Fixation mindestens 10 - 12 Zeichen wahrgenommen werden. Mit einer größeren Augenbewegung nach links und unten erfolgt dann zum Auffinden der neuen Zeile der Zeilenrücksprung.

**Die Lesefähigkeit ist vom retinalen Auflösungsvermögen des genutzten Netzhautareals (Fixationsort) und von dessen Ausdehnung abhängig.**

Beim Lesevorgang als sensomotorische Leistung folgt auf die Fixation einer Buchstabengruppe (Wahrnehmungszeit) eine rasche Sakkade nach rechts, um den nachfolgenden Text zu fixieren. Das heißt die Blicklinie bewegt sich beim Lesen mit kleinen Rucken von einem Buchstabenkomplex zum nächsten durch eine Zeile. Dabei wechseln sich Bewegungszeiten und Wahrnehmungszeiten kontinuierlich ab, wobei innerhalb der Fixation wiederum Mikrosakkaden stattfinden. Am Zeilenende erfolgt dann eine rasche Sakkade nach links und unten, um zum nächsten Zeilenanfang zu gelangen.

Die erforderliche Zeit zur Wahrnehmung eines Lesetextes (Lesezeit) ist abhängig von der Anzahl und der Dauer der Einzelfixationen. Die Lesestrecke wiederum wird bestimmt durch die Anzahl und die Breite (Perzeptionsareal) der Einzelfixationen. Der Quotient aus der Lesestrecke und der Lesezeit ergibt die Lesegeschwindigkeit. Eine normale laute Lesegeschwindigkeit für sinnerfassendes Lesen umfasst mindestens 170 Wörter pro Minute. Leises Lesen erfolgt schneller. Die Lesegeschwindigkeit ist altersabhängig, d. h. bis zum 60. Lebensjahr bleibt sie relativ konstant und fällt dann mit zunehmendem Alter ab. Sie ist zusätzlich abhängig vom Schwierigkeitsgrad des Textinhaltes und von der Leseübung. Mit der Übung nimmt die räumliche Ausdehnung der Einzelfixationen, wie vorbeschrieben, zu und in geringem Ausmaß die dazu benötigte Zeitdauer ab. Aber auch der zur Wahrnehmung genutzte Netzhautbereich (Lokalisation und Ausdehnung) bestimmt erheblich die erreichbare Lesegeschwindigkeit. Bei pathologischen Veränderungen der auf die Lesegeschwindigkeit einflussnehmenden Faktoren ist diese in unterschiedlichem Maße herabgesetzt oder im Einzelfall ganz aufgehoben. Die Lesegeschwindigkeit ergibt sich also durch das Zusammenwirken multipler Faktoren. Sie kann jedoch durch geeignete Maßnahmen, wie Vergrößerung der Textvorlage, Übung, Einsatz von Sehhilfen oder sonstigen Hilfen zum schnelleren Auffinden der Zeilen in den meisten Fällen verbessert und erhalten werden.

## 2.4 Gesichtsfeld und Einfluss auf Lese- und Orientierungsfähigkeit

**Definition**

**Gesichtsfeld**

Das Gesichtsfeld stellt die Summe aller visuellen Sinneseindrücke dar, die ohne Augen-, Blick-, Kopf- oder Rumpfbewegung (i. d. R. mit einem Auge) wahrgenommen werden können.

Bei Erkrankungen, die zu Sehbeeinträchtigungen führen, stehen nicht selten Gesichtsfelddefekte im Zusammenhang oder sogar im Vordergrund. So kommt es beispielsweise bei juvenilen oder altersabhängigen Makulaveränderungen oder Affektionen des N. Opticus zu zentralen oder parazentralen Gesichtsfeldausfällen. Größere Gesichtsfeldausfälle, die auch die Peripherie betreffen, stehen bei den Folgen der sogenannten Zivilisationskrankheiten (zerebrale Hämorrhagien, Ischämien) nach Schädel-Hirn-Traumen oder bei generalisierten hereditären Retinopathien im Vordergrund. Sie treten bei einer nicht unerheblichen Zahl von Patienten u. a. aufgrund unserer verlängerten Lebensdauer und wegen der höheren Überlebensrate von Patienten mit Hirnschäden auf.

Insofern ist eine Untersuchung des Gesichtsfeldes mit üblichen standardisierten Methoden in Vorbereitung zur Versorgung eines Sehgeschädigten mit adäquaten rehabilitativen Maßnahmen und Hilfsmitteln zwingend erforderlich.

http://www.springer.com/978-3-642-29868-4

Rehabilitation bei Sehbehinderung und Blindheit

Maritzen, A.; Kamps, N.

2013, XI, 244 S. Mit DVD., Hardcover
ISBN: 978-3-642-29868-4