

**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000**  
**Teil Visuelles System**

## **Visuelles System - Gliederung**

### **1. Adäquater Reiz**

elektromagnetischen Strahlung, 350-700 nm  
Licht ist hell/dunkel, farbig durch die Verarbeitungsmechanismen  
großer Intensitätsbereich

### **2. Auge als optisches System**

- **Der abbildende Apparat fokussiert die Lichtstrahlen auf der Retina**
  - verschiedene optische Medien
  - einfaches optisches System, zusammengesetztes optisches System
  - Kardinalpunkte
  - reduziertes Auge
- **Die Brechkraft des Auges wird in Dioptrie angegeben**
  - Brechkraft Cornea und Linse
- **Eine verstärkte Linsenkrümmung erhöht die Brechkraft beim Nah-Sehen.**
  - Akkommodation
  - Nahpunkt, Fernpunkt
  - Akkommodationsbreite
  - Nahreaktion
- **Abbildungsfehler, Abweichungen der Bulbusgröße und altersbedingte Linsenänderungen beeinträchtigen die scharfe Abbildung.**
  - sphärische Aberration, chromatische Aberration, Astigmatismus
  - Sphärische Refraktionsfehler: Bulbuswachstum.
  - Kurzsichtigkeit - Myopie:
  - Weitsichtigkeit - Hyperopie:
  - Altersweitsichtigkeit - Presbyopie.
- **Die Pupille steuert die auf die Retina fallende Lichtmenge.**
  - Pupillendurchmesser
  - Pupillenreflex.
- **Der Augeninnendruck stabilisiert die Bulbusform und die Distanz der Teile des dioptrischen Apparates.**

**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000  
Teil Visuelles System**

### **3. Bildverarbeitung in der Retina**

longitudinale Sinneskanäle, vertikale Sinneskanäle

#### **Die Photorezeptoren sind der Träger des Sehfärbstoffs.**

Pigment der Stäbchen: Rhodopsin

Pigment der Zapfen: K-, M- und L-Pigmente

Eiweißanteil, Opsin, und licht absorbierender Gruppe, Retinal

#### **Isomeration 11-cis- zu 11-trans-Retinal ist die primär lichtabhängige Reaktion**

Belichtung mit kurzem Blitz

Belichtung mit Dauerlicht - Situation bei Stäbchen

Belichtung mit Dauerlicht - Situation bei Zapfenzellen

#### **Die Interaktion der Photonen mit dem Sehfärbstoff ändert die Na<sup>+</sup>-Leitfähigkeit der Rezeptormembran.**

hohe Na<sup>+</sup>-Leitfähigkeit der Membran bei Dunkelheit

Erniedrigung der cGMP-Konzentration bei Beleuchtung: Hyperpolarisation

#### **Die zwei Rezeptorsysteme erfassen unterschiedliche Aspekte der visuellen Umwelt**

Dämmerungssehen / Tagesssehen:

Menge Photopigment im Rezeptor

Verstärkung durch second messenger Prozess

Sättigung des Pigments durch Licht

zeitliche Auflösung

Integrationszeit im Sinneskanal

räumliche Auflösung

Konvergenz der Wege

achromatische / chromatische Eigenschaften

### **4. Die Ganglienzellen sind die Ausgangszellen der Retina**

#### **Sie kodieren die Aktivierung der Rezeptoren als ON-OFF Antwort.**

- Transmitter Photorezeptor: Glutamat, hemmend / erregend
- OFF-Bipolare, OFF-Ganglienzelle; ON-Bipolare, ON-Ganglienzelle
- Verarbeitung von Kontrasten, Mikrosakkaden

#### **Ganglienzellen haben ein rezeptives Feld**

- Zentrum, Peripherie, antagonistischer Aufbau
- rezeptiven Felder dynamisch bei Helligkeit / Dunkelheit

**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000  
Teil Visuelles System**

- schwache Antwort bei Beleuchtung von Zentrum **und** Peripherie,
- Beleuchtungsunterschiede führen zu maximaler Antwort.
- Optimiert auf Erkennung von Unterschieden, Bewegung vor Hintergrund.

**Verschiedene Ganglienzellen erarbeiten verschiedene Aspekte des Bildes**

- **P-Zellen**: hohe räumliche Auflösung, Sehschärfe, Farbsehen
- **M-Zellen**: Formen, räumliches Sehen, Tiefenwahrnehmung,
- **W-Zellen**, wahrscheinlich Bewegung

**Die rezeptiven Felder ändern Größe und Organisation mit Beleuchtungszustand**

**5. Die Retina projiziert in drei subcorticale Gebiete**

**Das prätectale Gebiet steuert den Pupillenreflex**

**Colliculus superior kontrolliert Augenbewegungen**

- Saccaden, Bewegungen der Augen und des Kopfes auf ein Ziel hin.
- Colliculus superior, frontales Augenfeld, Tractus tectospinalis

**Corpus geniculatum laterale verarbeitet visuelle Information**

**6. Der visuelle Cortex extrahiert die Information über Segmente, Grenzen, Anordnungen, Bewegungen, Wellenlängen**

**Perimetrie: monokulare Gesichtsfelder und Gesichtsfeldausfälle.**

**Abbildung retinotopisch, Fovea centralis überproportional repräsentiert.**

**Mehrere corticale Repräsentationsgebiete.**

**Form und Farbe (P-System), Bewegung und Tiefe (M-System) werden getrennt geleitet und verarbeitet**

**Aktivierung der V1-Neurone benötigt spezifische Beleuchtungsmuster auf der Retina.**

- Orientierungsspezifität,
- Richtungsspezifität,
- Längenspezifität

**In den corticalen Arealen werden Form, Farbe, Tiefe und Bewegung eines Bildes parallel verarbeitet.**

- eigene Systeme mit eigenen Projektionen

**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000  
Teil Visuelles System**

## 7. Leistungen des visuellen Systems

***Dunkeladaptation: Anpassung an unterschiedliche Beleuchtung durch Konzentrationsänderungen der Sehfarbstoffe und Umstellung der neuronalen Organisation der Retina.***

- aktives Zapfensystem: **photopisches Sehen;**
- aktives Stäbchensystem: **skotopisches Sehen**

***Sehschärfe: Dichte der Zapfenzellen und Verkleinerung Zentren der rezeptiven Felder.***

- anatomische Faktoren: Packungsdichte der Zapfenzellen
- funktionelle Faktoren: Größe der rezeptiven Felder

***Räumliches Sehen: Querdisparation als Grundlage.***

korrespondierende Netzhautstellen, Ortswert.

Horofter.

- Querdisparation und Fusionsareale, Doppeltsehen (*Diplopie*)
- Monokulare Tiefenwahrnehmung.
- Strabismus.

**Die Farbwahrnehmung entsteht im Gehirn, das Licht erregt die drei Populationen retinaler Zapfenzellen in einem abgestimmten Verhältnis.**

- Farbton, Sättigung, Helligkeitsstufen
- Das Farbsehen verfielfältigt die Information

**Farbsehen ist an Zapfenzellen und normaltüchtige Sehfarbstoffe gebunden.**

- **Rotblindheit oder Protanopie**, L-Pigment fehlt;
- **Grünblindheit oder Deutanopie**, M-Pigment fehlt;
- **Blauviolettblindheit oder Tritanopie**, K-Pigment fehlt.

## 8. Kognitive visuelle Leistungen

**Objektlokalisierung und Objektidentifikation werden in unterschiedlichen Arealen durchgeführt.**

- **"Wo ist das Objekt?"** Funktion des parietalen Cortex, besonders der Areale 7, 39, 40.
- **"Wohin bewegt sich das Objekt?"** Funktion präfrontaler Assoziationskortex
- **"Was ist das für ein Gegenstand?"** Assoziationsfelder des unteren Temporalcortex,
- **"Wozu ist der Gegenstand gut?"** emotionale Bewertung, Funktion limbisches System

## Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000 Teil Visuelles System

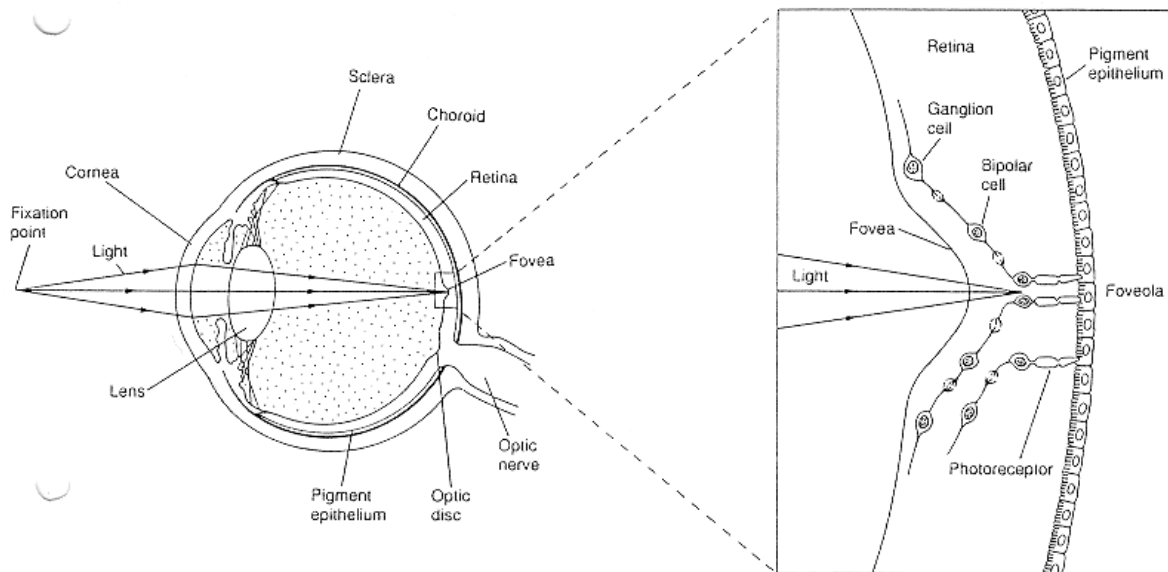
### Zu 2: Auge als optisches System

#### Der abbildende Apparat fokussiert die Lichtstrahlen auf der Retina

**FIGURE 28-1**

Photoreceptors are located in the retina. The location of the retina within the eye is shown at left. Detail of the retina at the fovea is shown on the right (the diagram has been simplified by eliminating lateral connections mediated by horizontal and amacrine cells; see Figure 28-6). In most of the retina light must pass

through layers of nerve cells and their processes before it reaches the photoreceptors. In the center of the fovea, or foveola, these proximal neural elements are shifted to the side so that light has a direct pathway to the photoreceptors. As a result, the visual image received at the foveola is the least distorted.



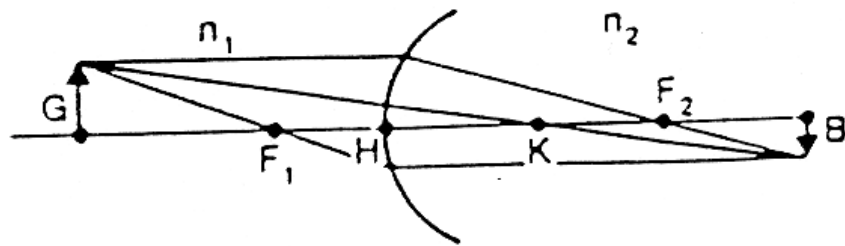
**aus:** Kandel, Schwartz & Jessels: Principles of Neural Sciences, Abb. 28-1;

Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000  
 Teil Visuelles System

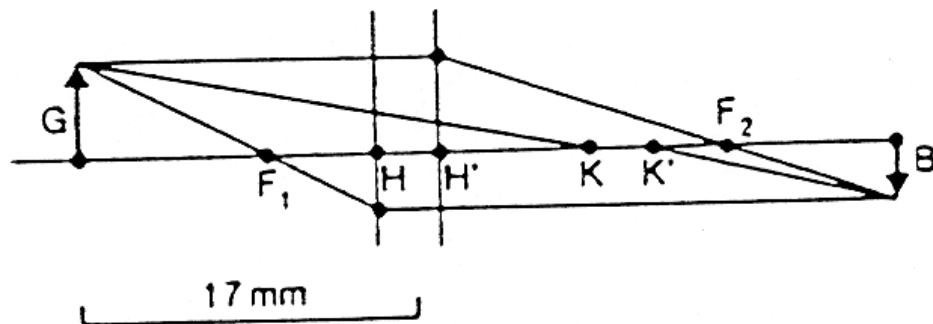
**Zu 2: Auge als optisches System**

Einfaches (A) und zusammengesetztes optisches System mit Kardinalpunkten (B). Lage der Kardinalpunkte im Auge.

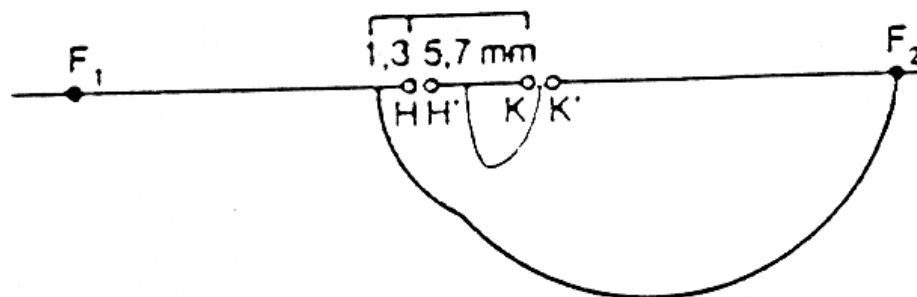
Licht und Auge



A



B

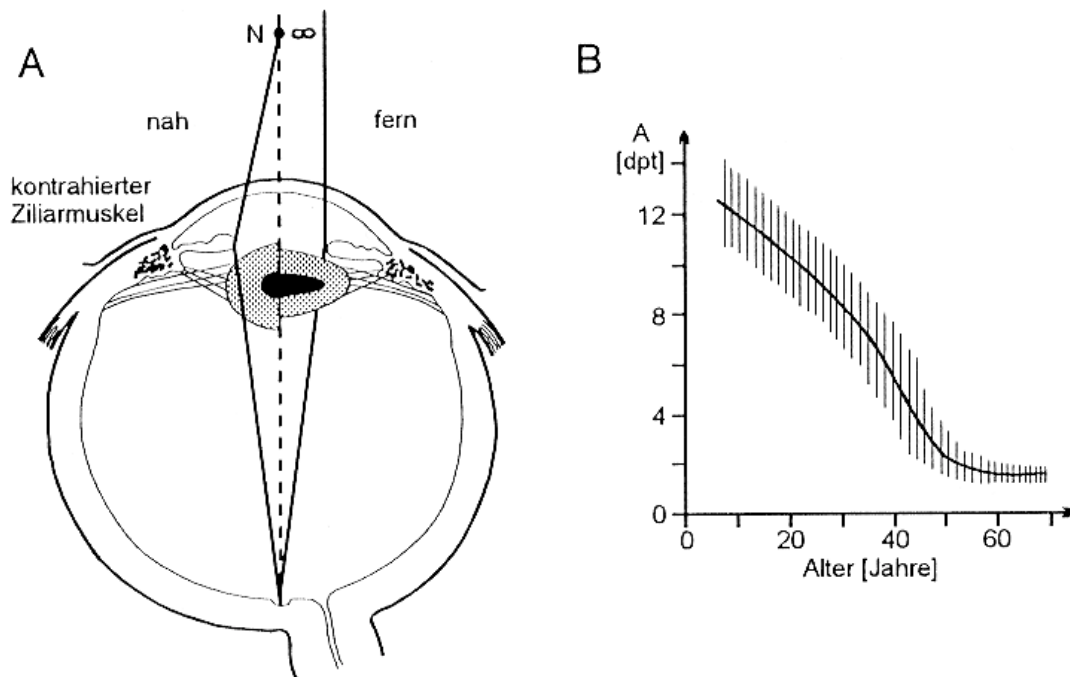


**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000**  
**Teil Visuelles System**

## **Zu 2: Auge als optisches System**

**Eine verstärkte Linsenkrümmung erhöht die Brechkraft beim Nah-Sehen.**

A: Linse im akkommodierten (li.) und entakkommodierten (re.) Zustand. B: Abnahme der Akkommodationsbreite mit dem Lebensalter.



**Aus:** Human Physiology, ed. E. Kevelaitis, M. Illert, H. Hultborn, Kaunas, 1999, Abb. 4-2

## Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000 Teil Visuelles System

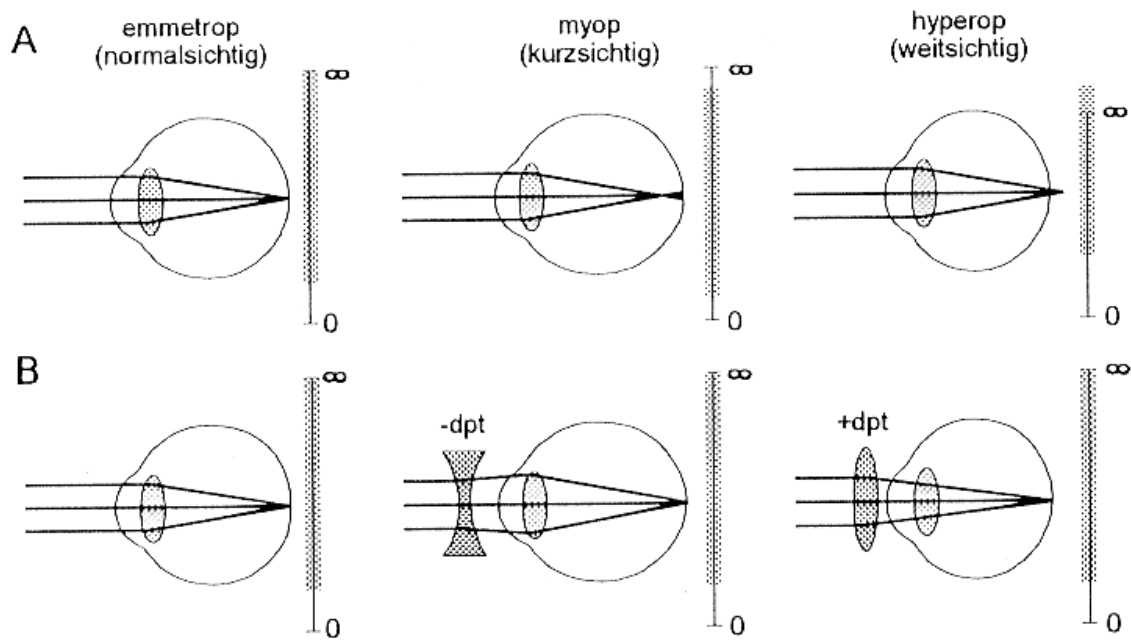
### Zu 2: Auge als optisches System

**Abbildungsfehler, Abweichungen der Bulbusgröße und altersbedingte Linsenänderungen beeinträchtigen die scharfe Abbildung.**

A: Strahlengänge in einem normalsichtigen, myopen (kurzsichtigen) und hyperopen (weitsichtigen) Auge ohne Korrekturen.

B: Korrektur der Strahlengänge durch entsprechende Linsen.

Auf den senkrechten Balken rechts neben den Bulbi ist für jede Situation die Akkommodationsstrecke schematisch angegeben sowie die Lage der Nah- und Fernpunkte.

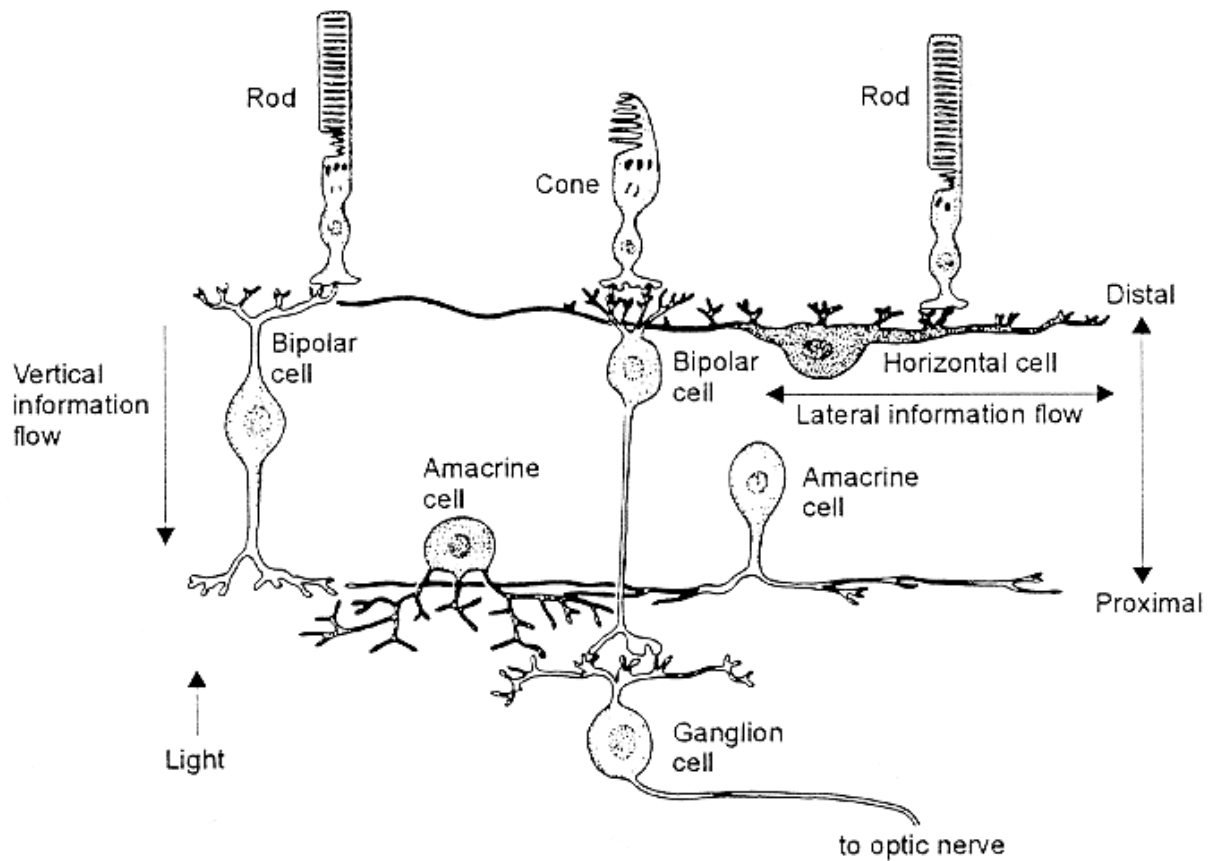


**Aus:** Human Physiology, ed. E. Kevelaitis, M. Illert, H. Hultborn, Kaunas, 1999, Abb. 4-3

**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000**  
**Teil Visuelles System**

**Zu 2: Bildverarbeitung in der Retina**

**Prinzipieller Informationsfluss in der Retina: longitudinale Sinneskanäle, vertikale Sinneskanäle**

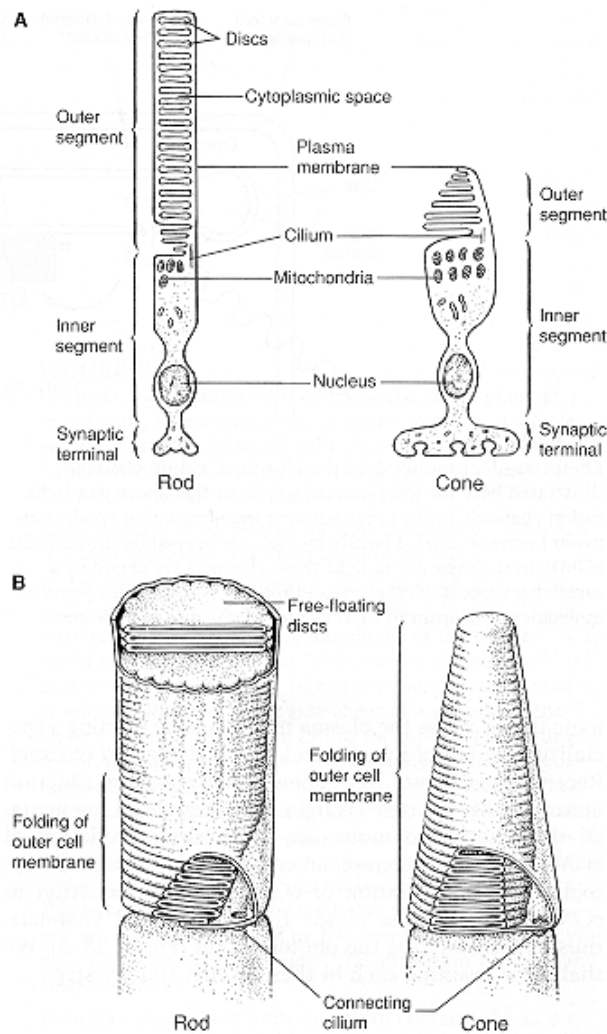


**Aus:** Human Physiology, ed. E. Kevelaitis, M. Illert, H. Hultborn, Kaunas, 1999, Abb. 4-4

## Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000 Teil Visuelles System

### Zu 3: Bildverarbeitung in der Retina

Zwei Typen von Photorezeptoren sind der Träger des Sehfärbstoffs.



**FIGURE 28-2**

The two types of photoreceptors, rods and cones, have similar structures. (Adapted from O'Brien, 1982, and Young, 1970.)

**A.** Both rod and cone cells have inner and outer segments connected by a cilium. The inner segment contains the cell's nucleus and most of its biosynthetic machinery. The outer segment contains the light-transducing apparatus. The conical shape of the cone outer segment makes cones most sensitive to direct axial rays.

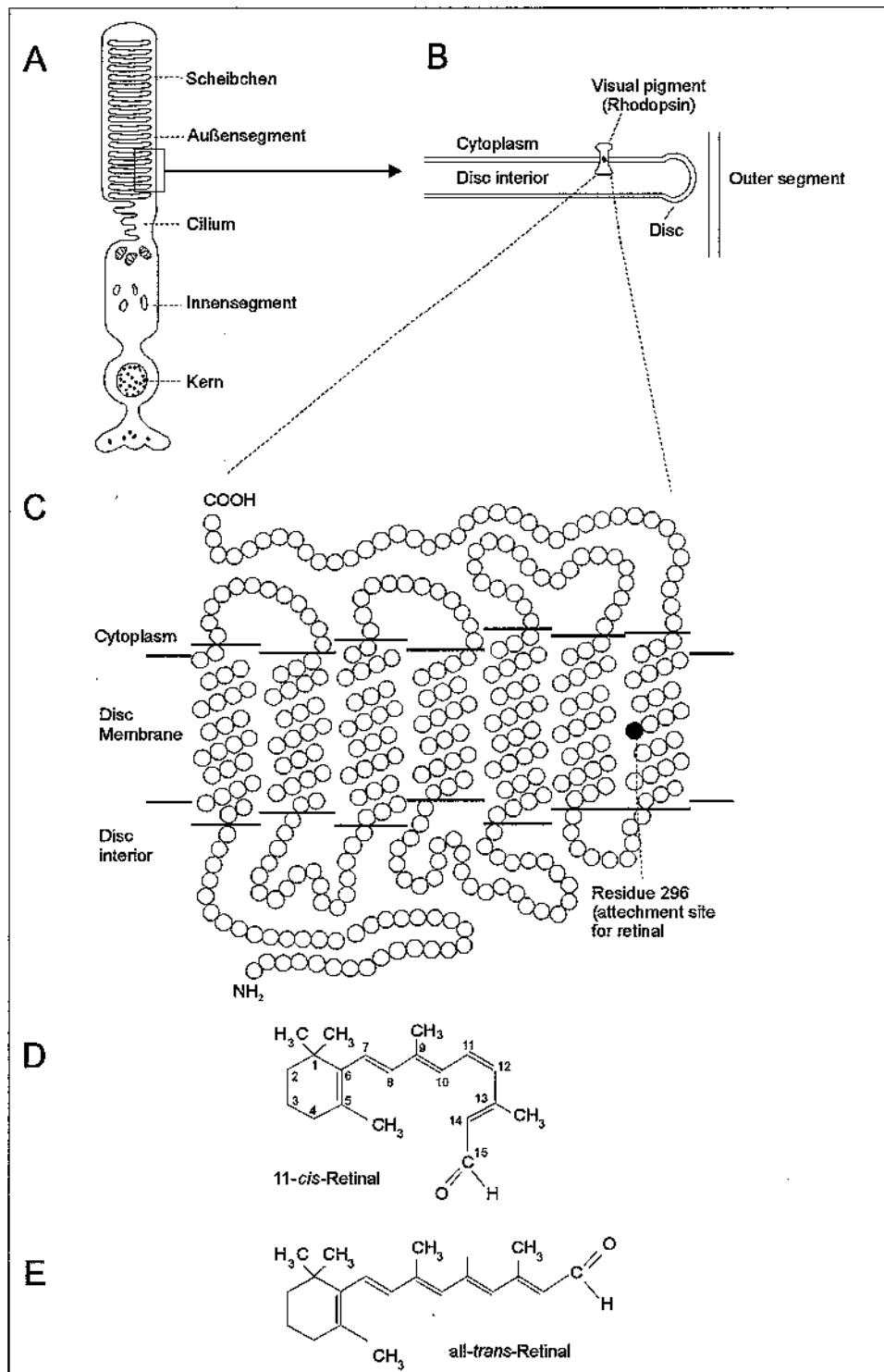
**B.** The outer segment consists of a stack of membranous discs, which contain the light-absorbing photopigments. In both types of cells these discs are formed by infolding of the plasma membrane. In rods, however, the folds pinch off so that the discs are free-floating within the outer segment.

**aus:** Kandel, Schwartz & Jessels: Principles of Neural Sciences, Abb. 28-2;

Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000  
Teil Visuelles System

**Zu 3: Bildverarbeitung in der Retina**

Das Photopigment besteht aus einem Eiweißanteil, dem *Opsin*, und dem lichtempfindlichen Anteil, dem *Retinal*.



**Aus:** Human Physiology, ed. E. Kevelaitis, M. Illert, H. Hultborn, Kaunas, 1999, Abb. 4-5.

**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000**  
**Teil Visuelles System**

### **Zu 3: Bildverarbeitung in der Retina**

#### **Isomeration 11-cis- zu 11-trans-Retinal ist die primär lichtabhängige Reaktion**

##### ***Belichtung mit kurzem Blitz***

- 11-cis Form in **11-trans Form**
- **Opsin** verändert Struktur,
- Prelumirhodopsin, Lumirhodopsin, Metarhodopsin I / II
- Retinal kann nicht mehr gebunden werden, - **all-trans Retinal** dissoziiert ab
- Isomerierung all-trans Retinal zu 11-cis Retinal im Pigmentepithel
- eigenes Transportprotein (all-trans Retinal ist toxisch und schwer wasserlöslich)

##### ***Belichtung mit Dauerlicht - Situation bei Stäbchen***

- Das meiste Rhodopsin in all-Trans Form, Pigmentepithel, Bleichung
- Bei Übergang in Dunkelheit Bildung 11-cis Retinal, Rückkehr in Stäbchen
- Photochemische Adaptation: etwa eine Stunde

##### ***Belichtung mit Dauerlicht - Situation bei Zapfenzellen***

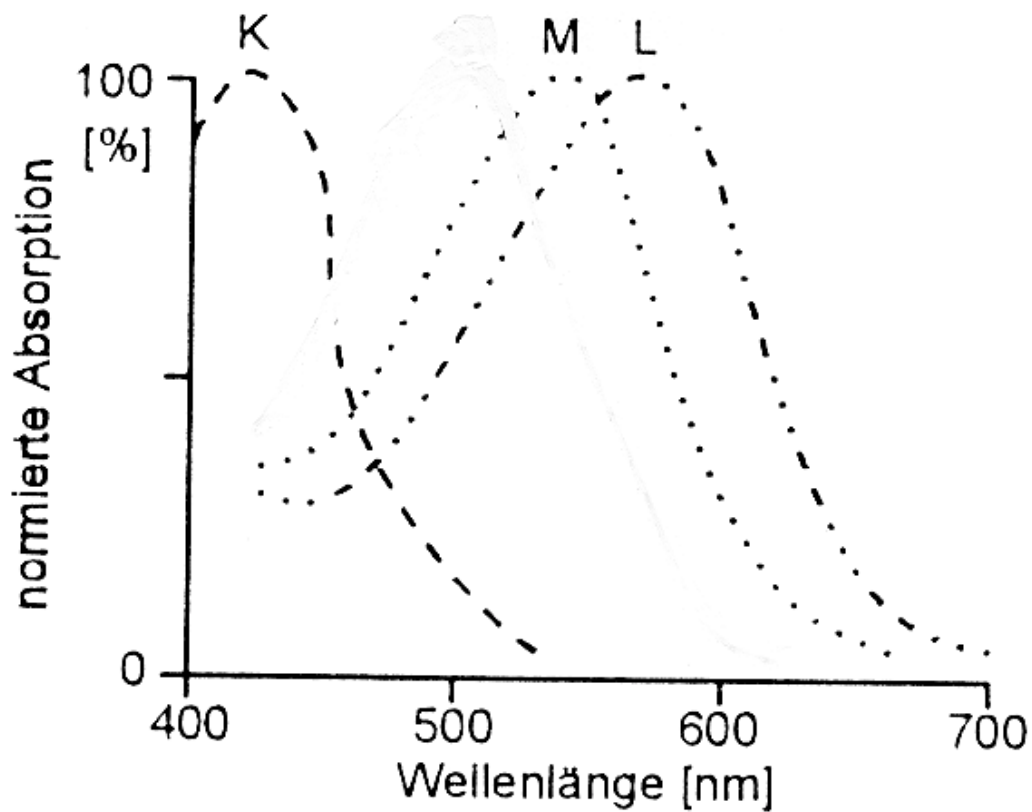
**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000**  
**Teil Visuelles System**

### **Zu 3: Bildverarbeitung in der Retina**

#### **Stäbchen und Zapfen haben unterschiedliche Pigmente**

- Pigment der Stäbchen: **Rhodopsin**
- Pigment der Zapfen: **K-, M-, L-Pigment**  
Retinal wie bei Rhodopsin  
Drei verschiedene Opsine  
*Ein Zapfen, ein Opsin*

#### **Unterschiede in der Absorption für verschiedene Wellenlängenbereiche**



**Aus:** Human Physiology, ed. E. Kevelaitis, M. Illert, H. Hultborn, Kaunas, 1999, Abb. 4-6.

**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000**  
**Teil Visuelles System**

**Zu 3: Bildverarbeitung in der Retina**

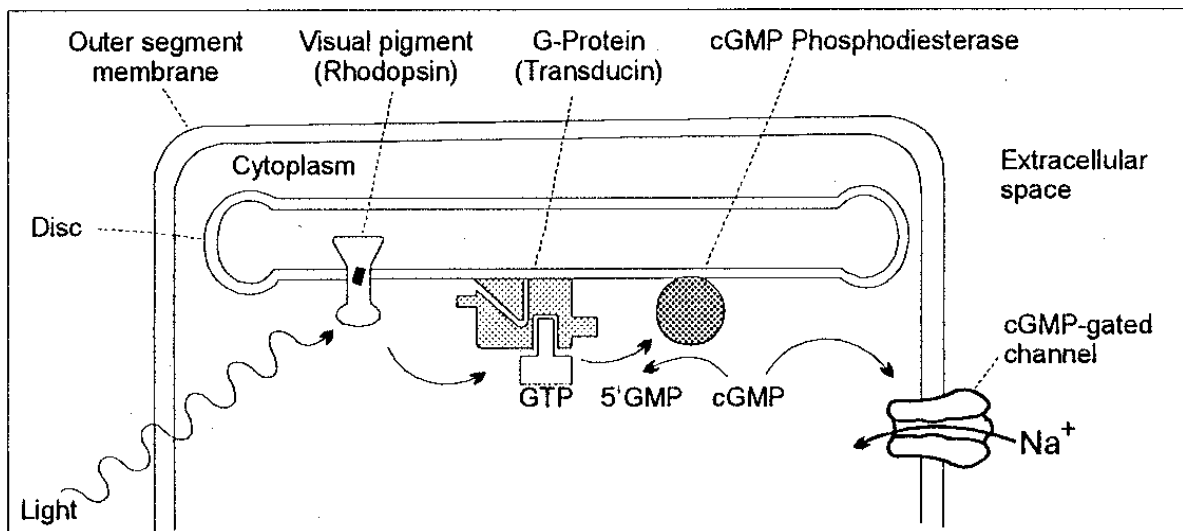
**Die Interaktion der Photonen mit dem Sehfärbstoff ändert die  $\text{Na}^+$ -Leitfähigkeit der Rezeptormembran - cGMP gesteuerte  $\text{Na}^+$ -Kanäle**

**Situation bei Dunkelheit:**

hohe cGMP Konzentration führt zu einer hohen  $\text{Na}^+$ -Leitfähigkeit mit depolarisiertem Membranpotential

**Situation bei Beleuchtung:**

Second-messenger Prozess führt zu einer Abnahme der cGMP Konzentration und damit zu einer Abnahme der  $\text{Na}^+$ -Leitfähigkeit mit Hyperpolarisation.



**Aus:** Human Physiology, ed. E. Kevelaitis, M. Illert, H. Hultborn, Kaunas, 1999, Abb. 4-7.

**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000**  
**Teil Visuelles System**

### **Zu 3: Bildverarbeitung in der Retina**

**Die zwei Rezeptortypen der Retina erfassen unterschiedliche Aspekte der visuellen Umwelt**

---

#### **Stäbchenzellen**

**Sehr empfindlich**, spezialisiert auf  
*Dämmerungssehen:*

**Viel** Photopigment

**Hohe** Verstärkung  
einzelne Photonen

Sättigung bei **Tageslicht**

**Geringe** zeitliche Auflösung:

**langsame** Antwort  
*lange Integrationszeit*

Sehr empfindlich auf  
**zerstreutes Licht**

---

#### **Zapfenzellen**

**Wenig empfindlich**, spezialisiert auf  
*Tagessehen:*

**Wenig** Photopigment

**Geringe** Verstärkung  
viele Photonen sind nötig

Sättigung nur bei sehr **intensivem Licht**

**Hohe** zeitliche Auflösung:

**schnelle** Antwort  
*kurze Integrationszeit*

Sehr empfindlich auf  
**direkte, axiale Bestrahlung**

---

#### **Stäbchensystem**

**Achromatisch:**  
Nur ein Stäbchenpigment

**Niedrige räumliche Auflösung:**  
stark konvergierender Weg,  
nicht in der Fovea

---

#### **Zapfensystem**

**Chromatisch:** drei Zapfenzelltypen  
jede Zelle mit spezifischem Pigment, das  
auf einen bestimmten Bereich  
des Spektrums spezialisiert ist

**Hohe räumliche Auflösung:**  
wenig konvergierender Weg  
konzentriert auf die Fovea

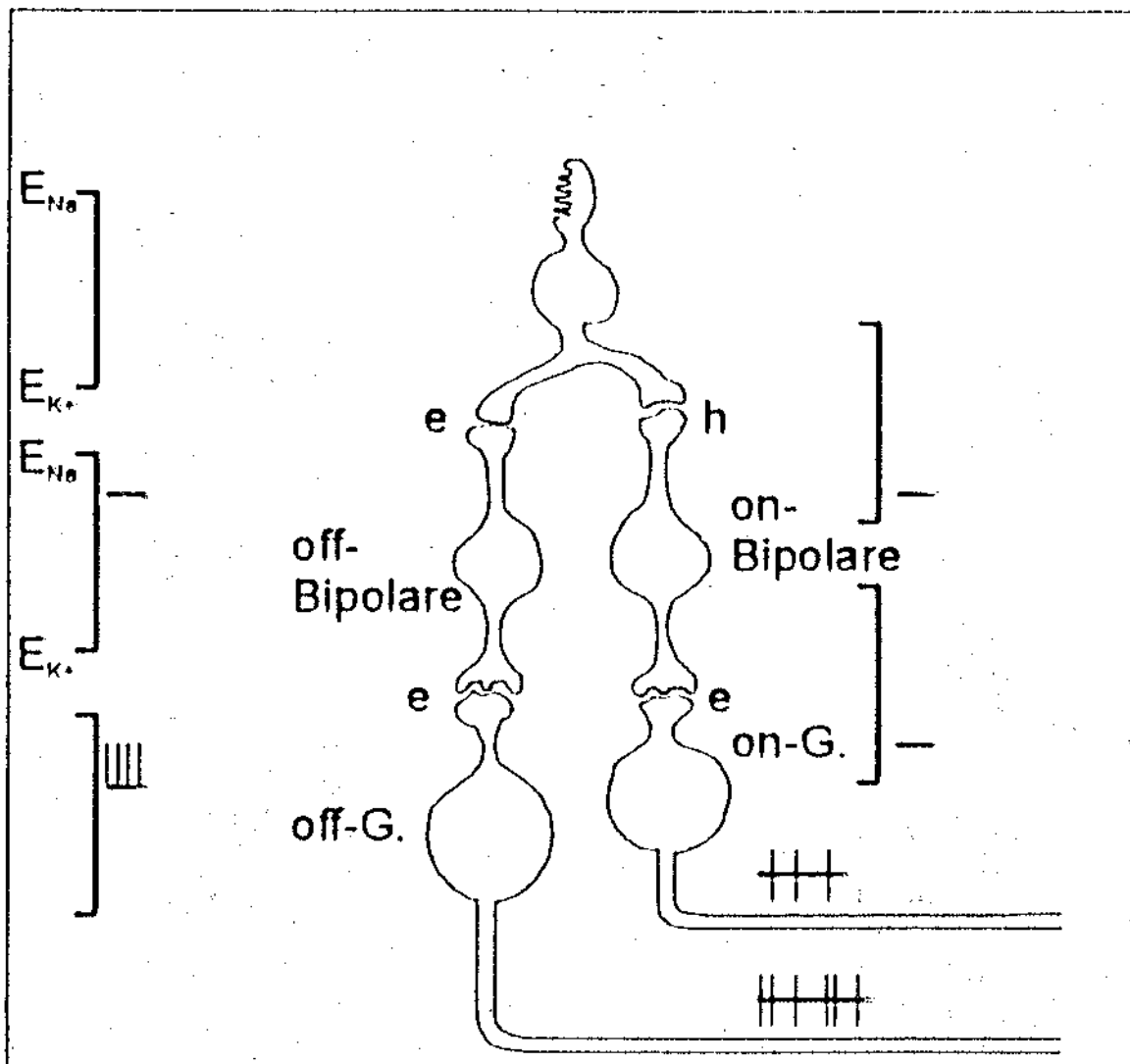
---

**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000**  
**Teil Visuelles System**

**zu 4: Ganglienzellen sind die Ausgangszellen der Retina**

**Die Ganglienzellen kodieren die Aktivierung der Rezeptoren als ON-OFF Antwort.**

Bei Dunkelheit sind die Membranpotentiale der Zellen der ON-Wege und der OFF-Wege unterschiedlich. Beachte, daß die Bezeichnung einer Zelle als ON- oder OFF-Zelle nach ihrer Antwort auf Beleuchtung vorgenommen wird.



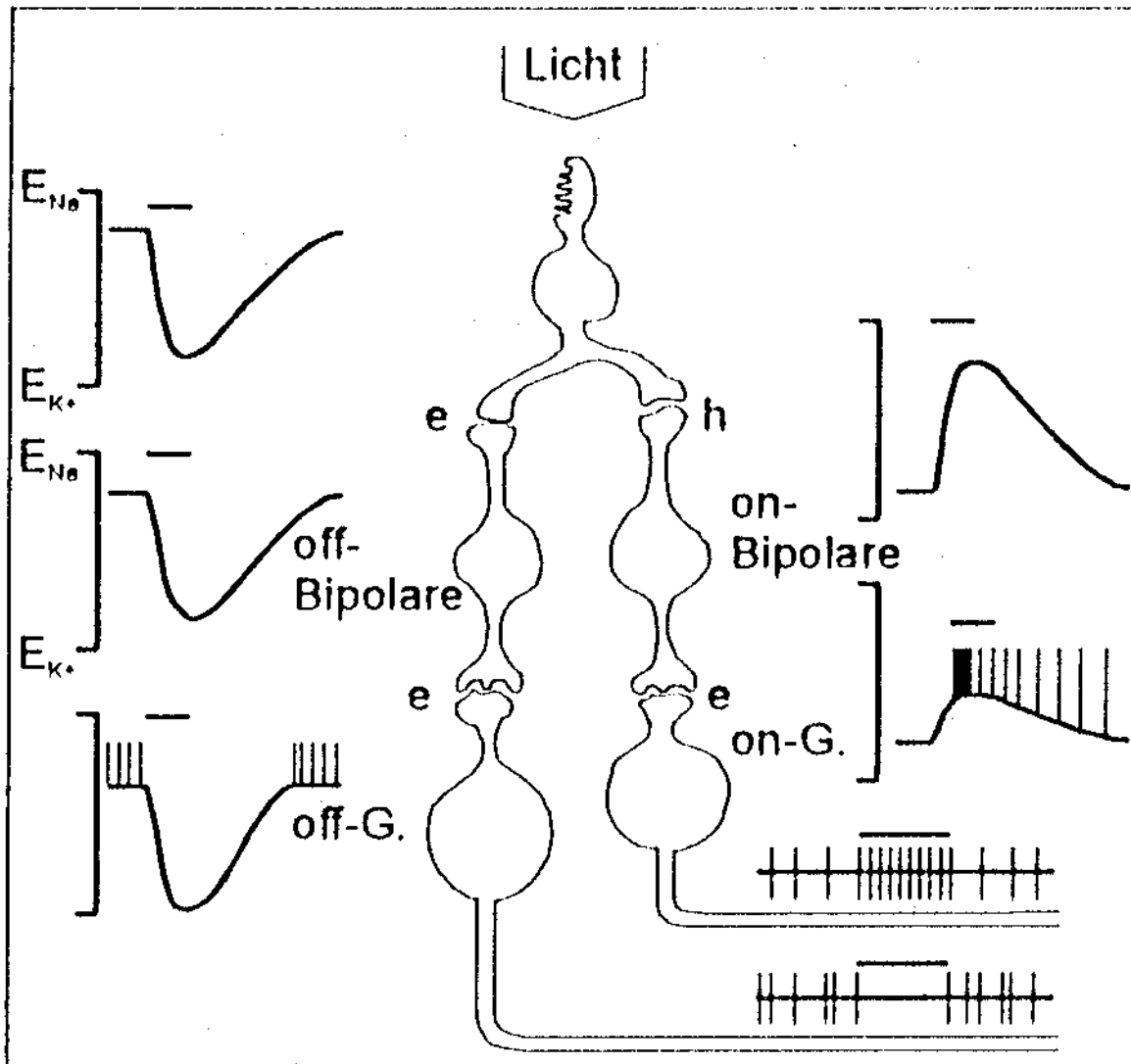
**modifiziert nach:** Human Physiology, ed. E. Kevelaitis, M. Illert, H. Hultborn, Kaunas, 1999, Abb. 4-8

**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000**  
**Teil Visuelles System**

**zu 4: Ganglienzellen sind die Ausgangszellen der Retina**

**Die Ganglienzellen kodieren die Aktivierung der Rezeptoren als ON-OFF Antwort.**

Bei Beleuchtung der Rezeptoren werden in den Ganglienzellen gegensätzliche Antworten ausgelöst.



**Aus:** Human Physiology, ed. E. Kevelaitis, M. Illert, H. Hultborn, Kaunas, 1999, Abb. 4-8.

**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000**  
**Teil Visuelles System**

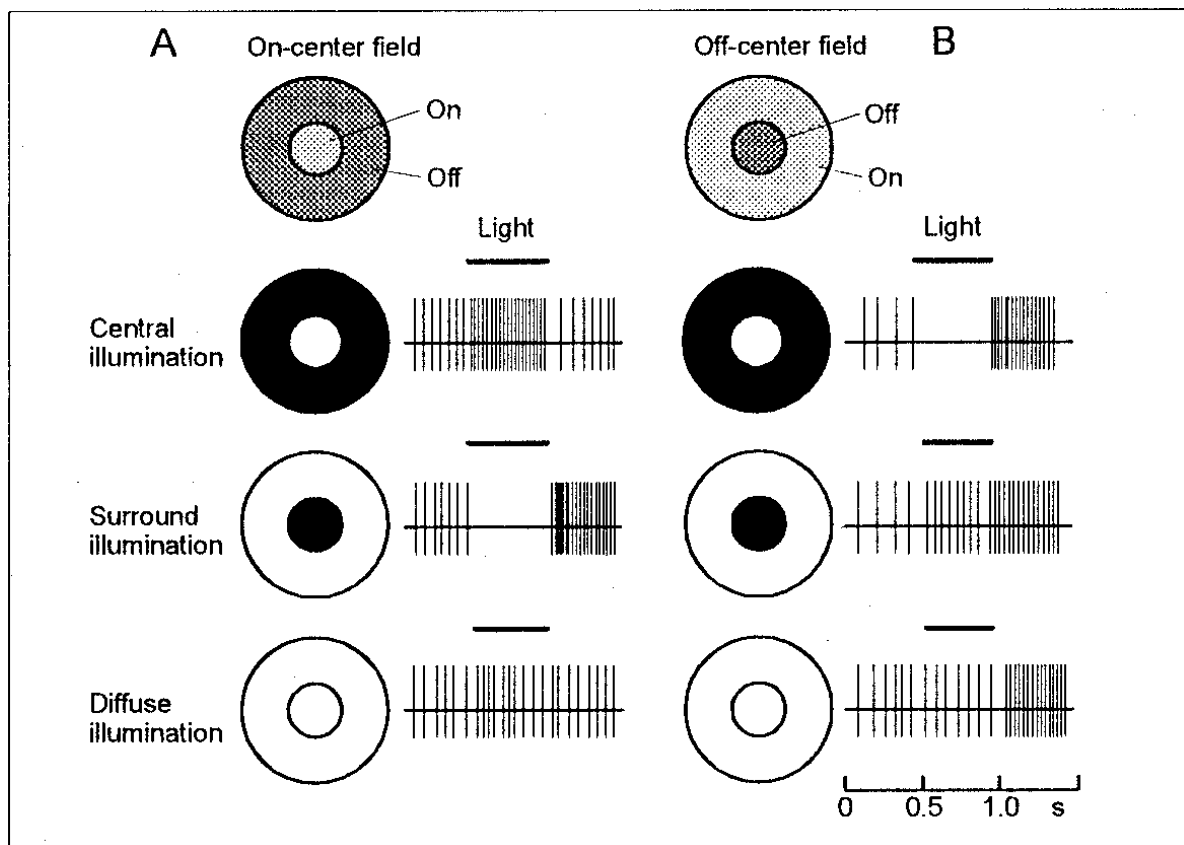
**zu 4: Ganglienzellen sind die Ausgangszellen der Retina**

**Ganglienzellen haben ein rezeptives Feld**

Die rezeptiven Felder der Ganglienzellen auf der Retina sind rund, sie haben in der Fovea einen Durchmesser von etwa 8-15 $\mu$ , in der Netzhautperipherie von bis etwa 1.5 mm. Die Beleuchtung des Feldes mit Licht zeigt einen antagonistischen Aufbau in ein Zentrum und eine Peripherie. Bei gleichzeitiger Beleuchtung von Zentrum und Peripherie antworten die Ganglienzellen nur schwach. Diese grundlegende Organisation ist in der Abbildung an einer ON-Zentrumzelle und einer OFF-Zentrumzelle gezeigt.

Die rezeptiven Felder sind dynamisch und ändern sich mit der Beleuchtung:

- bei **Helligkeit** verschwindet die Peripherie (wichtig in der Fovea centralis)
- bei **Dunkelheit** wird das Zentrum größer, die Peripherie schrumpft (wichtig in der Netzhautperipherie).



**Aus:** Human Physiology, ed. E. Kevelaitis, M. Illert, H. Hultborn, Kaunas, 1999, Abb. 4-9.

**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000**  
**Teil Visuelles System**

**zu 4: Ganglienzellen sind die Ausgangszellen der Retina**

**Verschiedene Ganglienzellen erarbeiten verschiedene Aspekte des Bildes**

***parvocelluläre Ganglienzellen***

x-Typ,  $\beta$ -Typ, ***P-Zellen***

- 80% aller Ganglienzellen
- kleine Form

verantwortlich für

- hohe räumliche Auflösung
- Sehschärfe
- Farbsehen

***magnocelluläre Ganglienzellen***

y-Typ, alpha-Typ, ***M-Zellen***

- 10% aller Ganglienzellen
- große Form

verantwortlich für

- Formen
- räumliches Sehen
- Tiefenwahrnehmung
- Bewegungssehen

***wideband Ganglienzellen***

***W-Zellen***

- 10% aller Ganglienzellen
- intermediäre Form

verantwortlich für

- wideband
- wahrscheinlich auf Bewegung

**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000  
Teil Visuelles System**

**zu 4: Ganglienzellen sind die Ausgangszellen der Retina**

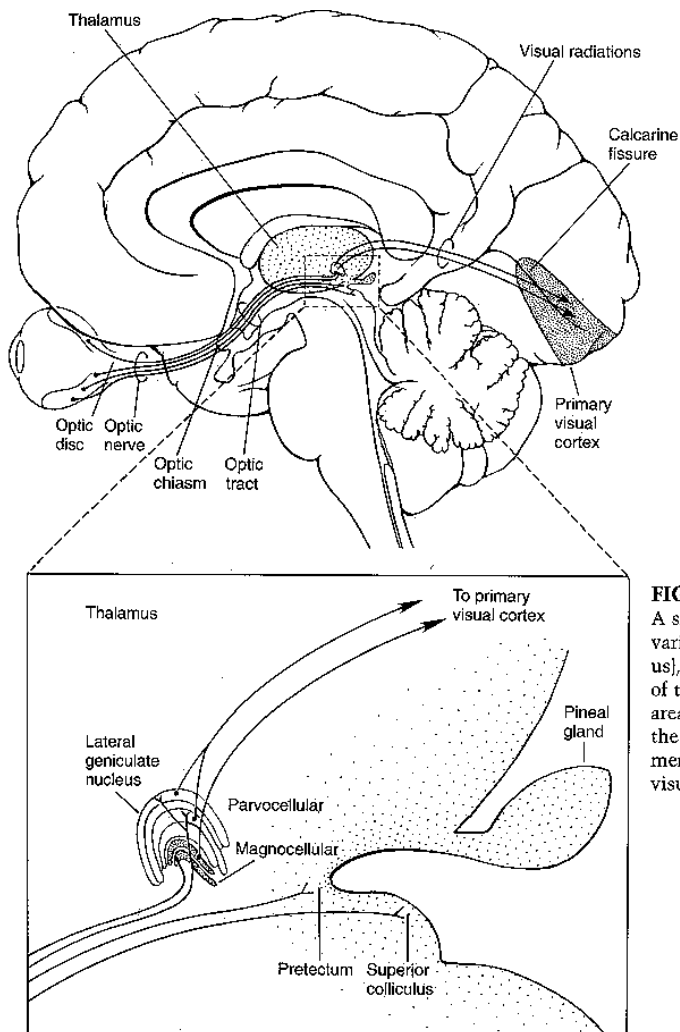
**Verarbeitungseigenschaften Retina**

- Erkennen von Intensitätsunterschiede
- Anpassung der rezeptiven Eigenschaften an die Absolutintensitäten
- Position im Gesichtsfeld
- Kodierung der Wellenlänge
- Bewegung
- Festlegung von Kontrasten und Konturen
- Erfassung spezifischer Gegenstandseigenschaften

## Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000 Teil Visuelles System

### Zu 5: Die Retina projiziert in drei subcorticale Gebiete

1. Das prätectale Gebiet steuert den Pupillenreflex
2. Der colliculus superior kontrolliert Augenbewegungen
3. Das corpus geniculatum laterale verarbeitet visuelle Information



**FIGURE 29-4**

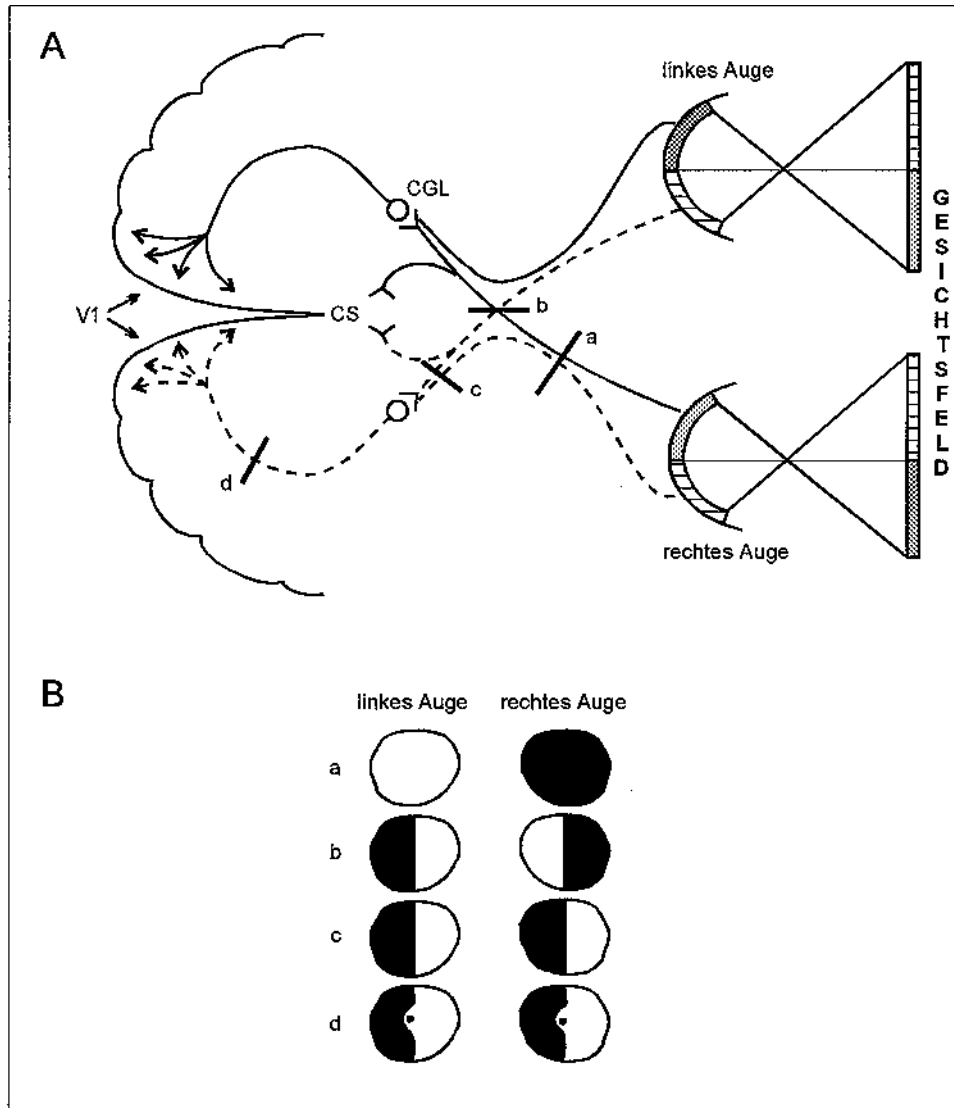
A simplified diagram of the projections from the retina to the various visual areas of the thalamus (lateral geniculate nucleus), midbrain (pretectum and superior colliculus), and area 17 of the cerebral cortex. The retinal projection to the pretectal area is important for pupillary reflexes and the projection to the superior colliculus mediates visually guided eye movements. The projection to the lateral geniculate nucleus and visual cortex processes visual information for perception.

**aus:** Kandel, Schwartz & Jessels: Principles of Neural Sciences, Abb. 29-4;

Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000  
 Teil Visuelles System

**Zu 6: Der visuelle Cortex extrahiert die Information über Segmente, Grenzen, Anordnungen, Bewegungen, Wellenlängen**

Die Perimetrie bestimmt monokulare Gesichtsfelder und Gesichtsfeldausfälle.



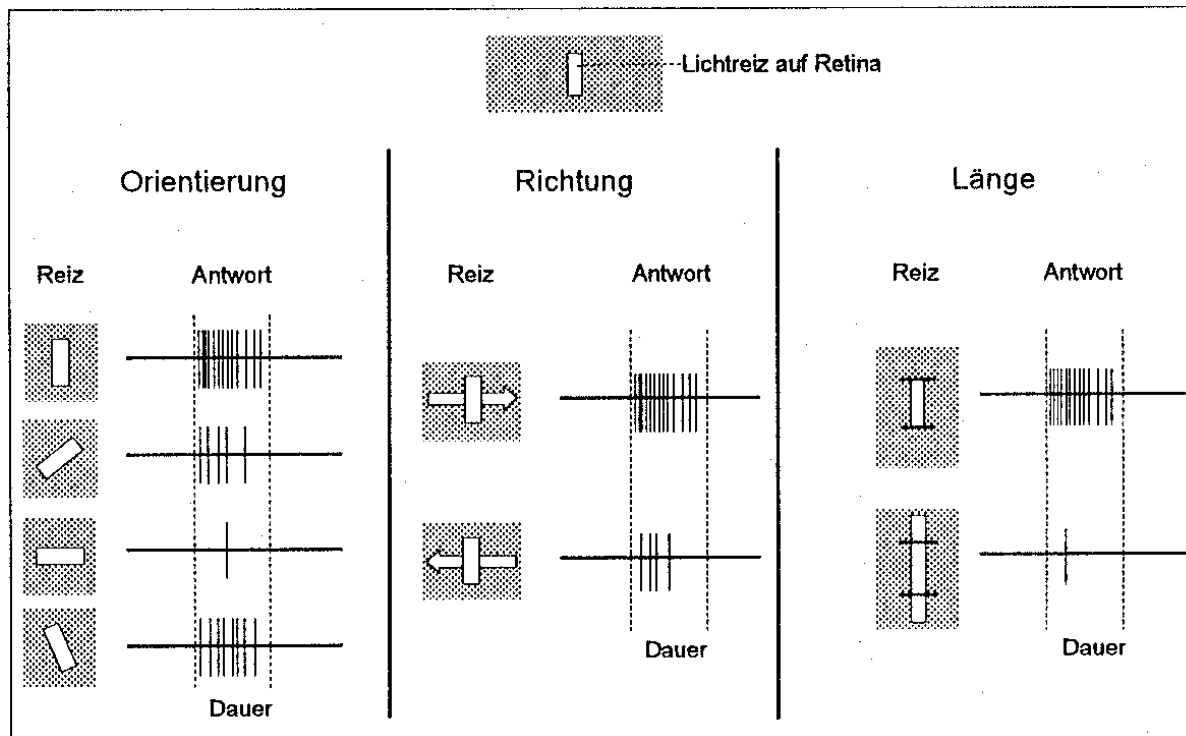
**Aus:** Human Physiology, ed. E. Kevelaitis, M. Illert, H. Hultborn, Kaunas, 1999, Abb. 4-10.



## Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000 Teil Visuelles System

### Zu 6: Der visuelle Cortex extrahiert die Information über Segmente, Grenzen, Anordnungen, Bewegungen, Wellenlängen

**Aktivierung der V1-Neurone benötigt spezifische Beleuchtungsmuster auf der Retina.**



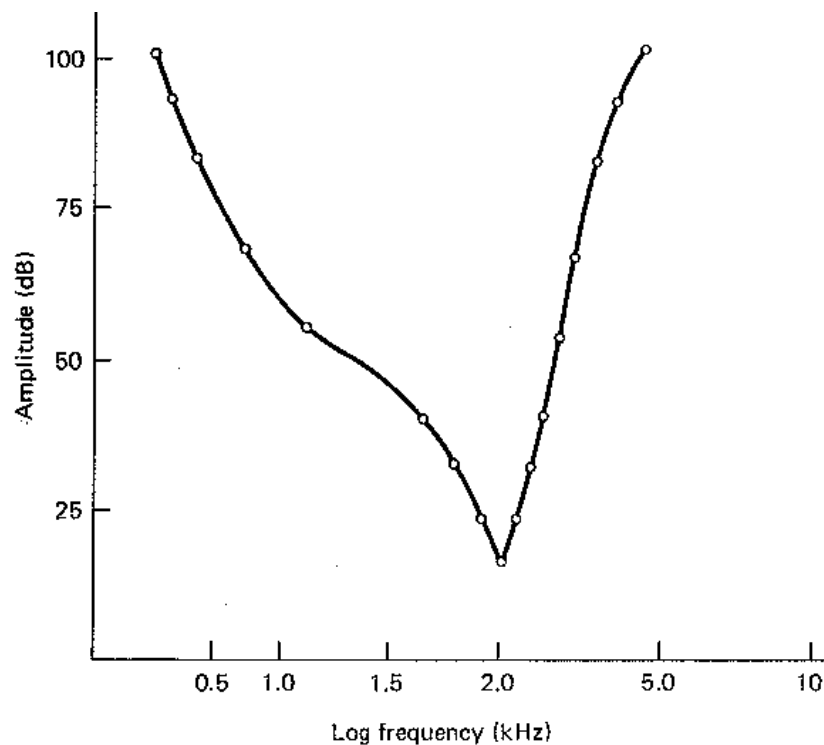
Die Abbildung zeigt Lichtbalken, die auf die Retina projiziert werden und Zellen in V1 aktivieren. Nach den typischen Antwortmustern kann man orientierungsspezifische Neurone, richtungsspezifische Neurone und Längenspezifische Neurone unterscheiden. Diese Eigenschaften der V1-Neurone, die eine zunehmend differenziertere Analyse der Eigenschaften des Lichtreizes nachweisen, gehen auf komplexe sequentielle Verschaltungen der einfacheren rezeptiven Felder der Ganglienzellen und des corpus geniculatum zurück.

**Aus:** Human Physiology, ed. E. Kevelaitis, M. Illert, H. Hultborn, Kaunas, 1999, Abb. 4-12.

**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000**  
**Teil Visuelles System**

**Zu 6: Der visuelle Cortex extrahiert die Information über Segmente, Grenzen, Anordnungen, Bewegungen, Wellenlängen**

Die spezifischen Analyseigenschaften der corticalen Zellen, wie sie sich in den Extraktionsmustern darstellen, mit denen Lichtbalken in der Aktionspotentialfrequenz der Neurone codiert werden entstehen wahrscheinlich durch eine sequentielle Konvergenz benachbarter rezeptiver Felder auf gemeinsame Neurone. Ein solches Verschaltungsmodell ist in dieser und der folgenden Abbildung dargestellt.



**FIGURE 23–10**

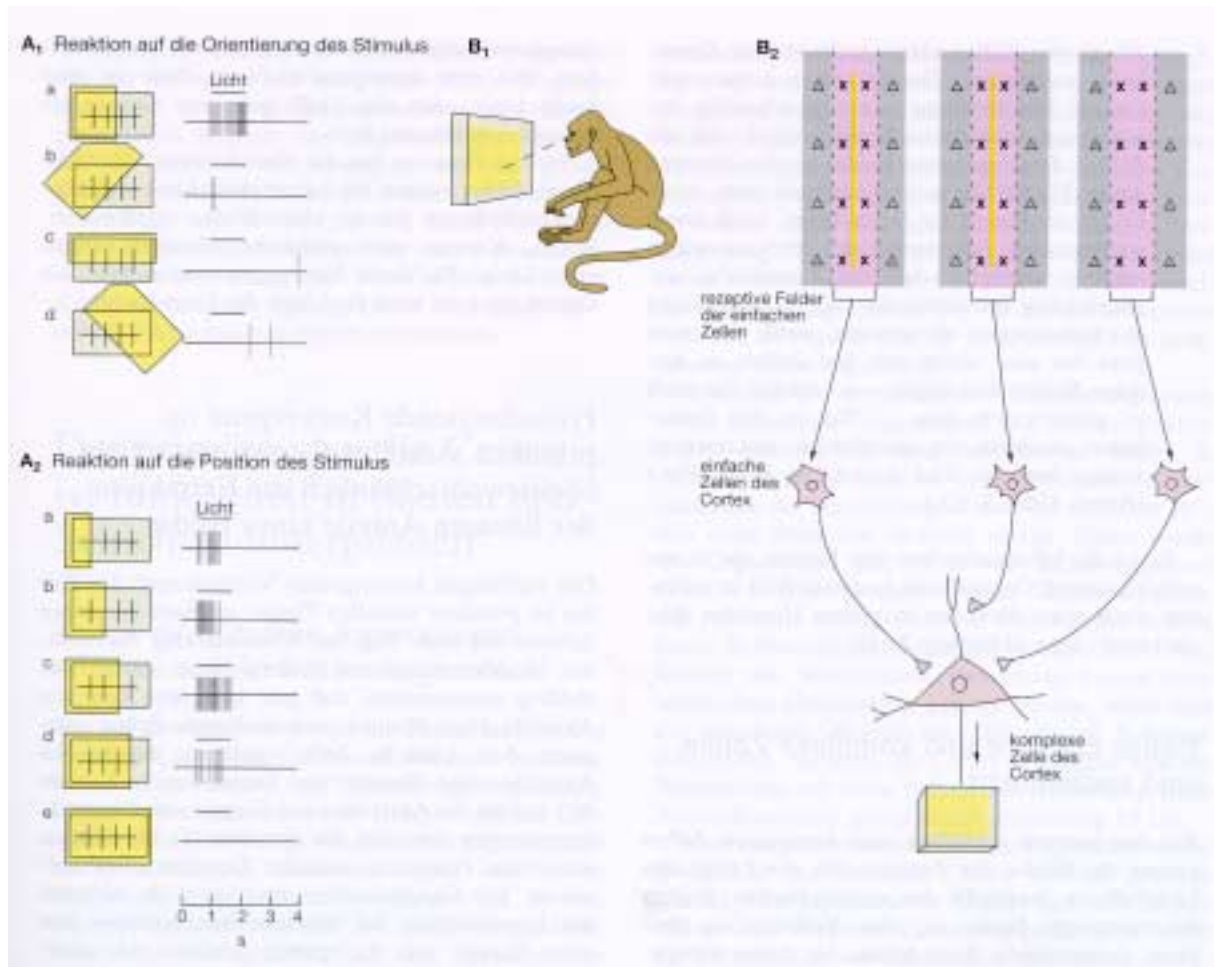
Each sensory receptor responds to a narrow range of intensities of a single type of energy. Physiological experiments can establish this range and enable the investigator to construct a tuning curve for individual receptors. The tuning curve shown here is for an auditory receptor most sensitive to sound at 2.0 kHz.

**aus:** Kandel, Schwartz & Jessels: Neurowissenschaften, eine Einführung. Spektrum Verlag, 1996; Abb: 23-10

## Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000 Teil Visuelles System

### Zu 6: Der visuelle Cortex extrahiert die Information über Segmente, Grenzen, Anordnungen, Bewegungen, Wellenlängen

Siehe vorangehenden Text und Abbildung.



**aus:** Kandel, Schwartz & Jessels: Neurowissenschaften, eine Einführung. Spektrum Verlag, 1996; Abb: 23-11

**Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000**  
**Teil Visuelles System**

**Zu 7: Leistungen des visuellen Systems**

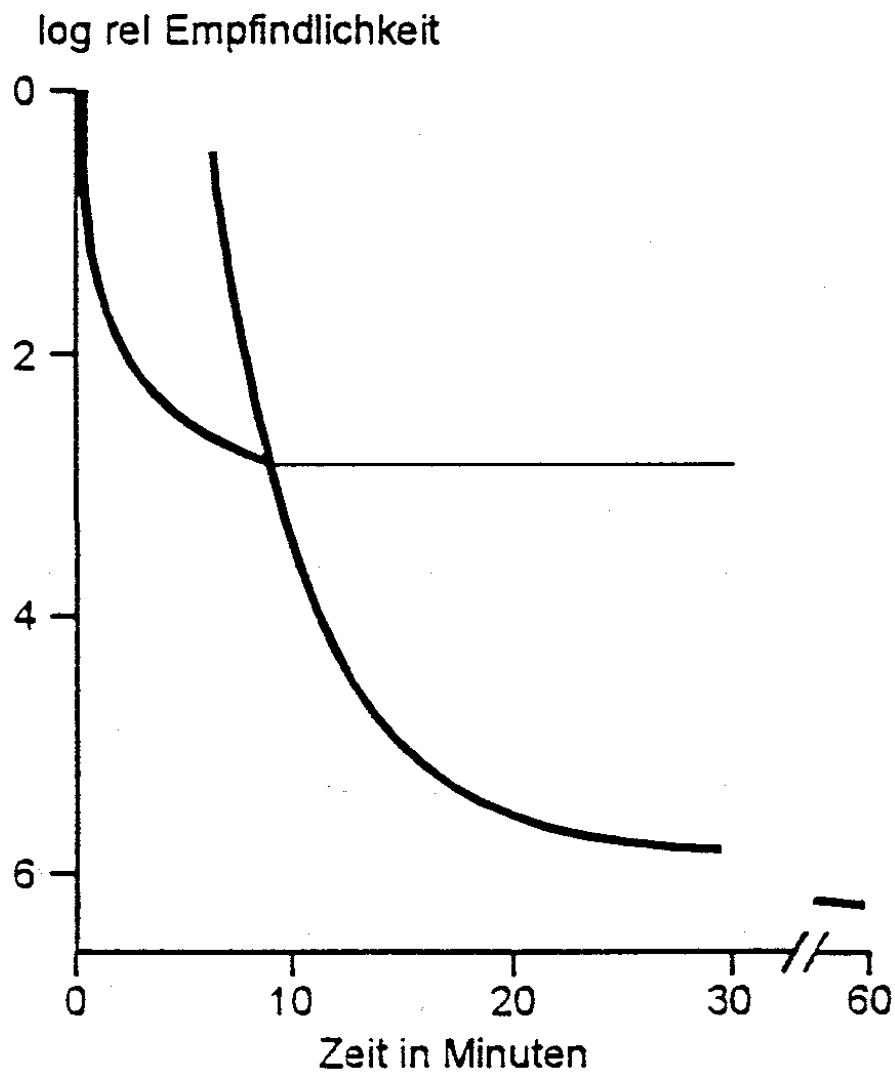
**Dunkeladaptation: Anpassung an unterschiedliche Beleuchtung durch Konzentrationsänderungen der Sehfärbstoffe und Umstellung der neuronalen Organisation der Retina.**

aktives Stäbchensystem: **skotopisches Sehen**

aktives Zapfensystem: **photopisches Sehen**

**Die Dunkeladaptation geht auf biochemische Faktoren und neuronale Faktoren zurück.**

**Aus:** Human Physiology, ed. E. Kevelaitis, M. Illert, H. Hultborn, Kaunas, 1999, Abb. 4-13.



**Aus:** Human Physiology, ed. E. Kevelaitis, M. Illert, H. Hultborn, Kaunas, 1999, Abb. 4-13.

## Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000 Teil Visuelles System

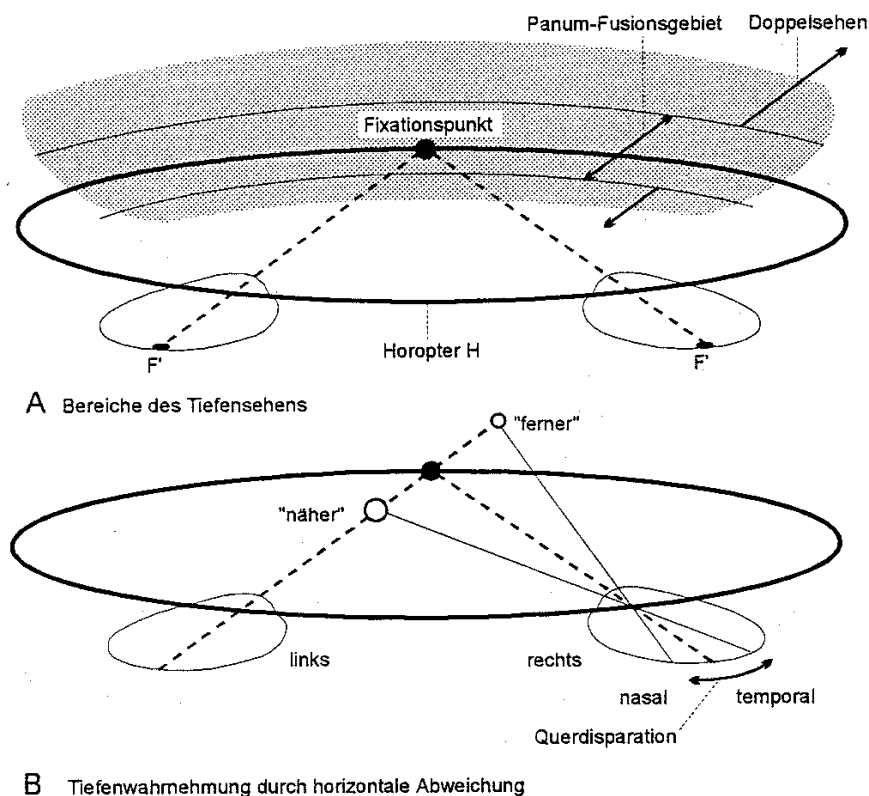
### Zu 7: Leistungen des visuellen Systems

#### Räumliches Sehen: Querdisparation als Grundlage.

Ein Gegenstand wird von beiden Augen in der jeweiligen Fovea abgebildet. Diese sind *korrespondierende Netzhautstellen* und haben den *gleichen Ortswert*. Neben dem Fixationspunkt werden alle Gegenstände auf *korrespondierenden Netzhautstellen* abgebildet, die auf einem Kreis durch den Fixationspunkt und die Knotenpunkte beider Augen liegen. Dieser Kreis ist der *Horopter*.

Gegenstände, die nicht auf dem Horopter liegen werden auf nicht korrespondierenden Netzhautstellen abgebildet, also doppelt gesehen. Innerhalb eines engen Raumes um den Horopter können die Gegenstände durch das ZNS fusioniert werden (Panum-Fusionsareal). Außerhalb dieses Arealen werden sie doppelt gesehen.

- **Querdisparation und Fusionsareale, Doppeltsehen (*Diplopie*)**
- **Monokulare Tiefenwahrnehmung.**
- **Strabismus.**



**Aus:** Human Physiology, ed. E. Kevelaitis, M. Illert, H. Hultborn, Kaunas, 1999, Abb. 4-14.

## Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000 Teil Visuelles System

### Zu 8: Kognitive visuelle Leistungen

Sie werden in spezifischen cerebralen Assoziations- und Integrationsrealen der Großhirnrinde realisiert, die sich in der Phylogenese der Primaten und des Menschen stark entwickelt und differenziert haben. Sie sind außerhalb der retinotop organisierten visuellen Elementarregionen (V1-V5) im gesamten *parietalen und temporalen Cortex* verteilt. Untereinander und mit den subkortikalen Regionen des visuellen Systems haben sie eine enge Verschaltung, wodurch eine *effrente Selektion* des Erregungszuflusses durchgeführt wird.

#### **Objektlokalisierung und Objektidentifikation werden in unterschiedlichen Arealen durchgeführt.**

Die den visuellen Elementarregionen nachfolgende Verarbeitung erfolgt in parallelen Kanälen nach unterschiedlichen Informationsinhalten.

- "*Wo ist das Objekt?*" Funktion des parietalen Cortex, besonders der Areae 7, 39, 40.
- "*Wohin bewegt sich das Objekt?*" Funktion präfrontalen Assoziationskortex
- "*Was ist das für ein Gegenstand?*" Assoziationsfelder des unteren Temporalcortex,
- "*Wozu ist der Gegenstand gut?*" emotionale Bewertung, Funktion limbisches System

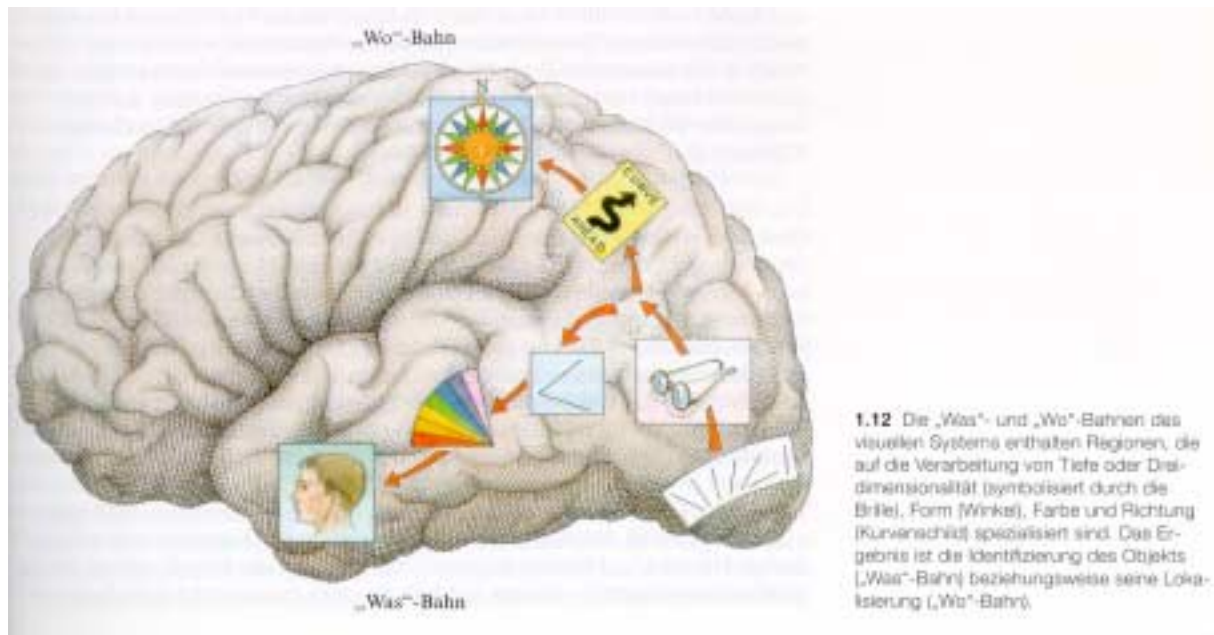
**Objektlokalisierung.** Im posterioren-parietalen Cortex wird den Objekten des extrapersonalen Raumes ein Ort in einem physikalisch korrekten und konstanten **Koordinatensystem** der Umwelt zugewiesen. Die *retinotopen Abbildungen* in den visuellen Elementarregionen sind von einer *spatiotopen Abbildung* des extrapersonalen Raumes ersetzt worden. Diese sichert eine konstante Wahrnehmung des Raumes und der Objektentfernungen, unabhängig von den retinalen Bildverschiebungen und Bewegungen des Kopfes bzw. des Körpers im Raum. Wahrscheinlich entsteht die Konstanz dieses Koordinatensystems auch durch eine Verrechnung von *Efferenzkopien* der blickmotorischen Kommandos mit den aktuellen visuellen Signalen.

**Objekterkennung.** Ausgedehnte visuelle Assoziationsfelder im inferioren Temporalcortex dienen der Wahrnehmung und inhaltlichen Identifizierung von Objekten, unabhängig von ihrer Position im Raum. Die dort lokalisierten Neurone sind in abertausende blockförmige Areale zusammengefaßt. Die Neurone eines solchen Blocks reagieren einheitlich auf eine bestimmte *Gestaltkomponente* (z.B. komplexer Winkel, sternförmige Struktur, Streifenmuster, etc) und auf *Elementargestalten*. Ein gesehenes "Ding" ist damit in einer ausgedehnten Aktivierung neuronaler Netze repräsentiert, die die verschiedenen elementaren visuellen Eigenschaften des "Dings" erfaßt. Dieser Erkennungsmechanismus wird durch Lernprozesse und frühe visuelle Erfahrungen beeinflusst. Objekterkennung erfolgt also im Zusammenhang mit dem visuellen Gedächtnis.

## Vorlesung Neurobiologie – Sommersemester 2000 Teil Visuelles System

### Zu 8: Kognitive visuelle Leistungen

Objektlokalisierung und Objektidentifikation werden an unterschiedlichen Stellen durchgeführt



**Aus:** Bilder des Geistes, M.I. Posner & M.E. Raichle; Spektrum Verlag 1994; Abb. 1.12