

1 Normales Sehen – was gehört dazu?

Was erwartet Sie?

Sie betrachten die vielfältigen visuellen Funktionen, die zum normalen Sehvorgang gehören. Sie befassen sich mit dem komplexen Zusammenspiel der verschiedenen Aspekte der Wahrnehmung, der Augenbeweglichkeit und mit den Aufmerksamkeits- und Gedächtnisleistungen. Was wir als normale Wahrnehmung als selbstverständlich betrachten, ist komplexer als man meint.

Die visuelle Wahrnehmung – es gibt viel zu tun!

Unser Alltag ist in hohem Maße visuell geprägt. Informationen aus unserer Umwelt nehmen wir zu rund 80 % über das Sehen wahr – was wir in gesundem Zustand als selbstverständlich betrachten. Dabei handelt es sich um vielfältige Vorgänge, die unser Netzwerk Gehirn rasant schnell erledigt. Banal erscheinenden Alltagshandlungen liegen visuelle Prozesse zugrunde, die hochkomplex und sehr vernetzt sind. Weite Teile des Gehirns sind daher mit der visuellen Verarbeitung und der Koordination des Augenpaares befasst.

Einen Raum betreten und sich orientieren. Abschätzen, wo die Möbel stehen und wie weit sie voneinander entfernt sind. Farben und Formen wahrnehmen. Gegenstände finden, Personen erkennen, Geschwindigkeit abschätzen und zielsicher nach einem Objekt greifen – dies sind nur wenige Beispiele für die visuellen Leistungen, die im Netzwerk Gehirn geplant, gesteuert und verarbeitet werden.

1.1 Eine banale Alltagshandlung – visuell ist aber viel passiert!

Wir betreten einen Supermarkt und greifen nach einem Einkaufskorb. Ein Blick auf unseren Einkaufszettel zeigt uns, welche Artikel wir suchen. Von links kommt eine ältere Dame auf uns zu. Das ist ja Frau Nef, unsere frühere Nachbarin! Wir laufen nach rechts zum Gemüsestand und überlegen, ob wir große oder kleine Tomaten möchten. In diesem Moment fällt auf der linken Seite ein Apfel aus dem Gestell. Wir



Abb. 1.1: Alltagsszene im Supermarkt (Kathrin Althaus)

schauen blitzartig hin und versuchen, ihn aufzufangen.

Visuell hat unser Gehirn in dieser kleinen Alltagsszene viel geleistet. (► Abb. 1.1)

Gesichtsfeld und Orientierung

Wir erfassen mehrere Gegenstände und Gebäudestrukturen zugleich, wenn wir einen Supermarkt betreten. Das Gesichtsfeld ist der Weitwinkel unserer Wahrnehmung, der dies ermöglicht. Da wir mehrere Gegenstände, Menschen oder Umweltinformationen gleichzeitig sehen, können wir sinnvolle Augenbewegungen machen, um von einem Ziel zum nächsten zu schauen.

Würde es nicht funktionieren:

Mit einer massiven Gesichtsfeldeinschränkung, zum Beispiel einem Röhrengesichtsfeld, würden wir nur einen kleinen Ausschnitt wahrnehmen. Wir könnten beispielsweise die Türklinke sehen, nicht aber die ganze Türe und schon gar nicht die Umgebung. Die Orientierung in unbekannter Umgebung wäre praktisch unmöglich.

Tiefensehen und Hand-Augen-Koordination

Den Einkaufskorb haben wir entdeckt. Nun muss das Gehirn berechnen, wie weit der Griff entfernt ist und einen entsprechenden Impuls an die Hand schicken, damit wir gezielt zugreifen können.

Würde es nicht funktionieren:

Wir würden danebengreifen!

Sehschärfe und Lesefähigkeit

Für das Erkennen des Einkaufszettels brauchen wir eine alltagstaugliche Sehschärfe, d. h. wir müssen in der Lage sein, kleine Striche und Punkte voneinander zu unterscheiden. Voraussetzung dafür ist häufig die passende Brille. Zudem muss unser Gehirn die erkannten Buchstaben zu einem Wort zusammenfügen, dieses als Sprachinformation verarbeiten und mit der entsprechenden Bedeutung verknüpfen.

Würde es nicht funktionieren:

Reicht unsere Sehschärfe nicht aus, so würden wir die einzelnen Striche der Buchstaben nicht voneinander unterscheiden können. Die Buchstaben wären nicht erkennbar.

Wäre unser Wortformzentrum im Gehirn ausgefallen, würden wir die Buchstabenkombination nicht als Wort erkennen und könnten keine Bedeutung ableiten.

Gesichtserkennung

Frau Nef kommt auf uns zu, was wir zunächst als diffuse Bewegung im linken Gesichtsfeld bemerkt haben. Wir schauen zu ihr hin und unser Gehirn zieht aus verschiedenen Komponenten des Gesichts Informationen und verknüpft diese mit dem Gedächtnis. Dies funktioniert auch, wenn Frau Nef unterdessen eine Brille trägt und sich die Haare färbt.

Würde es nicht funktionieren:

Wir würden bemerken, dass eine Person kommt und allenfalls äußere Merkmale wie die Größe der Person oder die Kleidung wahrnehmen. Die Gesichtserkennung und Zuordnung zu einer bestimmten Person wären nicht möglich.

Raumwahrnehmung und Visuelle Exploration

Beim Betreten des Supermarktes haben wir den Raum mit orientierenden Augenbewegungen erforscht. Den Gemüsestand rechts haben wir zunächst diffus im peripheren Gesichtsfeld gesehen und dann genauer hingeschaut. Die intakte visuell-räumliche Analyse lässt uns die Position und Entfernung abschätzen und wir dosieren unsere Körperdrehung entsprechend und laufen los.

Würde es nicht funktionieren:

Wir hätten uns keinen Überblick verschafft, möglicherweise eine Raumhälfte ausgelassen und könnten nicht genau abschätzen, wo sich der Gemüsestand befindet. Die Körperdrehung wäre nicht präzise und wir müssten korrigieren. Die Bewegung im Raum wäre sehr unsicher.

Visuelles Erkennen und Größenvergleich

Möchte ich große oder kleine Tomaten? Dies erfordert, dass ich die »roten Dinger« als Tomaten identifiziere. Unser Gehirn analysiert Objektinformationen wie Form, Farbe und Struktur und kommt zum Ergebnis »Tomate«. Auch die Unterscheidung »groß – klein« ist eine Erkennensleistung des Gehirns.

Würde es nicht funktionieren:

Wir könnten keine Bedeutung zuordnen. Die Bedeutung der »roten Kugeln« könnte nicht erschlossen und ihre Größe nicht abgeschätzt werden. Es bliebe unklar, sind es jetzt Tomaten, Äpfel oder Kirschen.

Peripheres Gesichtsfeld und reflexartiges Hinschauen

Links fällt ein Apfel aus dem Gestell. Zunächst nehmen wir eine Bewegung im peripheren Gesichtsfeld wahr, dies verursacht reflexartig eine Blickbewegung dorthin. Wir sehen den Apfel fallen und ein ebenfalls reflexartiger Befehl geht an unsere Hand, um den Apfel zu fangen. Dieser Ablauf ist rasend schnell und ohne bewusste Handlungsplanung.

Würde es nicht funktionieren:

Wenn wir einen Gesichtsfeldausfall nach links hätten, würde uns aus dem linken Gesichtsfeld keine Information erreichen. Der Apfel würde ungesehen fallen. Die Blickbewegung dorthin und der reflexartige Impuls des Auffangens würden ausfallen.

1.2 Welche visuelle Fähigkeit brauchen wir wozu?

Fähigkeiten des Einzelauges:

Sehschärfe

Unter Sehschärfe oder Visus verstehen wir das Auflösungsvermögen des Auges, also die Fähigkeit, zwei Punkte noch eben als getrennt wahrzunehmen. Eine ausreichende Sehschärfe ist wichtig, um Schrift, Zahlen oder Strichzeichnungen erkennen zu können. Bei guter Sehschärfe ist der Abstand zwischen den Punkten sehr klein. Je schlechter die Sehschärfe ist, umso größer muss eine Schrift sein, damit sie noch erkannt werden kann. (► Abb. 1.2)

9 3 6 8 5

6 5 9 8 3

3 8 5 6 9

8 5 9 3 6

9 5 6 3 8

Abb. 1.2: Visustafel (Kathrin Althaus)

Selbstversuch

Reduzieren Sie Ihre Sehschärfe, indem Sie durch eine Klarsichtfolie (z. B. Frischhaltefolie für Lebensmittel) schauen, beobachten Sie, wie sich dabei die Erkennbarkeit von Zeitungsdruck verändert. Falten Sie die Folie mehrfach und beachten Sie, wie sich die Sehschärfe zunehmend verschlechtert.



Die Sehschärfe ist die Fähigkeit, zwei Punkte noch eben als getrennt wahrzunehmen.



Kontrastsehen

Die Fähigkeit des visuellen Systems, Helligkeitsunterschiede von benachbarten Flächen wahrzunehmen, wird als Kontrastempfindlichkeit bezeichnet. Sie ermöglicht es, auch bei geringen Helligkeitsunterschieden, Kanten, Schatten und Gegenstände von der Umgebung zu unterscheiden. Das Kontrastsehen ist zudem bei der Erkennung von Gesichtern wichtig, da hier keine kontrastreichen Konturen wahrzunehmen sind, sondern unterschiedlich helle Hautflächen das Gesicht bilden. (► Abb. 1.3)

Selbstversuch

Schreiben Sie eine Zahl auf dem PC, schwarze Schrift auf weißem Hintergrund. Kopieren Sie diese Zahl und ändern die Schriftfarbe in hellgrau, sodass Sie eine schwarze und eine hellgraue Zahl in gleicher Größe sehen. Entfernen Sie sich



9 3 6 8 5

6 5 9 8 3

3 8 5 6 9

8 5 9 3 6

9 5 6 3 8

Abb. 1.3: Sehzeichen in schwachem Kontrast (Kathrin Althaus)

vom Bildschirm bis Sie die schwarze Zahl gerade noch so erkennen können. Beobachten Sie, wie gut die graue Zahl noch erkennbar ist.



Kontrastsehen ist die Fähigkeit, Helligkeitsunterschiede von benachbarten Flächen wahrzunehmen.

Farberkennung

Die Farberkennung entsteht durch die Fähigkeit des visuellen Systems, Helligkeiten unterschiedlicher Wellenlängen als Farben wahrzunehmen (Psyhyrembel Online 2021). In der Natur und in unserem Alltag haben Farben eine Signalwirkung. Gegenstände können wir zwar auch ohne Farbinformation erkennen, dennoch verbinden wir aufgrund unserer Erfahrung bestimmte Farben mit bestimmten Gegenständen.



Selbstversuch

Schauen Sie durch farbiges Glas, beispielsweise durch eine grüne oder braune Flasche. Beobachten Sie, wie dieser Farbfilter die Farbwahrnehmung in Ihrer Umgebung verändert.



Farberkennung ist die Fähigkeit, verschiedene Farben unterscheiden zu können.

Gesichtsfeld

Die Gesamtheit der Wahrnehmung bei unbewegtem Auge, wird als Gesichtsfeld bezeichnet. Das Gesichtsfeld ist die Grundlage für unsere Orientierung. Zudem ist es die Basis für orientierende Augenbewegungen. Wenn im peripheren Gesichtsfeld etwas Interessantes auftaucht, schauen wir hin.

Selbstversuch



Fixieren Sie einen Punkt an der Wand und bewegen Sie ihr Auge nicht. Beobachten Sie, was Sie außerhalb des Fixierpunktes noch wahrnehmen.

Oder schränken Sie Ihr Gesichtsfeld ein. Decken Sie ein Auge mit der einen Hand zu und bilden mit der anderen Hand eine Faust, die ein Loch lässt. Schauen Sie durch dieses Loch und beobachten Sie, wie sehr dieses Röhrengesichtsfeld Ihre Wahrnehmung reduziert.

Das Gesichtsfeld ist die Gesamtheit der Wahrnehmung des unbewegten Auges.



Visuelle Exploration

Das visuelle Erforschen eines Raumes, eines Bildschirms oder einer Textseite wird als visuelle Exploration bezeichnet. Das Gesichtsfeld bietet dafür die Grundlage. Die Exploration geschieht über Augenbewegungen und wird durch die visuelle Aufmerksamkeit gesteuert.

Selbstversuch



Bewegen Sie sich (vorsichtig!) in Ihrer Umgebung, indem Sie einen Punkt fixieren und darauf achten, dass Sie Ihre Augen nicht bewegen. Sie werden bemerken, dass im peripheren Gesichtsfeld gelegene Dinge unscharf abgebildet sind und die Bewegung sehr unsicher ausfällt.

Exploration ist das Überblicken oder visuelle Erforschen der Umgebung mit bewegten Augen.



Akkommodation

Ein scharfes Bild in unterschiedlichen Distanzen erfordert eine Veränderung der Brennweite des Auges als optisches System. Dieser »Autofokus« wird durch die Augenlinse erreicht, die sich wölben kann, um die Brechkraft zu erhöhen und ein scharfes Bild in der Nähe herzustellen. Das Akkommodationsvermögen nimmt im Laufe des Lebens ab. Ca. ab Mitte 40 ist der kritische Punkt erreicht, an dem in der Lesedistanz von 40 cm das Bild nicht mehr scharf gestellt werden kann.



Selbstversuch

Falls Sie bereits alterssichtig sind und eine Lesebrille brauchen, verfügen Sie über eine hinlängliche Selbsterfahrung. Sie wissen, dass Sie ohne Brille im Nahbereich unscharf sehen.

Jüngere Menschen nehmen einen Text und betrachten ihn in einer Distanz, in der sie ihn scharf sehen. Dann nähern Sie den Text soweit an, bis er verschwimmt. An diesem Punkt reicht die Akkomodationsfähigkeit Ihrer Augenlinse nicht mehr aus und Sie sehen verschwommen. Je jünger Sie sind, umso näher wird dieser Punkt sein.



Akkommodation ist das Scharfstellen des Netzhautbildes in verschiedenen Distanzen durch die Augenlinse.

Hell-Dunkeladaptation der Netzhaut

Die Helligkeit variiert im Laufe eines Tages zwischen grellem Sonnenlicht am Mittag und der diffusen Beleuchtung während der Dämmerung. Diese Unterschiede sind enorm. Die Netzhaut passt sich diesen Helligkeitsunterschieden an, damit bei unterschiedlicher Beleuchtung die Kontrastwahrnehmung erhalten bleibt und wir uns nicht allzu sehr geblendet fühlen.



Selbstversuch

Betrachten Sie eine helle Fläche, z. B. den grauen Himmel oder eine weiße Wand. Decken Sie mit der hohlen Hand ein Auge für ca. fünf Minuten ab. In dieser Zeit setzt eine teilweise Dunkeladaptation der Netzhaut ein. Die Netzhaut des abgedeckten Auges stellt sich auf die Dunkelheit ein.

Betrachten Sie anschließend mit beiden Augen erneut die helle Fläche und vergleichen Sie den Helligkeitsunterschied des dunkeladaptierten Auges mit dem helladaptierten Auge.

1.3 Augenbewegungen im Alltag

Wir brauchen verschiedene Augenbewegungen, um die visuellen Anforderungen des Alltags bewältigen zu können. Wir schauen von einem Sehobjekt zum nächsten, wenn wir uns im Raum orientieren, vom Fernseher auf den Sofatisch schauen oder beim Lesen von Silbe zu Silbe »hüpfen«. Das Beobachten bewegter Objekte, das rasche Reagieren auf bewegte Objekte, aber auch das konstante Sehen bei eigener

Körperbewegung erfordern verschiedene Arten der Augenbewegung.
Wir unterscheiden:

Langsame Blickfolge

Bis zu einer Geschwindigkeit von 40° pro Sekunde können wir einem bewegten Objekt mit unseren Augen folgen. Ziel der langsamen Blickfolgebewegung ist, das Sehobjekt stabil in der Netzhautmitte zu halten (Bynke, 2000). Wir brauchen diese Augenbewegungsart beispielsweise, wenn wir einem Fußgänger oder einem langsam fahrenden Auto hinterherschauen.

Selbstversuch

Nehmen Sie einen Kugelschreiber und betrachten Sie die Spitze. Bewegen Sie den Stift langsam hin und her. Sie werden die Spitze weiterhin scharf sehen, solange Sie die Bewegung nicht zu schnell ausführen.



Langsame Folgebewegungen ermöglichen ein scharfes Netzhautbild beim Beobachten sich langsam bewegender Objekte.



Rasche Blickzielbewegungen

Das schnelle Hin- und Herschauen zwischen zwei Sehobjekten und auch das reflektorische Hinschauen, wenn im peripheren Gesichtsfeld etwas Interessantes auftaucht: all das sind Blickzielbewegungen, auch Blicksakkaden genannt. Sie können eine Geschwindigkeit bis zu 700° pro Sekunde erreichen (Bynke, 2000).

Blicksakkaden dienen dazu, die Blicklinie sehr schnell von einem Fixationspunkt zum nächsten zu bewegen. Sie werden beispielsweise eingesetzt, einen Raum abzuscannen und für die Orientierung zu sorgen. Aber auch die kleinen ruckartigen Augenbewegungen beim Lesen von einer Buchstabengruppe zur nächsten sind Blicksakkaden.

Selbstversuch

Suchen Sie sich in Ihrer Umgebung zwei markante Punkte und schauen Sie zwischen beiden hin und her. Die Zielpunkte Ihrer Blicksakkaden werden Sie scharf sehen, alles dazwischen ist verwischt, wackelt aber nicht. Außerdem werden Sie feststellen, dass Sie die Blicksakkade unterwegs nicht stoppen können.



Blicksakkaden sind schnelle Augenbewegungen, die es ermöglichen, die Fixation rasch zu wechseln.



Vestibulo-okulärer Reflex (VOR)

Unter dem vestibulo-okulären Reflex versteht man eine Ausgleichsreaktion der Augen.

Wenn wir unseren Kopf oder auch den ganzen Körper bewegen, geht ein Impuls an die Augenmuskulatur, um die Augen in einer ruhigen Position zu halten. Das Netzhautbild bei Eigenbewegung wird auf diese Weise stabilisiert. Wir sehen beim Laufen scharf, auch wenn Kopf und Körper in Bewegung sind.



Selbstversuch

Fixieren Sie die Buchstaben eines kurzen Textes und bewegen Sie den Kopf langsam von rechts nach links oder von oben nach unten. Sie werden weiterhin scharf sehen, da der vestibulo-okuläre Reflex Ihre Augen stabilisiert (Beim Tragen einer Gleitsichtbrille entstehen hier Unschärfen, aber dies liegt am optischen Aufbau des Gleitsichtglases.).

Halten Sie anschließend den Kopf ruhig und bewegen die Textvorlage. Sie werden bemerken, dass Sie nicht mehr scharf sehen.



Der vestibulo-okuläre Reflex stabilisiert die Augen bei Körperbewegungen, um das Wegrutschen des fixierten Gegenstandes von der Stelle des schärfsten Sehens zu vermeiden.

Blickhaltefunktion

Das stabile Beibehalten einer Blickposition ist erforderlich, damit wir etwas anschauen können, ohne dass die Augen wegdriften. Auch beim Blick in eine periphere Richtung, können wir etwas beliebig lange betrachten, ohne dass die Augen in den Geradeausblick zurückrutschen.



Selbstversuch

Suchen Sie einen Gegenstand im rechten oder linken Gesichtsfeld. Schauen Sie diesen Gegenstand an, ohne den Kopf zu bewegen. Bleiben Sie eine beliebige Zeit in dieser Blickposition. Die Blickhaltefunktion wird Ihre Augen stabil halten. Sie könnten minutenlang diese seitliche Blickposition aufrechterhalten. (Im Alltag würden Sie dies nicht sehr komfortabel finden und deshalb den Kopf drehen.)



Die Blickhaltefunktion ist nötig, damit die Augen beim Fixieren eines Objektes nicht wegdriften.