

I **Sehen oder Nichtsehen: Bedeutung für Lernen und aktive Teilhabe in verschiedenen Bereichen des Lebens**

Ursula Hofer

1 **Sehen: Funktionen, Bewertung und Zuschreibung**

1.1 **Wahrnehmung und Erkenntnisgewinn**

Menschen sind Augenwesen. Dem Sehen wird für Lernen, für Aktivität und Teilhabe in praktisch allen Lebensbereichen unserer Gesellschaft besonderes Gewicht beigemessen.

Im 17. Jahrhundert wurde von John Locke die Metapher der »tabula rasa« geprägt: Der Mensch ist, wenn er zur Welt kommt, eine leere, unbeschriebene Wachstafel. Seine Erkenntnisse stammen aus sinnlicher Wahrnehmung (Locke 1981, II). Allerdings differenzierte Locke: Alle menschlichen Erkenntnisse entstammen entweder sinnlichen Erfahrungen oder aber der Reflexion des Geistes darüber. Die Sinne liefern in diesem Modell alles Material, welches zu geistiger Reflexion benötigt wird. Die psychische Fähigkeit zur Reflexion nahm Locke als bereits vorhanden an (ebd., 108 f.). Etwas später, im 18. Jahrhundert, versuchte Etienne Bonnot de Condillac, aufbauend auf den Ideen Lockes, wirklich tabula rasa zu machen. Er war der eigentliche Begründer des Sensualismus, der Lehre, welche alle Erkenntnisse und psychischen Zustände auf sinnliche Informationen zurückführt. Wahrnehmung war für Condillac die erste Operation des menschlichen Geistes, aus welcher sich allmählich alle geistigen Fähigkeiten entwickeln (Condillac 1983). Zur Darstellung dieser Entwicklung nutzte er die Fiktion der Marmorstatue. Indem er ihr nacheinander die fünf Sinne verlieh, ließ er sie langsam zu vollem Leben erwachen.

Die Bedeutung sinnlicher Empfindungen

Die sensualistische Vorstellung, wonach alle geistigen Fähigkeiten des Menschen sich allein aus seinen Wahrnehmungsfähigkeiten aufbauen, ist längst widerlegt. Geblieben sind Fragen der Gewichtung und der Verbindung sinnlicher Wahrnehmung im Gewinn von Erkenntnis. Insbesondere aber interessieren die Möglichkeiten der optimalen Kompensation ausfallender sinnlicher Informationen durch solche aus anderen Sinnesmodalitäten. Zumeist wird dabei auf die absolute mengenmäßige Dominanz der visuellen Anteile verwiesen. So besteht heute grundsätzlich Konsens darüber, dass durch das Auge in kürzerer Zeit mehr Informa-

tionen aufgenommen werden können als durch die anderen Sinne. Die zur Quantität häufig genannte Summe von 80 % scheint einen fast magischen Wert darzustellen: »Über die Augen werden 80 % unserer Informationen aufgenommen« (Käsmann-Kellner 2005, 67). Gleiche oder ähnliche mengenmäßige Angaben machen auch andere Autoren und Autorinnen (Krug 2001; Wagner 2003; Walthes 2003; Zihl et al. 2012). Gleichzeitig wird unsere Welt beschrieben, als eine »im Wesentlichen visuelle Welt«, was die besondere Bedeutung dieser Sinnesmodalität für Erfahrung und Erkenntnis unterstreicht (Zihl et al. 2012, 9).

1.2 Sehen: Ein komplexes System

Das visuelle System des Menschen ist hierarchisch strukturiert. Grob unterteilen lässt es sich in einen physiologischen (okularen) Bereich mit primär aufnehmenden Funktionen und einen cerebralen oder zentralen (neurologischen) Bereich, in welchem die Verarbeitung des Aufgenommenen erfolgt.

1.2.1 Sehen physiologisch (okular)

Die Augen, kugelförmige, mit Flüssigkeit gefüllte Hohlkörper, nehmen Sehinformationen auf, deren vielfältige Verarbeitung erst im Gehirn stattfindet. Wie Dutton betont, ist es das Gehirn, das »sieht« (2013). Mit den Augen wird physikalische Energie in Form von Lichtwellen vom Sehsystem aufgenommen und über okulare Zwischenstationen zu den Rezeptoren der Netzhaut geleitet. Das okulare System besteht aus dem Augapfel und seinen Hüllen. Die innerste ist die Netzhaut (Retina) mit ihren Rezeptoren (farbempfindliche Zapfen und hell-dunkel-empfindliche Stäbchen).

Strahlengang durch das Auge: Akkommodation und Adaptation

Bevor das Licht durch die Rezeptoren in elektrische Impulse umgewandelt wird, sorgen Hornhaut und Linse (brechende Medien) dafür, dass die eintreffenden Lichtstrahlen so gebündelt und gebrochen werden, dass sie genau auf der Netzhaut auftreffen. Wird ein ausgewähltes Objekt angesehen, so bildet es sich – bei angemessenem Akkommodationsvermögen – auf der Netzhaut in der Makula ab. Hier, im Zentrum der Netzhaut, sind die Rezeptoren dicht beisammen und entsprechend scharf wird das Objekt abgebildet (vgl. Lang et al. 2004). Bei zu starker oder zu schwacher Brechung rufen die Lichtstrahlen allerdings keine scharfe Abbildung eines Sehobjekts auf der Netzhaut hervor. Werden die Strahlen zu stark gebündelt, liegt ihr Brennpunkt bereits vor der Netzhaut; das Auge ist zu lang. Dieser Brechungsfehler wird als Kurzsichtigkeit (Myopie) bezeichnet. Bei zu schwacher Bündelung treffen sich die Strahlen erst hinter der Netzhaut. Das somit zu kurze Auge wird als weitsichtig (hyperop) bezeichnet. Beide Sehschwächen lassen sich durch Linsen, die die Lichtstrahlen entweder zusätzlich brechen oder der zu starken Brechung durch Streuung entgegenwirken, korrigieren. Die Pupille, ein

Loch in veränderbarer Größe im ringförmigen Muskel, Iris genannt, regelt die Menge des ins Auge einfallenden Lichts (Adaptation). Mit dem Mechanismus von Iris und Pupille kann das Auge sich unterschiedlich hellen oder dunklen Umwelten anpassen (ebd., 464 ff.). In der Netzhaut wird das Licht auf der Basis photochemischer Vorgänge in elektrische Impulse umgewandelt, welche als Nervenimpulse über Bipolar- und Ganglienzellen an die Fasern des Sehnervs (Nervus opticus) abgegeben und von diesen an zentralnervöse Strukturen im Mittel- und Zwischenhirn und letztlich an die Sehrinde weitergeleitet werden (Zihl & Priglinger 2002, 20).

Papille oder »Blinder Fleck«

Alle Menschen haben einen blinden Fleck. Dieser ist bedingt durch das Fehlen von Sehzellen an derjenigen Stelle der Netzhaut, an welcher alle Sehnerven gebündelt ins Gehirn weitergeleitet werden. Hier, in der Papille, dem blinden Fleck, fehlen die Photorezeptoren, weshalb ab dieser Stelle ein absoluter Sehausfall stattfindet (Lang et al. 2004, 394). Weil das Gehirn die wegfallenden Reize durch erhaltene Informationen aus dem Kontext ergänzt (füllt), nimmt kein Mensch seinen blinden Fleck als solchen wahr.

Besondere Sehfunktionen – Individualität des Sehens

Besondere individuelle Sehleistungen ergeben sich aus verschiedenen funktionalen Beeinträchtigungen. Ist das Auflösungsvermögen, das scharfe Sehen beeinträchtigt, so ergeben sich Probleme im Erkennen der formalen Beschaffenheit von Objekten. Die Lesefähigkeit kann in diesem Falle aufgrund gestörter Trennschärfe im Erkennen von Buchstaben und Wörtern betroffen sein. Zudem geht mit einem vollständigen Ausfall des Sehens im Zentrum der Netzhaut (Makula) der Verlust des Farbsehens einher. Die verbleibenden Sehzellen am Rande der Netzhaut werden normalerweise erst in der Dämmerung aktiv. Sie reagieren hochsensibel auf Licht, können aber keine Farben unterscheiden. Ist dagegen das Sehen im Netzhautzentrum intakt, dafür aber das Gesichtsfeld in der Peripherie stark eingeschränkt, so sind formale und farbliche Details gut erkennbar, aber deren Einbettung in ein Ganzes, der Überblick, ist erschwert. Und weil die Zellen, welche schwarz-weißes Sehen und Sehen bei schwacher Lichtintensität ermöglichen, in der Peripherie der Netzhaut angesiedelt sind, führt ein Verlust derselben überdies zu Nachtblindheit und zu Orientierungsschwierigkeiten in nicht optimal ausgeleuchteten Räumen.

Die Beweglichkeit der Augen, deren Motilität, verweist darauf, dass Sehen immer mit angemessenen Bewegungen der Augenmuskeln verbunden ist.

Ob die Fähigkeit scharf zu sehen, Farben zu erkennen oder diejenige, auch im Dunkeln etwas wahrzunehmen, beeinträchtigt ist, ob eine extreme Blendempfindlichkeit vorliegt, ob ein Einstellen der Augen auf einen bestimmten, ausgewählten Gegenstand – das Fixieren – erschwert ist: Immer ist Sehen etwas höchst Individuelles, welches sich der unmittelbaren Beobachtung entzieht.

1.2.2 Modell zur Erfassung okularer Sehfunktionen in systemischer Ausrichtung

1983 hat Corn ein Modell zur Veranschaulichung der visuellen Funktionen entworfen, welches neben den visuellen Leistungen die Qualitäten der visuellen Außenreize sowie weitere individuelle Voraussetzungen für das Sehvermögen mitberücksichtigt.

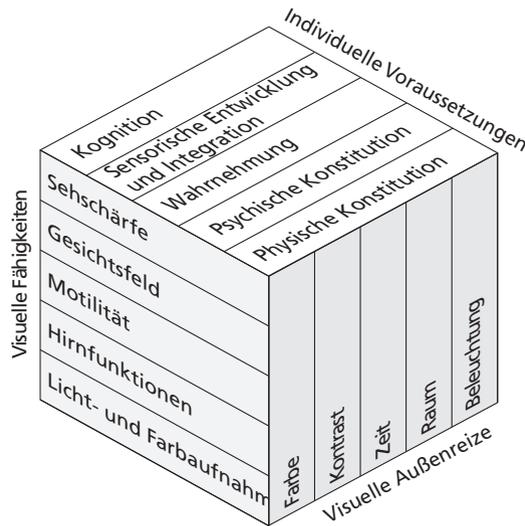


Abb. 1: Faktorenmodell des funktionalen Sehvermögens (Corn 1983)

Corns Würfelmodell ist somit ein Vorläufer der ICF, der Internationalen Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (vgl. 3 in diesem Kapitel). Hier folgt ein kurzer Überblick über die Vorderseite des Würfels, welcher die Sehschärfe, das Gesichtsfeld, die Motilität, Hirnfunktionen sowie die Licht- und Farbaufnahme enthält, von Corn als »visuelle Fähigkeiten« bezeichnet.

Sehschärfe/Visus

Das Auflösungsvermögen des Auges wird gemessen mit Optotypen, in Form von Buchstaben, Zahlen oder Landoltringen (nicht ganz geschlossenen Kreisen). Bei einer Messung ohne korrigierende optische Hilfsmittel (*sine correctione*: s. c.), wird das Ergebnis als Sehleistung bezeichnet. Im Unterschied dazu wird von Sehschärfe (*Visus*) gesprochen, wenn die Messung mit optimaler Korrektur durch optische Hilfsmittel (*cum correctione*: c. c.) erfolgt (Lang et al. 2004, 457). Der *Visus* wird mit Dezimalen angegeben, wobei ein *Visus* von 1,0 als Normwert gilt. Mit dem *Visus*wert wird verwiesen auf die Größe eines gerade noch erkennbaren Optotypen (ebd., 4).



Abb. 2: Sehtafel SZB Bailey

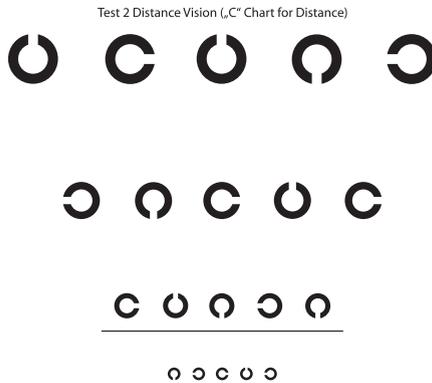


Abb. 3: Sehtafel Landoltringe

Wird ein Sehzeichen, welches, um einen Visus von 1,0 zu erhalten, auf eine bestimmte Entfernung erkannt werden sollte (Normalentfernung/Soll), erst bei einem geringeren Abstand erkannt (Testentfernung/Ist), so lässt sich aus dieser Differenz der Visus mit der folgenden Formel berechnen:

$$\text{Visus} = \frac{\text{Testentfernung}}{\text{Normalentfernung}}$$

Wenn die Normalentfernung 6 m beträgt und das Sehzeichen erst in einer Entfernung von 4 m erkannt wird (4/6), ergibt das einen Visus von 0,66.

Sehschärfe kann auch als Trennschärfe bezeichnet werden. Der Abstand eines Objekts zu einem anderen ist somit neben deren Größe von Bedeutung. Je größer die Optotypen auf einer Sehtafel sind, desto größer ist die Distanz zwischen ihren

Elementen (z. B. zwischen den Balken des E) und desto leichter sind sie erkennbar. Damit zwei Objekte als getrennt wahrnehmbar sind, muss auf der Netzhaut zwischen zwei gereizten Zellen (Fotorezeptoren: Stäbchen und Zapfen) mindestens eine weniger gereizte liegen. Weil die Sehzellen in der Mitte der Netzhaut am dichtesten sind, ist dort die Sehleistung am größten. Aufgrund der abnehmenden Dichte der Sehzellen nimmt sie gegen die Peripherie der Netzhaut zu kontinuierlich ab (ebd., 457). Der gemessene Visus ist auch abhängig von der Beleuchtung, vom Kontrast und der Anordnung von Sehzeichen.

Die Sehschärfe für die Ferne ist für Orientierung und Zurechtfinden im Raum wichtig, diejenige für die Nähe insbesondere für die Kulturtechniken Lesen und Schreiben. Hier ist zudem die Fähigkeit bedeutsam, Sehzeichen als Abfolgen ohne großen Abstand (Wörter, Rechnungen, Formeln) zu erkennen.

Gesichtsfeld

Als Gesichtsfeld wird der Teil der Außenwelt bezeichnet, welchen man bei gerade gehaltenem Kopf und unbewegten Augen (Geradeaus-Schauen) erfassen kann. Das monokulare Gesichtsfeld beträgt temporal bis 90° nasal und oben bis 60° und nach unten bis 75° . Ein grober Richtwert: Ein Gesichtsfeld von 10° in eine bestimmte Richtung entspricht der Fläche, welche man mit der Faust bei ausgestrecktem Arm (im Abstand von ca. 50 bis 60 cm) verdeckt.



Abb. 4: Gesichtsfeld des Menschen¹

Motilität

Mit gezielten und koordinierten Augenbewegungen können Sehobjekte so »ins Auge gefasst werden«, dass sie auf die zentrale Stelle der Netzhaut mit dem größten

¹ <http://www.hunde-erziehung.de/index.php/anatomie-gesundheit/die-augen>

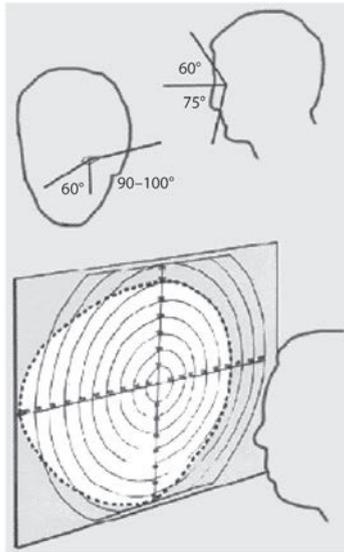


Abb. 5: Normales Gesichtsfeld²

Auflösungsvermögen fallen. Das sogenannte Springen und Fixieren der Augen ist beim raschen Überblick-Nehmen, beim differenzierten Erfassen von Formen, Objekten und komplexen Situationen und beim Lesen von maßgeblicher Bedeutung.

Hirnfunktionen

Sehen und Wahrnehmen erfolgt nicht im Auge, sondern aufgrund von komplexen Verarbeitungsvorgängen in verschiedenen Bereichen des Gehirns, also cerebral.

Licht- und Farbaufnahme

Für die Fähigkeit, Farben unterscheiden zu können sowie für das Sehen bei großer Lichtintensität (Tagessehen), sind die als Zapfen bezeichneten Rezeptoren der Netzhaut zuständig. Die andere Art von Rezeptoren, die Stäbchen, reagiert auf geringere Lichtintensität und wird somit beim Sehen in der Dämmerung oder nachts aktiv. Von angeborenen Störungen des Farbsehens sind Männer weitaus mehr betroffen als Frauen. Es gibt Farbsinnschwächen, bei denen einzelne Farbtöne nicht gut unterschieden werden können (oft grün oder rot), oder Farbblindheit, wenn einzelne Zapfensysteme fehlen. Absolute Farbenblindheit ist sehr selten; sie entsteht, wenn die Funktion der Zapfen ganz ausfällt (Lang et al. 2004, 325).

2 <http://www.lea-test.fi/de/einschat/teil1/images/fig1.gif>

Zur Licht- und Farbaufnahme gehört auch die Kontrastsensitivität. Schwache Kontraste, d. h. geringe Helligkeitsunterschiede stellen höhere Anforderungen an das Sehen als prägnante. Das Auflösungsvermögen des Auges kann bei schwachen Kontrasten beeinträchtigt sein. Lesen von Texten mit ungenügender Abhebung der Schrift vom Hintergrund, aber auch die Orientierung im Nebel, an einem trüben Wintertag oder in der Dämmerung, sind davon betroffen.

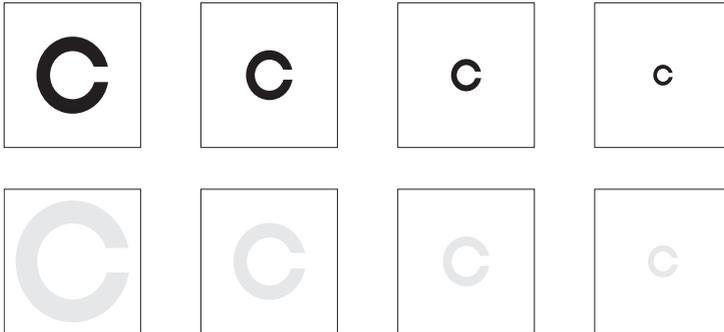


Abb. 6: Landoltringe zur Messung der Kontrastsensitivität³

1.2.3 Sehverarbeitungsprozesse im Gehirn (cerebral)

Nachdem die eingehenden Lichtsignale in der Netzhaut aufgrund fotochemischer Vorgänge in elektrische Impulse umgewandelt sind, werden sie über verschiedene Zellen zu den Fasern des Sehnervs geleitet. Im Chiasma opticum überkreuzt sich je die Hälfte der Nervenfasern, wodurch die Informationen aus den innenliegenden, nasalen Netzhautbereichen in die jeweils gegenüberliegende Hirnhälfte geführt werden. Auf verschiedenen Bahnen gelangen diese Impulse zu verschiedenen zentralnervösen Strukturen des Mittel- und Zwischenhirns und weiter zu den visuellen Rindengebieten in den hinteren Teilen der Großhirnhälften, den Okzipitallappen (Kebeck 1994; Zihl et al. 2002; Lang et al. 2004).

Aufgrund der ausgeprägten funktionellen Spezialisierung des Gehirns erfolgt die Analyse bestimmter Informationsanteile in dafür je zuständigen einzelnen Arealen der Hirnrinde (Kortex).

»Funktionelle Spezialisierung bedeutet, dass einzelne Areale in besonderer Weise für die Analyse bestimmter Informationsanteile wie Farbe, Form, Bewegung und Raum (Position, Entfernung, Richtung) ausgestattet sind. Sie spielen somit für die visuellen Teilleistungen eine kritische Rolle. Zusätzlich ist der visuelle Kortex topographisch organisiert, d. h. jedes visuelle Areal besitzt seine eigene Repräsentation des Gesichtsfeldes« (Zihl et al. 2012, 15).

³ <http://www.tbsv.org/index.php?site=kontrast>

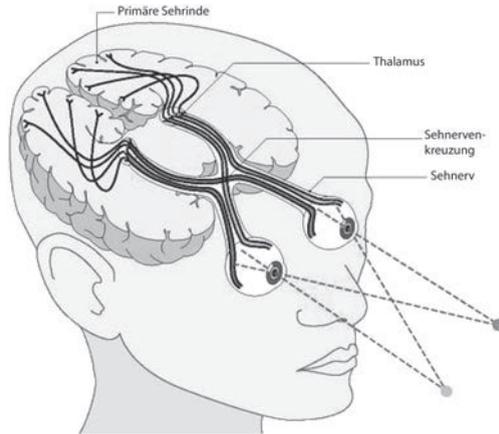


Abb. 7: Sehnervenkreuzung – Chiasma opticum⁴

Routen der Informationsverarbeitung

Von den Okzipitallappen führt der dorsale Strom in die hinteren Parietallappen (Scheitellappen). Er ermöglicht eine Gesamteinschätzung sensorischer Eindrücke und ein Herausfiltern besonders relevanter Informationen. Damit sichert er das visuelle Suchen, die visuelle Aufmerksamkeit und letztlich die visuelle Steuerung der Bewegungen von Extremitäten und Körper. Der ventrale Strom verbindet die Okzipitallappen mit den Temporallappen (Schläfenlappen), welche eine Art visueller »Bibliothek« des Gehirns enthalten. Er ermöglicht das (Wieder-)Erkennen des Gesehenen mit Hilfe des visuellen Gedächtnisses für Menschen, Tiere, Objekte, Formen, insbesondere aber auch für Gesichter und Gesichtsausdrücke (Dutton 2013).

Das Modell dieser beiden Haupttrouten im neuronalen System ist aber zu erweitern durch die phylogenetisch ältere, tektale Bahn (vgl. Laemers 2004, 230 ff.). Diese geht über den Vierhügel zu weiteren okulomotorischen Kernen und dann über das Pulvinar (ein Kerngebiet des Thalamus, das sich über den Kniehöckern befindet) direkt in die Areale des visuellen Kortex. »Das Sehen erfolgt hier ohne direkte ›Bildanalyse‹, aber mit einer hohen Effektivität des Sehens von Bewegungen – wobei dieses oftmals unbewusst ist – aber wiederum direkte Handlungen – wie beispielsweise Ausweichen von einem Gegenstand – ermöglicht« (Hyvärinen 2001). Es scheint neurologisch eine Trennung zu geben zwischen dem Sehen, welches eine schnelle visuelle Kontrolle erfordert und insbesondere auch der räumlichen Orientierung dient, und demjenigen, welches zu bewusster visueller Wahrnehmung führt (Dutton 2001).

Komplexe Verarbeitung der Sehinformationen

Neben dem Okzipitallappen kommt dem Frontallappen eine wichtige Funktion im Sehprozess zu, erfolgen hier doch Regulationsprozesse in Bezug auf die Steuerung

4 <http://www.digopaul.com/english-word/chiasma.html>

und Fokussierung der Aufmerksamkeit, der Motivation und der Impulse (Felder 2009, 141).

Laemers (2004) verweist darauf, dass an der Verarbeitung der Sehinformationen im Gehirn mindestens dreißig Zentren beteiligt sind. Die ganze Informationsverarbeitung kann parallel nebeneinander oder seriell in Abfolge oder aber hierarchisch, auf über- und untergeordneten Ebenen, erfolgen. Zudem sind die verschiedenen Verarbeitungssysteme reziprok miteinander verbunden, sodass zusätzlich Interaktionen auf und zwischen allen Ebenen stattfinden. Die Frage, wie solchermaßen verteilte Information wieder zusammengeführt wird, verweist auf das vorhandene Bindungsproblem: Es gibt kein Areal im Gehirn, wo alle visuellen Informationen zusammenkommen. Zusätzlich kompliziert wird das Ganze angesichts der Tatsache, dass unter natürlichen Sehbedingungen nicht isolierte Objekte wahrgenommen werden. Figuren sind immer eingebettet in einen Hintergrund, bestehend aus anderen Objekten, welche wiederum Neuronen in verschiedenen visuellen Arealen reizen (ebd.).

1.2.4 Sehentwicklung: Auge und Gehirn

Das menschliche Gehirn entwickelt sich vor allem in den ersten Lebensjahren, wobei insbesondere beim Sehen die nachgeburtliche Entwicklung bedeutend ist. Die Entwicklung des Sehsystems ist umweltabhängig. Ohne visuelle Erfahrungen können sich die zentralnervösen Strukturen und Funktionen nicht differenzierend ausgestalten. Die rezeptiven Felder der Nervenzellen des visuellen Kortex entwickeln sich hinsichtlich Größe und Aufnahmekapazität, aber auch hinsichtlich ihrer Spezialisierung und Fähigkeit zur Kooperation mit anderen Nervenzellen aufgrund all ihrer gemachten Wahrnehmungen, deren Vielfalt und Qualität. Eine erworbene Hornhautverkrümmung (Astigmatismus) beeinträchtigt demzufolge die Entwicklung bestimmter Konturrichtungen. Okular verursachte visuelle Deprivation führt zu einer Minderentwicklung der Funktionsfähigkeit des zugehörigen visuellen Kortex. Die Anzahl der funktionstüchtigen Nervenzellen kann abnehmen, deren rezeptive Felder können schrumpfen und dadurch erreichen die Zellen keine ausreichende Spezialisierung zur Verarbeitung von Mustermerkmalen (Zihl et al. 2012, 18).

Sehbeeinträchtigungen im peripheren Bereich können somit dazu führen, dass die zugehörigen zentralen Strukturen morphologisch und funktionell nicht ausreichend differenziert werden können.

Vernetzte Entwicklung

Insbesondere räumliches Sehen beruht nicht nur auf der Entwicklung der visuellen Wahrnehmung. Ebenso bedeutsam sind dafür die zunehmenden motorischen Kompetenzen und eine verbesserte Handlungssteuerung des Kindes. In der Entwicklungsphase, in welcher Sehnerv, Augenmuskulatur und somit die Blickkontrolle sowie die visuelle Aufmerksamkeitssteuerung hinreichend entwickelt sind und motorische Fortschritte neue visuelle Reize erschließen, steigt die Synapsendichte im visuellen Kortex stark an.