

Protokoll zum 4.Kurstag am 30.05.2005

Versuch 4: „Perimetrie“

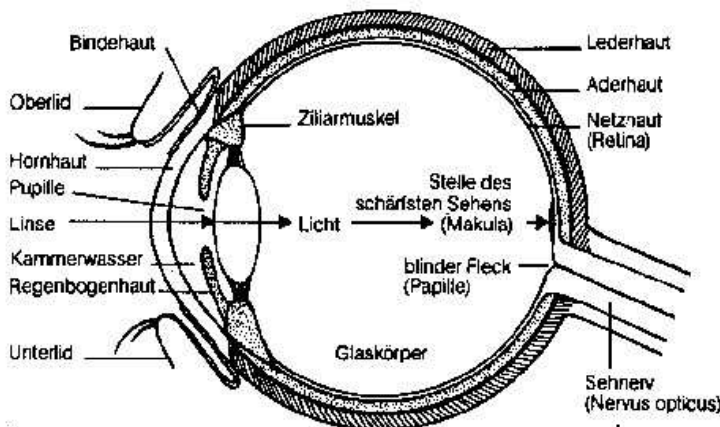
Protokollant: Max Mustermann

Matrikelnummer: X

Studiengang: X

Einleitung

Aufbau des Wirbeltierauges



Das Auge des Menschen ist das Organ mit dem Linsenapparat und mit zu der Netzhaut (Retina) zusammengefassten Sehzellen. Der kugelförmige Augapfel wird von der weißen, derben Lederhaut (Sclera), die vorne als durchsichtige Hornhaut (Cornea) ausgebildet ist, eingeschlossen. Innen liegt der Lederhaut die gefäßreiche Aderhaut (Chorioidea) auf, die an der Hornhautgrenze die ringförmige Regenbogenhaut (Iris) bildet. Durch die Regenbogenhaut hindurch gibt das Sehloch (Pupille) die Sicht frei.

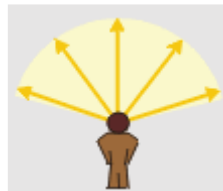
Der Aderhaut liegt innen die Netzhaut (Retina) auf, die aus den Sehzellen besteht und die den Lichtreiz in neuronale Erregung umwandelt, verarbeitet und über den Sehnerv zum Gehirn leitet. Das Innere des Auges ist mit dem durchsichtigen Glaskörper ausgefüllt, der dem Augapfel Spannung und Festigkeit verleiht und Aderhaut und Netzhaut an die Unterlage andrückt. Hinter der Regenbogenhaut und der Pupille ist die Linse ausgespannt, die durch besondere glatte Muskeln (Ziliarmuskel) gewölbt oder abgeflacht werden kann (Akkommodation). Durch andere Muskeln kann die Pupille erweitert oder verengt werden.

Gesichtsfeld

Das monokulare Gesichtsfeld beschreibt den Teil unserer Umwelt, den wir mit einem Auge ohne Bewegung der Augen, des Kopfes oder des Körpers optisch erfassen können. Es erstreckt sich in der horizontalen Ebene von 100° (temporal) bis -60° (na sal). Vertikal können wir mit einem Auge 60° nach oben und 75° nach unten sehen. Im Auge entspricht dem Gesichtsfeld, der mit Lichtsinneszellen besetzte Teil der Netzhaut. Die Grenzen des Gesichtsfeldes sind somit durch die Netzhaut festgelegt, werden allerdings je nach Augenstellung auch durch die Nase und die Augenbrauen begrenzt.

Beim binokularen (beidäugigen) Sehen stellt die Nase keine Grenze des Gesichtsfeldes dar. Das Binokularsehen ist wesentlich für Richtungswahrnehmung und Tiefenschärfe. Erst der beidäugige Stereoblick ermöglicht gutes räumliches Sehen. Im Normalfall ist ein Augenpaar genau aufeinander abgestimmt; die Seheindrücke beider Augen verschmelzen zu einer gemeinsamen Wahrnehmung.

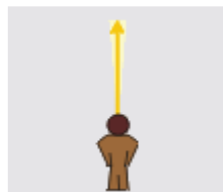
Diese Fusion der beiden Seheindrücke erfolgt weitgehend unbewusst und wird durch motorische (Muskelbewegungen) und sensorische (Schaltvorgänge im Nervensystem) Aktivitäten gesteuert. Die Ausdehnung des Gesichtsfeldes ist maximal für Hell-Dunkel Reize, während das Gesichtsfeld für Farbsehen aufgrund der mehr zentralen Anordnung der Zapfen, geringer ist. Der Ort des blinden Flecks auf der Netzhaut kann ebenfalls bestimmt werden. Er liegt auf dem horizontalen Median etwa 15° in der nasalen Netzhauthälfte und hat eine Ausdehnung von etwa 5°. Aufgrund der umgekehrten Abbildung durch die Linse findet sich der blinde Fleck im temporalen Gesichtsfeld. Beim binokularen Sehen wird der blinde Fleck jedoch nicht wahrgenommen.



Blickfeld:
Bereich, der sich bei unbewegtem Kopf durch Augenbewegungen deutlich überblicken lässt.



Gesichtsfeld:
Bereich, den man wahrnehmen kann, während man etwas mit dem Blick fixiert.



Zentrale Tagessehschärfe:
Zone des deutlichsten bzw. schärfsten Sehens.



Peripheres Sehen:
Visuelle Wahrnehmung außerhalb der zentralen Zone des schärfsten Sehens.

Wirklich scharf sehen wir am Tage nur jeweils dort, wo wir genau hinblicken (die Fläche des Daumens bei ausgestrecktem Arm). Je weiter von diesem Punkt entfernt, desto unschärfer wird das Bild. Da die Augen sich häufig bewegen und die Umgebung "abtasten", nehmen wir trotzdem ein angenehm scharfes Bild wahr.

Räumliches Auflösungsvermögen

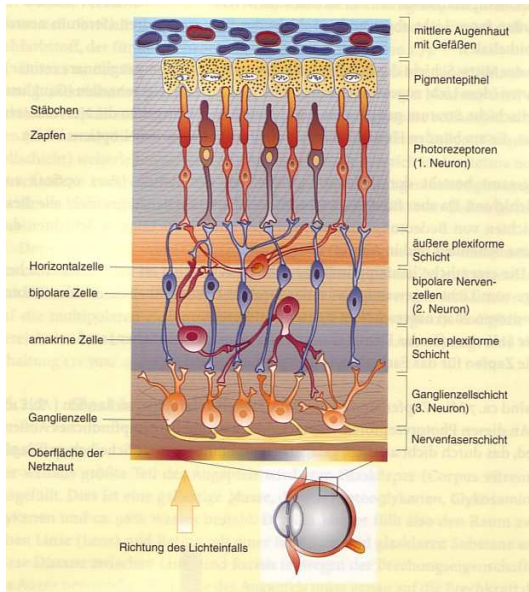
Das Auflösungsvermögen eines visuellen Systems bezeichnet dessen Fähigkeit, dicht benachbarte Punkte oder Linien getrennt wahrzunehmen. Das Auflösungsvermögen des Auges wird von einer Vielzahl von Faktoren mitbestimmt:

- Form und Orientierung der Objekteinheiten
- Leuchtdichte und Farbe von Objekt und Umfeld
- Dauer der Wahrnehmungszeit
- Aufmerksamkeit des Betrachters
- Bekanntheit des Objekts (Gewöhnung)
- optische Qualität des Netzhautbildes
- Adaptationszustand des Auges
- Bildort auf der Netzhaut
- Größe der rezeptiven Felder in dem gereizten Netzhautbereich

In der Augenoptik wird die Sehschärfe (Visus) mit speziellen Sehzeichen bestimmt. Gemessen wird die kleinstmögliche erkennbare Zeichengröße unter normalen Tageslichtbedingungen, jeweils einzeln links und rechts sowie beidäugig, wobei die binokulare Sehschärfe meist höher ist als die Monokulare.

Das Resultat gibt Auskunft über die zentrale Tagessehschärfe. Der Wert „Visus 1“ entspricht einem Durchschnittswert für gutes Sehen. Definiert ist dieser Wert wie folgt: Wenn zwei Punkte, die sich im Abstand von einer Winkelminute (= 1/60 Grad) befinden, als getrennt wahrgenommen werden können, hat die Person Visus=1.

Aufbau der Wirbeltierretina



Um an die lichtempfindlichen Rezeptoren, Stäbchen und Zapfen (Dämmerungs- und Tagsehen) zu gelangen, muss das Licht mehrere fast transparente Zellschichten durchdringen. Die Photorezeptoren stehen über Bipolarzellen mit Ganglienzellen in Verbindung. Über die Axone der Ganglienzellen wird die sensorische Erregung (in Form von AP) in das Gehirn übertragen. Nicht jedem Photorezeptor ist eine Bipolarzelle bzw. Ganglienzelle zugeordnet, sondern mehrere Stäbchen oder Zapfen konvergieren auf eine Bipolarzelle, und schließlich mehrere Bipolarzellen auf eine Ganglienzelle. Horizontal- und Amakrinzellen übertragen Signale in laterale Richtungen, es finden also bereits innerhalb der Retina erste Verarbeitungsschritte statt. Alle Stäbchen oder Zapfen, deren Signale auf eine retinale Ganglienzelle konvergieren, bilden das rezeptive Feld dieser Zelle.

Je größer das rezeptive Feld (je mehr Rezeptoren pro Ganglienzelle), desto unschärfer wird das Bild, da die

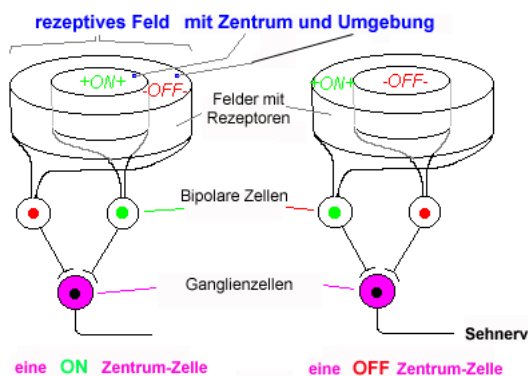
Stelle, an der das Licht auf die Retina traf, nach der Weiterleitung der Signale nicht mehr klar zu definieren ist. In der Fovea centralis (gelber Fleck, Makula) befinden sich nur Zapfen, deren nachgeschaltete Ganglienzellen sehr kleine rezeptive Felder haben (bis zu 1:1 Verschaltung von Rezeptoren und Ganglienzellen). Dies ist die Stelle des schärfsten Sehens. Zum Rand der Retina hin werden die rezeptiven Felder immer größer (bis zu 130:1 Verschaltung von Rezeptorzellen mit Ganglienzellen). Die Anzahl der Zapfen außerhalb der Fovea nimmt stark ab und die Dichte der Stäbchen sehr stark zu.

Der blinde Fleck (Papille) befindet sich an der Stelle der Retina, an dem der Sehnerv aus dem Auge austritt. Da dort keine Photorezeptoren vorhanden sind, können von diesem Bereich der Retina auch keine Signale an das Gehirn weitergeleitet werden. Wir nehmen den blinden Fleck trotzdem nicht wahr, da dieser Bereich nicht neuronal verschaltet ist und

Zitat aus Campenhausen „Sinne des Menschen“: „Man dort wo man nichts sieht, auch nicht sehen kann, dass man nichts sieht“ ☺

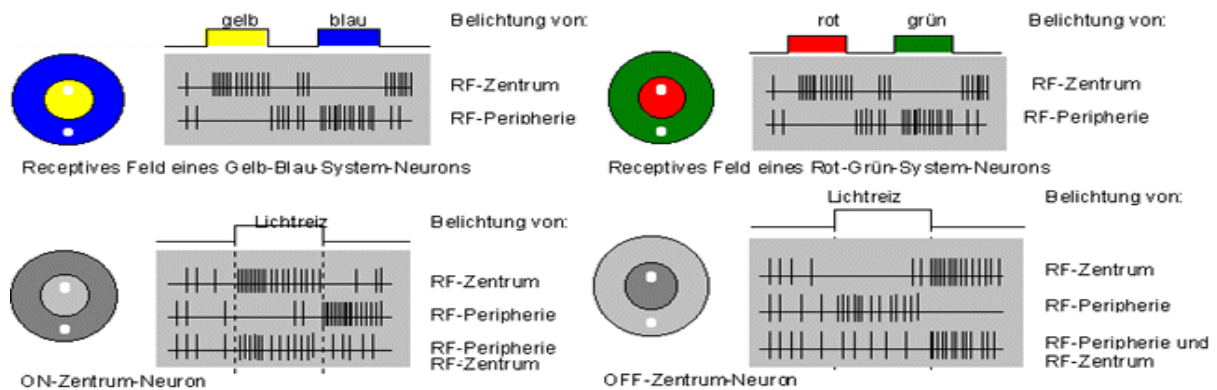
Rezeptive Felder

Durch die laterale Verschaltung der Netzhautzellen hat jede Ganglienzelle ein relativ großes Netzhautstück aus dem ihr Erregungen zugeleitet werden können. Das Gebiet, das alle auf eine individuelle Ganglienzelle wirkenden Netzhautzellen umfasst, nennt man rezeptives Feld. Die rezeptiven Felder sind in der Fovea centralis am kleinsten und vergrößern sich kontinuierlich in Richtung Peripherie. Rezeptive Felder sind auf der Retina immer als Zentrum und Peripherie angeordnet. Dabei unterscheidet man 2 Typen von rezeptiven Feldern: Felder mit **ON**-Zentrum und **OFF**-Peripherie und Felder mit **OFF**-Zentrum mit **ON**-Peripherie.



Bei beiden Feldtypen wird die Information durch Bipolarzellen an eine Ganglienzelle weitergeleitet. Es gibt 2 Typen von bipolaren Zellen: Die eine Sorte reagiert auf eine Anregung durch die Photorezeptoren ebenfalls mit einer Erregung (Hyperpolarisierung). Die Andere reagiert genau umgekehrt, sie wird durch eine ankommende Erregung sozusagen abgeschaltet (depolarisiert). Leiten die mit Hyperpolarisation auf Erregung reagierenden Bipolarzellen Erregungen aus dem Zentrum des rezeptiven Feldes auf eine Ganglienzelle so nennt man diese Ganglienzelle **ON**-Zentrums.

Leiten die mit Depolarisation auf Erregung reagierenden Bipolarzellen Erregungen aus dem Zentrum des rezeptiven Feldes auf eine Ganglienzelle so nennt man diese Ganglienzelle **OFF**-Zentrums-Ganglienzelle. Das Zentrum eines rezeptiven Feldes verhält sich also antagonistisch zu seiner Umgebung. Die Größe von Zentrum und Peripherie ist variabel. Die Verarbeitung farbiger Lichtreize in retinalen Ganglienzellen entspricht den bei den Stäbchen. Statt des Hell-Dunkel-Antagonismus spricht man hier von **Gelb-Blau**- und **Rot-Grün**-Antagonismus. Wird ein "roter" Zapfen gereizt, wirkt das auf die grüne Peripherie hemmend und umgekehrt. Für die Gelb-Blau-System-Neurone gilt entsprechendes.



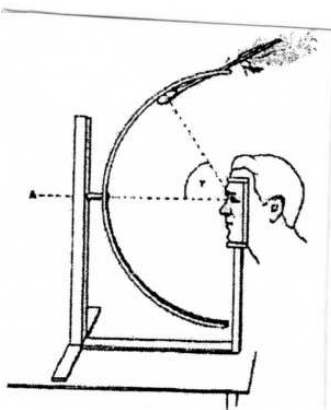
Eine Verstärkung dieses Effektes wird durch die Horizontal- und Amakrinzellen verursacht. Sie hemmen bei Erregung durch einen Photorezeptor direkt die benachbarten Rezeptoren zu einem gewissen Grad. Man nennt dies **laterale Inhibition**.

Wir sehen dadurch besonders gut Grenzen und Konturen. Wir bewerten Farben und Helligkeit durch Vergleich nicht durch eine absolute Skala.

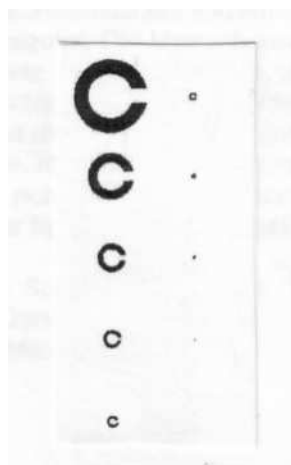
Dieses System der lateralen Inhibition in der Retina ist der erste Schritt in Richtung Kontrastierung, also Verstärkung von Hell/Dunkelgrenzen.

Material

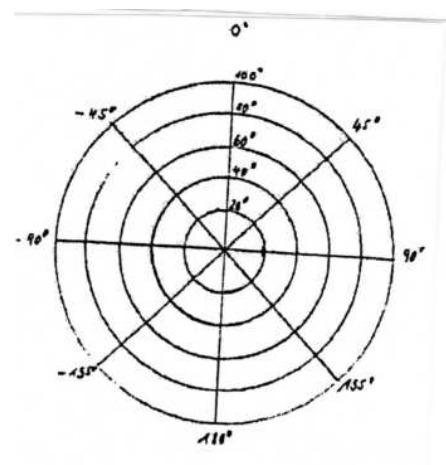
- Versuchsperson (VP), Versuchsleiter (VL), Protokollführer
- Perimeter
- Sichtmarken (eine weiße, eine mit Klettverschluss)
- Landolt C's mit Klettverschluss auf der Rückseite
- Polarkoordinatensystem



Versuchsaufbau 1-3



Landolt c



Polarkoordinaten

Method

Ein Perimeter ist ein Instrument zur Vermessung des Gesichtsfeldes. Eine Versuchsperson setzt sich vor den Perimeterbogen und positioniert den Kopf, wie in Abb.1 abgebildet. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die VP ihr eigenes Auge in dem kleinen Spiegel am Perimeterbogen sieht. Während der ganzen Versuchsreihe soll die Versuchsperson ihr Auge im Spiegel fixieren. Somit befindet sich das Auge im Mittelpunkt des Perimeterbogens und die Sehachse liegt zwischen der Fovea centralis und dem kleinen Spiegel. Das jeweils andere Auge wird mit der flachen Hand abgedeckt.

An der Außenseite des Perimeterbogens befinden sich Gradeinteilungen, die jeweils den Winkel γ zur Sehachse (Exzentrizität) angeben. Außerdem ist der Perimeterbogen drehbar, so dass man das gesamte Gesichtsfeld ausmessen kann. Die Grenzen des Gesichtsfeldes werden in Winkelgrad angegeben und für Versuch 1 und 2 in ein Polar-Koordinatensystem eingetragen. Die Buchstaben N und A stehen darin für die natürlichen Grenzen des Sehfeldes, Nase und Augenbrauen.

Folgende Versuche werden durchgeführt. Versuch 1 bis 3 mit Hilfe eines Perimeters. Für Versuch 4 ist kein Perimeter erforderlich.

Versuch1: Bestimmung der Grenzen des Sehfeldes des rechten und des linken Auges

Der Versuchsleiter führt eine Sichtmarke (eine an einem dünnen Stab befestigte kleine weiße Platte) langsam von außen kommend am Perimeterbogen entlang, bis die VP ihm zu erkennen gibt, dass sie die Sichtmarke wahrnehmen kann. Daraufhin bewegt der VL mehrmals die Sichtmarke aus dem Gesichtsfeld der VP aus und wieder ein. Die VP sagt jedes Mal, wenn sie die Marke wahrnimmt, dass dies der Fall ist. So kann der VL mit ziemlicher Genauigkeit die Exzentrizität ermitteln, bei der die Sichtmarke gerade noch wahrgenommen wird und diese notieren. Die Messungen werden bei verschiedenen Ausrichtungen des Perimeters (0° , 45° , 90° , 135° , 180° , -135° , -90° und -45° zur Waagrechten) und jeweils für beide Augen durchgeführt.

Versuch2: Bestimmung der Grenzen des Sehfeldes für die Wahrnehmung von Bewegung

Die Vorgehensweise bei Versuch2 ist die Gleiche wie bei Versuch1, nur dass man bei diesmal die Sichtmarke vibrieren lässt während man sie langsam in das Gesichtsfeld der VP einführt. Die Messungen werden wieder für dieselben Ausrichtungen des Perimeters, aber nur für ein Auge durchgeführt.

Bei Versuch 1 und 2 waren: Versuchsperson:
 Versuchsleiter:
 Protokollführer:

Versuch3: Perimetrie des Auflösungsvermögens

Beim folgenden Versuch soll nachgewiesen werden, dass das räumliche Auflösungsvermögen zum Rande des Gesichtsfeldes hin kleiner wird. Zur Bestimmung verwenden wir das Landolt-C, welches bei Sehschärfetests z.B. beim Augenoptiker verwendet wird. An der Sichtmarke wird jeweils ein Landolt C befestigt und der Versuchsperson bei unterschiedlicher Exzentrizität (90° , 60° , 30° , 10° , 0° , -10° , -30° , -60° , -90°) und Ausrichtungen des C's gezeigt. Die Versuchsperson hat die Aufgabe die Öffnung des Landolt-C (wird angegeben in Uhrzeiten: 12, 3, 6 bzw 9 Uhr) bei diesen Exzentrizitäten und unterschiedlichen Größen des C's (10 Größen die jeweils um den Faktor 1,6 zunehmen) zu erkennen. Man beginnt mit dem größten C und führt diesen Versuch für die horizontale und die vertikale Stellung des Perimeterbogens durch. Notiert werden (+) für Öffnung richtig erkannt, (o) für Landolt-C wahrgenommen aber Öffnung nicht richtig oder gar nicht erkannt, (-) für Landolt C nicht wahrgenommen. Dieser Versuch wird nur für ein Auge durchgeführt.

Bei Versuch3 waren: Versuchsperson:
 Versuchsleiter:
 Protokollführer:

Versuch4: Bestimmung von Position, Form und Größe des blinden Flecks im Auge

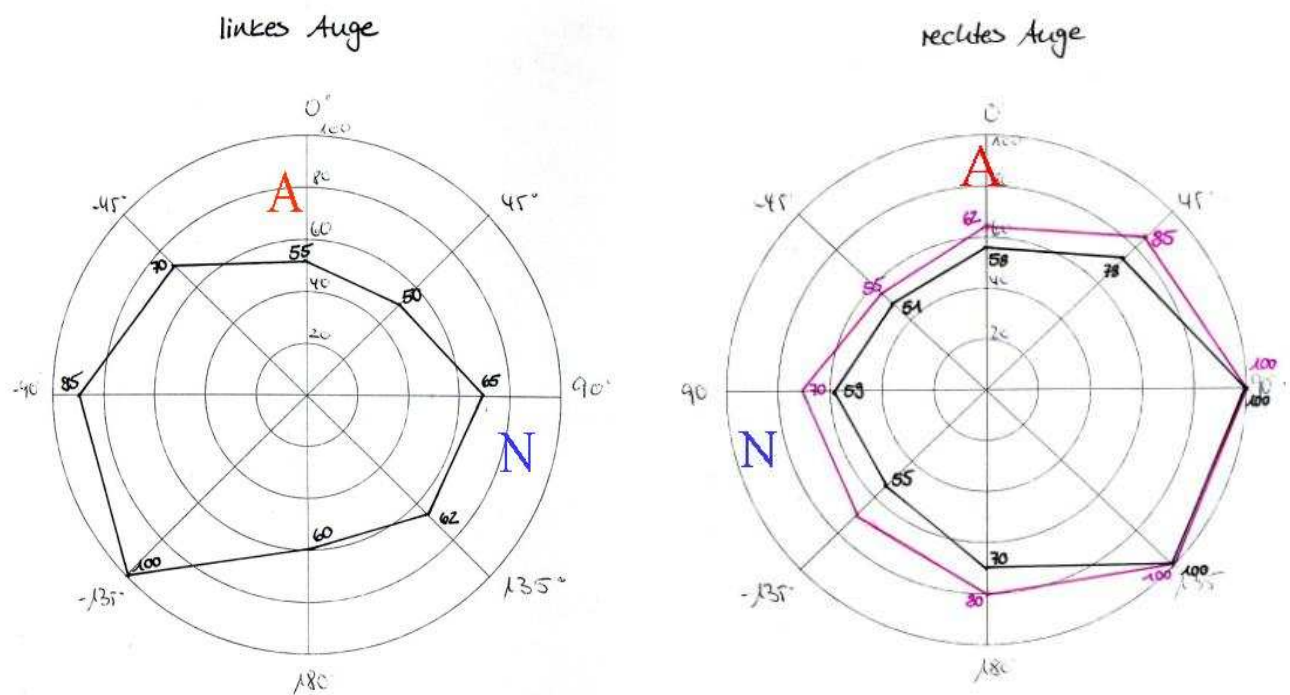
Der folgende Versuch soll Aufschluss über die Eigenschaften (Position, Form und Größe) des blinden Flecks geben. Für diesen Versuch zeichnet man zwei Kreuze auf ein weißes Blatt Papier auf und misst deren Abstand. Man beugt sich nun senkrecht über die Kreuze und fixiert mit dem rechten Auge (das andere wird mit der flachen Hand abgedeckt) das linke Kreuz, oder umgekehrt. Man bewegt sich nun so lange auf und ab, bis sich das rechte Kreuz auf dem blinden Fleck befindetet, man es also nicht mehr wahrnehmen kann. Der Abstand zwischen dem offenen Auge und dem fixierten Kreuz wird gemessen und muss nun bis zum Ende der Messung beibehalten werden. Die VP führt nun einen Stift in den wahrgenommenen blinden Fleck ein, so dass sie die Spitze des Stifts nicht mehr sieht. Jetzt bewegt sie langsam den Stift wieder hinaus aus dem blinden Fleck in den sichtbaren Bereich und markiert, sobald die Spitze des Stifts wieder auftaucht diesen Ort auf dem Papier. Sie wiederholt dieses Prinzip von verschiedenen Richtungen. Auf dem Papier entsteht eine Zeichnung, die als Umriss des blinden Flecks dienen soll. Anhand der Zeichnung und der gemessenen Strecken, werden mit Hilfe des Strahlensatzes und unter Vereinfachung des Auges als reduziertes Auge die gesuchten Größen bestimmt.

Bei Versuch4 war XXXXXXXX Versuchsperson.



Versuchsaufbau von Versuch4

Ergebnisse Versuch 1 und 2



- Grenzen des Sehfeldes des rechten und linken Auges bei unbewegter Sichtmarke: in **schwarz**
- Grenzen des Sehfeldes des rechten Auges bei bewegter Sichtmarke: in **magentadunkel**
- Natürliche Grenzen des Gesichtsfeldes: **Nase = N**, **Augenbrauen = A**

Auswertung Versuch 1 und 2

Wie angenommen fällt bei der Messung auf, dass das Sehfeld zur temporalen Seite einen größeren Bereich umfasst als zur nasalen Seite. Die Nase und die Augenbrauen begrenzen den Lichteinfall in die Pupille und damit auch das Gesichtsfeld. In der Horizontalen reicht das Sehfeld bei unseren Messungen auf der nasalen Seite deshalb nur bis -60° ; auf der, der Nase abgewandten Seite dafür fast bis 100° .

Den in ein Polarkoordinatensystem eingetragenen Ergebnissen kann man entnehmen, dass sich das Sehfeld bei zusätzlicher Bewegung der Sichtmarke ein wenig vergrößert. Die Markierungen im Koordinatensystem liegen immer etwas weiter außen (oder auf gleicher Höhe) wie bei der Messung ohne Bewegung.

-Eine einfache Erklärung für dieses Phänomen wäre, dass in der Peripherie der Retina ein Typ von Lichtrezeptorzellen vorhanden ist, der nur auf sich bewegende Reize reagiert. Wissenschaftler haben derartige Typen von Rezeptorzellen noch nicht gefunden, daher muss man hier von dieser Erklärung absehen.

-Eine andere mögliche Erklärung ist, dass die nachgeschalteten Neurone dieser am Rande der Retina liegenden Lichtrezeptorzellen ein Hochpassfilterverhalten aufweisen, also nur Erregungen ab einer bestimmten Frequenz an das ZNS weiterleiten und solche mit einer tieferen Frequenz nicht.

-Plausibler lässt sich die Tatsache der Vergrößerung des Sehfeldes bei bewegten Reizen mit Hilfe des Wissens über rezeptive Felder erklären. Die rezeptiven Felder werden zur Peripherie der Retina hin immer größer, das Auflösungsvermögen also immer kleiner. Trifft nun ein kleiner Reiz auf eines dieser großen rezeptiven Felder am Rande der Retina, wird nur ein kleiner Prozentsatz der dort sowieso nur spärlich vorhandenen Lichtrezeptorzellen gereizt. Bei der Verrechnung der von diesen, wenigen Rezeptorzellen stammenden Erregungen in den Ganglienzellen reichen diese Signale nicht aus um die Ganglienzelle dazu zu bringen das Signal an das ZNS weiterzuleiten. Die Ganglienzelle integriert die eingehenden Signale, der ihr vorgeschalteten Rezeptoren und sieht die Signale dieser wenigen Rezeptoren die durch den Reiz erregt wurden als nicht wichtig, zu ungenau oder falsch an → Es wird kein Signal an das ZNS gesendet.

Bewegt sich aber das Objekt, das von den Rezeptorzellen in der Peripherie wahrgenommen wird, so werden mehr Rezeptoren angesprochen, vielleicht sogar mehrere rezeptive Felder. „Den Ganglienzellen, die diese Signale zeitlich und räumlich integrieren, erscheint der Reiz als glaubhaft oder wichtig“ → Es wird ein Signal an das ZNS geleitet. Es wird also etwas wahrgenommen, was aber genau, weiß das ZNS nicht, da das Bild in sehr niedriger Auflösung übermittelt wird.

Wenn diese Annahmen stimmen, müsste eine *größere unbewegte* Sichtmarke in der Peripherie des Sehfeldes auch noch bei größerer Exzentrizität wahrgenommen werden, da ja dann auch mehr Rezeptoren (rezeptive Felder) angesprochen werden. Eine *größere bewegte* Marke sogar noch weiter außen.

Abgesehen von dem biologischen Mechanismus dieses Phänomens, war es anscheinend vor dem evolutiven Hintergrund am Rande des Sehfeldes nur wichtig Bewegung wahrzunehmen.

Ergebnisse Versuch 3

Der Versuch wurde mit dem rechten Auge durchgeführt. *Versuchsperson: Susanne Schumann*
In Tabelle 1 und 2 sind die während des Versuches aufgenommen Messergebnisse dargestellt.

+ = Öffnung des C richtig erkannt

o = C wahrgenommen aber Öffnung nicht richtig oder gar nicht erkannt

- = C nicht wahrgenommen

Die negativen Gradangaben stehen bei der Messung mit:

1. horizontaler Ausrichtung des Perimeters für die nasale Seite.

2. vertikaler Ausrichtung des Perimeters für oben.

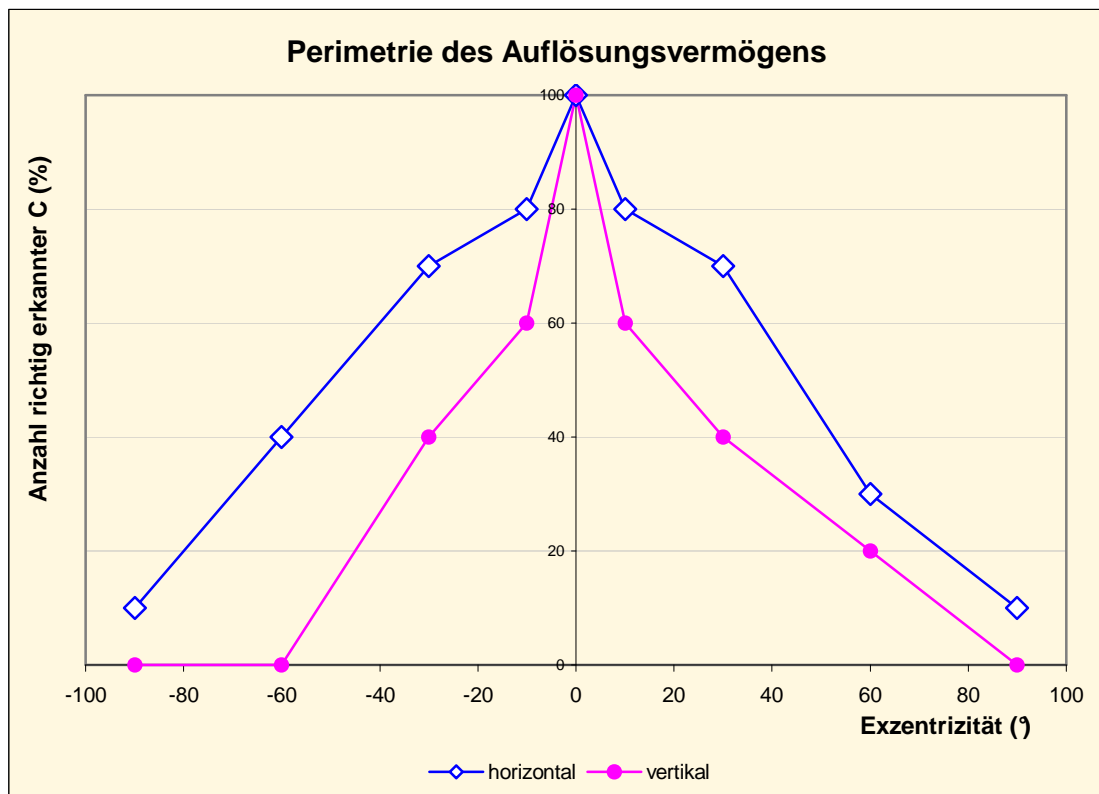
Tabelle1: Horizontale Ausrichtung des Perimeters

Größe des Landolt-C	Öffnung des Landolt-C	Exzentrizität in °								
		-90	-60	-30	-10	0	10	30	60	90
1	oben	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	rechts	+	+	+	+	+	+	+	+	0
	unten	0	+	+	+	+	+	+	+	+
	links	0	+	+	+	+	+	+	+	0
2	oben	0	+	+	+	+	+	+	+	0
	rechts	0	+	+	+	+	+	+	+	0
	unten	0	+	+	+	+	+	+	+	0
	links	0	+	+	+	+	+	+	+	0
3	oben	0	+	+	+	+	+	+	+	0
	rechts	0	+	+	+	+	+	+	+	0
	unten	0	+	+	+	+	+	+	+	0
	links	0	+	+	+	+	+	+	+	0
4	oben	0	0	+	+	+	+	+	0	0
	rechts	0	0	+	+	+	+	+	0	0
	unten	0	+	0	+	+	+	+	0	0
	links	0	+	+	+	+	+	+	0	0
5	oben	-	0	+	+	+	+	+	0	-
	rechts	-	0	+	+	+	+	+	0	-
	unten	-	0	+	+	+	+	+	0	-
	links	-	0	+	+	+	+	+	0	-
6	oben	-	0	0	+	+	+	+	0	-
	rechts	-	0	+	+	+	+	+	0	-
	unten	-	0	0	+	+	+	+	0	-
	links	-	0	+	+	+	+	+	0	-
7	oben	-	0	0	+	+	+	0	0	-
	rechts	-	0	0	+	+	+	0	0	-
	unten	-	0	0	+	+	+	0	0	-
	links	-	0	0	+	+	+	0	0	-
8	oben	-	0	0	+	+	+	0	0	-
	rechts	-	0	0	+	+	+	0	0	-
	unten	-	0	0	+	+	+	0	0	-
	links	-	0	0	+	+	+	0	0	-
9	oben	-	0	0	0	+	0	0	-	-
	rechts	-	0	0	0	+	0	0	-	-
	unten	-	0	0	0	+	0	0	-	-
	links	-	0	0	0	+	0	0	-	-
10	oben	-	0	0	0	+	0	0	-	-
	rechts	-	0	0	0	+	0	0	-	-
	unten	-	0	0	0	+	0	0	-	-
	links	-	0	0	0	+	0	0	-	-

Tabelle2: Vertikale Ausrichtung des Perimeters

Größe des Landolt-C	Öffnung des Landolt-C	Exzentrizität in °								
		-90	-60	-30	-10	0	10	30	60	90
1	oben	-	0	+	+	+	+	+	+	-
	rechts	-	0	+	+	+	+	+	0	-
	unten	-	0	+	+	+	+	+	0	-
	links	-	0	+	+	+	+	+	0	-
2	oben	-	0	+	+	+	+	+	+	-
	rechts	-	0	+	+	+	+	+	0	-
	unten	-	0	+	+	+	+	+	0	-
	links	-	0	+	+	+	+	+	0	-
3	oben	-	-	0	+	+	+	+	0	-
	rechts	-	-	+	+	+	+	+	0	-
	unten	-	-	0	+	+	+	+	0	-
	links	-	-	+	+	+	+	+	0	-
4	oben	-	-	0	+	+	+	+	0	-
	rechts	-	-	+	+	+	+	+	0	-
	unten	-	-	+	+	+	+	+	0	-
	links	-	-	+	+	+	+	+	0	-
5	oben	-	-	0	+	+	+	0	-	-
	rechts	-	-	0	+	+	+	0	-	-
	unten	-	-	0	+	+	+	0	-	-
	links	-	-	0	+	+	+	0	-	-
6	oben	-	-	0	+	+	+	0	-	-
	rechts	-	-	0	+	+	+	0	-	-
	unten	-	-	0	+	+	+	0	-	-
	links	-	-	0	+	+	+	0	-	-
7	oben	-	-	0	0	+	0	0	-	-
	rechts	-	-	0	0	+	0	0	-	-
	unten	-	-	0	0	+	0	0	-	-
	links	-	-	0	0	+	0	0	-	-
8	oben	-	-	0	0	+	0	0	-	-
	rechts	-	-	0	0	+	0	0	-	-
	unten	-	-	0	0	+	0	0	-	-
	links	-	-	0	0	+	0	0	-	-
9	oben	-	-	0	0	+	0	0	-	-
	rechts	-	-	0	0	+	0	0	-	-
	unten	-	-	0	0	+	0	0	-	-
	links	-	-	0	0	+	0	0	-	-
10	oben	-	-	-	-	+	0	-	-	-
	rechts	-	-	-	-	+	0	-	-	-
	unten	-	-	-	-	+	0	-	-	-
	links	-	-	-	-	+	0	-	-	-

Exzentrizität (°)	Anzahl der richtig erkannten C's bei horizontaler Ausrichtung des Perimeters (%)	Anzahl der richtig erkannten C bei horizontaler Ausrichtung des Perimeters (%)
-90	10	0
-60	40	0
-30	70	40
-10	80	60
0	100	100
10	80	60
30	70	40
60	30	20
90	10	0



Auswertung Versuch 3

Der Tabelle und dem Diagramm kann man die Anzahl der richtig erkannten C's entnehmen. Die Öffnungen der C's werden auf der Fovea centralis (also bei 0° Exzentrizität), die Stelle des schärfsten Sehens immer korrekt erkannt. Je weiter man auf der Retina nach außen wandert und sich von der Fovea entfernt, desto geringer wird das räumliche Auflösungsvermögen. Der Grund hierfür ist, dass die rezeptiven Felder zur Peripherie immer größer werden. Verstärkend wirkt noch, dass in den Randzonen der Retina nur Stäbchen vorhanden sind, welche bei Tag nicht gut funktionieren bzw. fast immer ausgebleicht sind.

Man sieht auch sofort, dass die VP bei vertikaler Ausrichtung des Perimeters keine C's bei einer Exzentrizität von über -60° (oben) erkennen kann, da hier das Gesichtsfeld durch die Augenbrauen begrenzt wird.

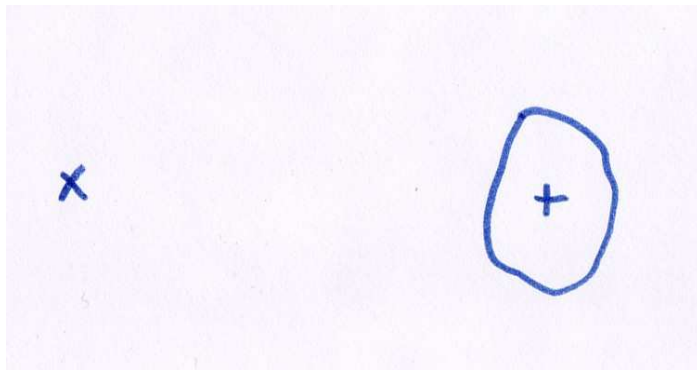
Dass die VP bei horizontaler Ausrichtung des Perimeterbogens noch bei einer Exzentrizität von -95° (nasale Seite), 10% der C's richtig erkannt haben kann nicht sein. Der Grund dafür ist wieder eine Begrenzung des Gesichtsfelds, diesmal durch die Nase. Der Wert kam wahrscheinlich dadurch zustande, dass die VP reflexartig die Augen bewegte und hinsah ohne sich dessen bewusst zu sein. Dies ist sehr verständlich, denn es ist sehr anstrengend für die Augen das zu unterlassen, da dieses Blickverhalten gegen jegliche Angewohnheit geht.

Eine Auffälligkeit bei den Messergebnissen war, dass bei vertikaler Ausrichtung des Perimeterbogens und einer Exzentrizität von 60° (unten) zweimal hintereinander nur das C mit der Öffnung bei 12 Uhr richtig erkannt wurde die Anderen nicht.

Eine mögliche und sehr simple Erklärung hierfür ist, dass die Öffnung des C bei 12 Uhr eine geringfügig kleinere Exzentrizität aufweist als die anderen Öffnungen. Das heißt, die Öffnung befand sich gar nicht bei der angegebenen Exzentrizität sondern bis zu 5° näher an der Fovea (die Exzentrizitäten wurden an der Stelle abgelesen an der, der Stab sich befand und nicht dort wo sich die Öffnung des C befand).

Eine andere Hypothese ist, dass z.B. der dunkle senkrechte Perimeterbogen für die Öffnung bei 12 Uhr einen günstigeren Hintergrund zum Erkennen der Öffnung bietet (größerer Kontrast), als das bei dem unruhigen Hintergrund des Versuchsraumes bei einer Positionierung der Öffnung bei 3 und 9 Uhr der Fall ist. Durch den ohnehin schon besseren Kontrast und die Kontrastverstärkung mittels lateraler Hemmung durch das Auge ist das weitergeleitete Signal deutlich genug, so dass das ZNS die Öffnung richtig erkennt.

Ergebnisse Versuch 4



Skizze blinder Fleck

-Abstand: Fixierpunkt zur Mitte des blinden Flecks = 8,5cm

-Abstand: Auge – Fixierpunkt = 30cm

-Horizontaler Ø des blinden Flecks = 0,22 cm

-Vertikaler Ø des blinden Flecks = 0,37cm

Auswertung Versuch 4

Berechnung der Position, Größe und Form des blinden Flecks im Auge

Um die Exzentrizität des blinden Flecks zu bestimmen, nimmt man die Formel:

$$\text{Exzentrizität} = \tan^{-1} \gamma \cdot \frac{\text{Abstand: Fixierpunkt zur Mitte des blinden Flecks}}{\text{Abstand: Auge – Fixierpunkt}}$$

zur Hilfe. Die mit dieser Formel ermittelte Exzentrizität des blinden Flecks im Auge beträgt 15,82°.

Mit Hilfe des Strahlensatzes am reduzierten Auge (vereinfachtes Augenmodell mit nur einer Brechungsebene), lässt sich nun näherungsweise die Höhe und die Breite des blinden Flecks im Auge bestimmen. In der Abbildung (nächste Seite) sieht man wie groß der Abstand von der Cornea bis zum blinden Fleck am reduzierten Auge ist. Er beträgt 24mm im Auge. Der Abstand Vom Brennpunkt im Auge bis zur Cornea sind 6mm. Um anhand unseres gezeichneten blinden Flecks zu bestimmen, wie groß dieser in Wirklichkeit im Auge ist, spiegelt man den Bereich hinter der Brechungsebene (18mm) am auf dem Schema auf die andere Seite des Brennpunkts. Dies ist erlaubt da der Winkel γ dabei der Gleiche bleibt. Mit dem Strahlensatz kann man nun die Größe des blinden Flecks ermitteln.

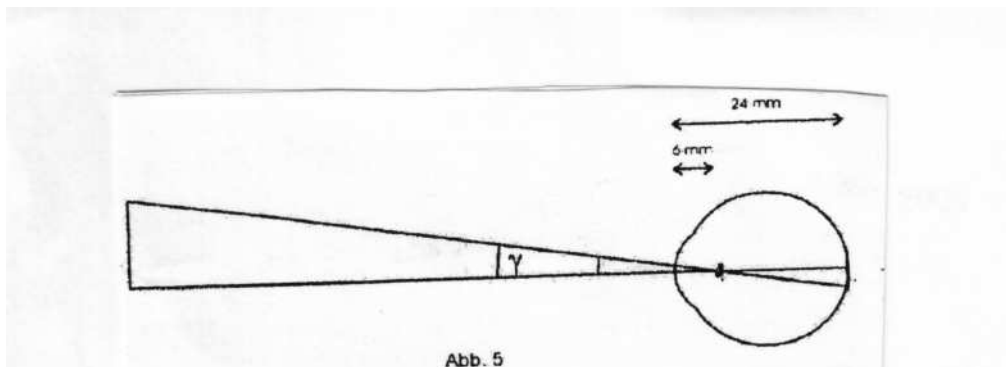
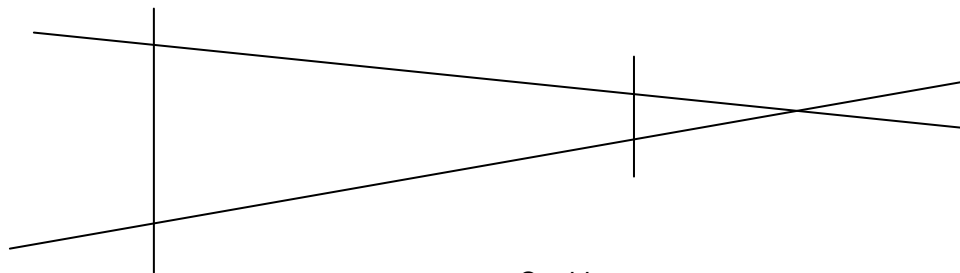


Abb. 5

Reduziertes Auge



Strahlensatz

Z = Brennpunkt im reduzierten Auge

B1 – B2 = Horizontaler bzw. vertikaler Durchmesser des blinden Flecks *auf dem Papier*
= 2,2 bzw. 3,7cm

Z – B1 = Abstand Auge – Fixierpunkt = 30cm + 6mm

Z – A1 = Abstand Brennpunkt - blinder Fleck im Auge = 1,8cm

$$\frac{Z - A1}{A1 - A2} = \frac{Z - B1}{B1 - B2}$$

Gesucht ist A1 - A2 = Horizontaler bzw. vertikaler Durchmesser des blinden Flecks *im Auge*

$$\frac{(B1 - B2) \cdot (Z - A1)}{(Z - B1)} = A1 - A2$$

Unter den gegebenen Lichtverhältnissen ist der:

-**Horizontale Durchmesser** des blinden Flecks auf der Retina = $\frac{2,2\text{cm} \cdot 1,8\text{cm}}{30\text{cm} + 0,6\text{cm}} = 0,13\text{cm} = 1,3\text{mm}$

-**Vertikale Durchmesser** des blinden Flecks auf der Retina = $\frac{3,7\text{cm} \cdot 1,8\text{cm}}{30\text{cm} + 0,6\text{cm}} = 0,22\text{cm} = 2,2\text{mm}$