

# Die Sehbahn und ihre Läsionen. Visuelle Reflexe. Augenbewegungen.

Dr. Szabó Arnold

[szabo.arnold@med.semmelweis-univ.hu](mailto:szabo.arnold@med.semmelweis-univ.hu)

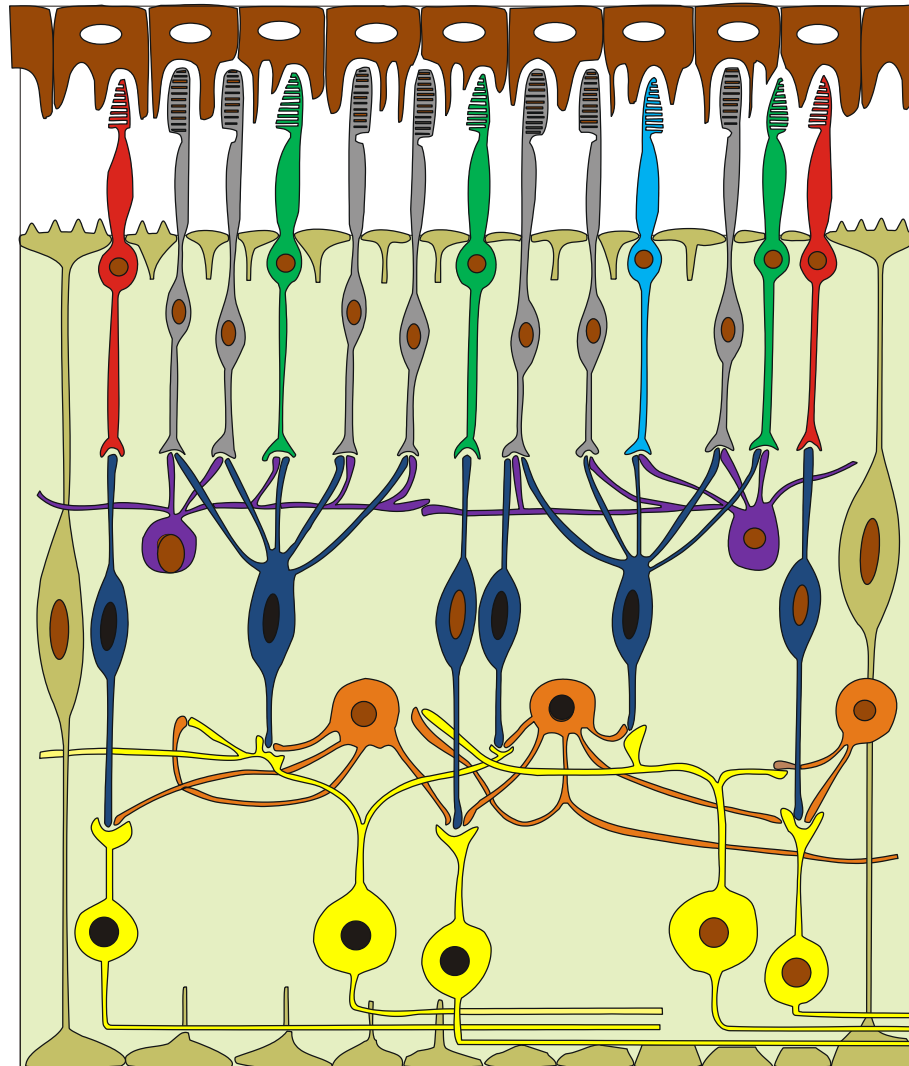
Semmelweis Universität

Anatomisches, Histologisches und Embryologisches Institut

08. November 2019

# Pars optica retinae

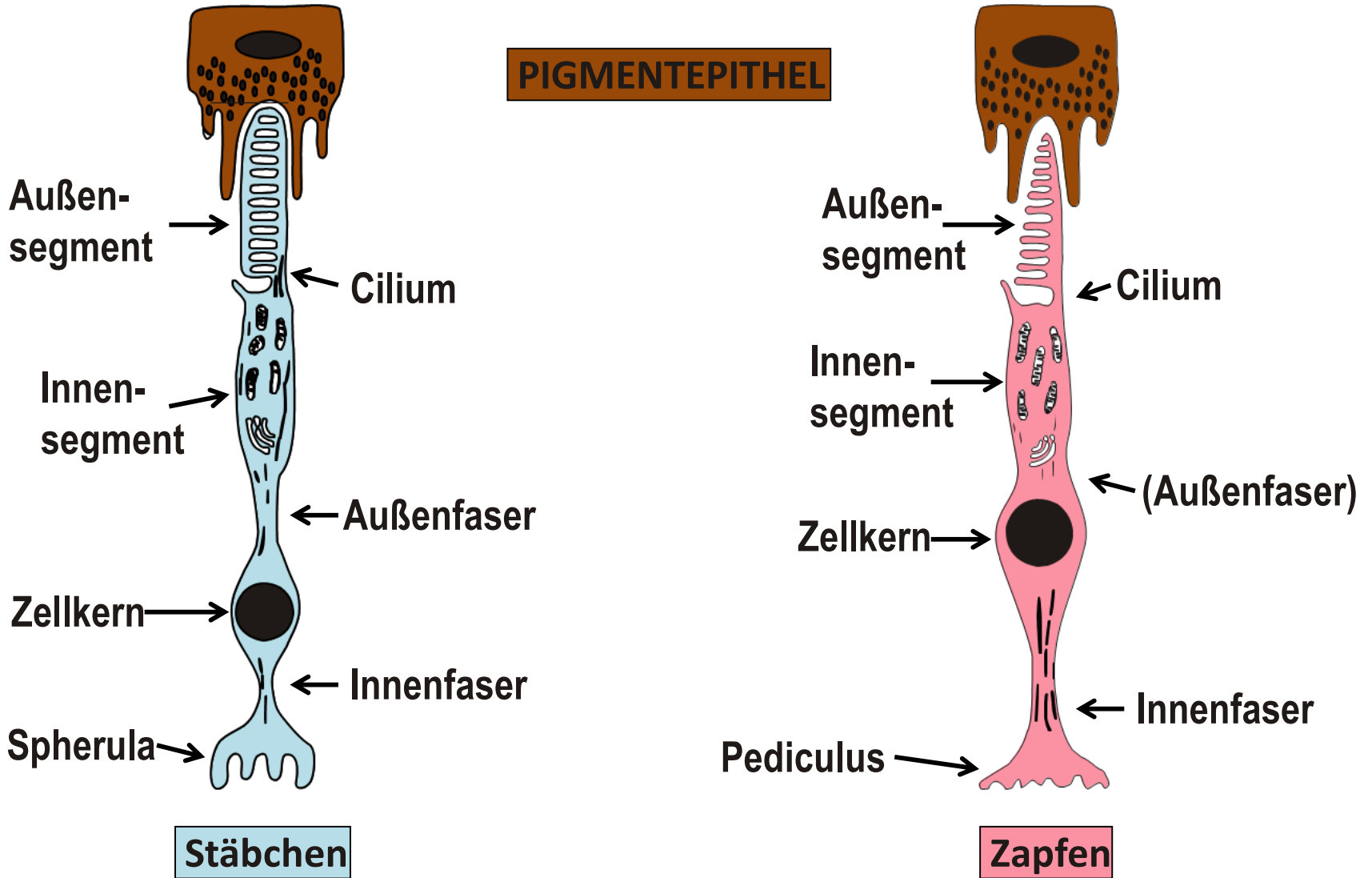
- I. Pigmentepithel
- II. Str. neuroepiheliale
- III. Membrana limitans ext.
- IV. Str. granulosum ext.
- V. Str. plexiforme ext.
- VI. Str. granulosum int.
- VII. Str. plexiforme int.
- VIII. Str. ganglionare
- IX. Str. neurofibrarum
- X. Membrana limitans int.



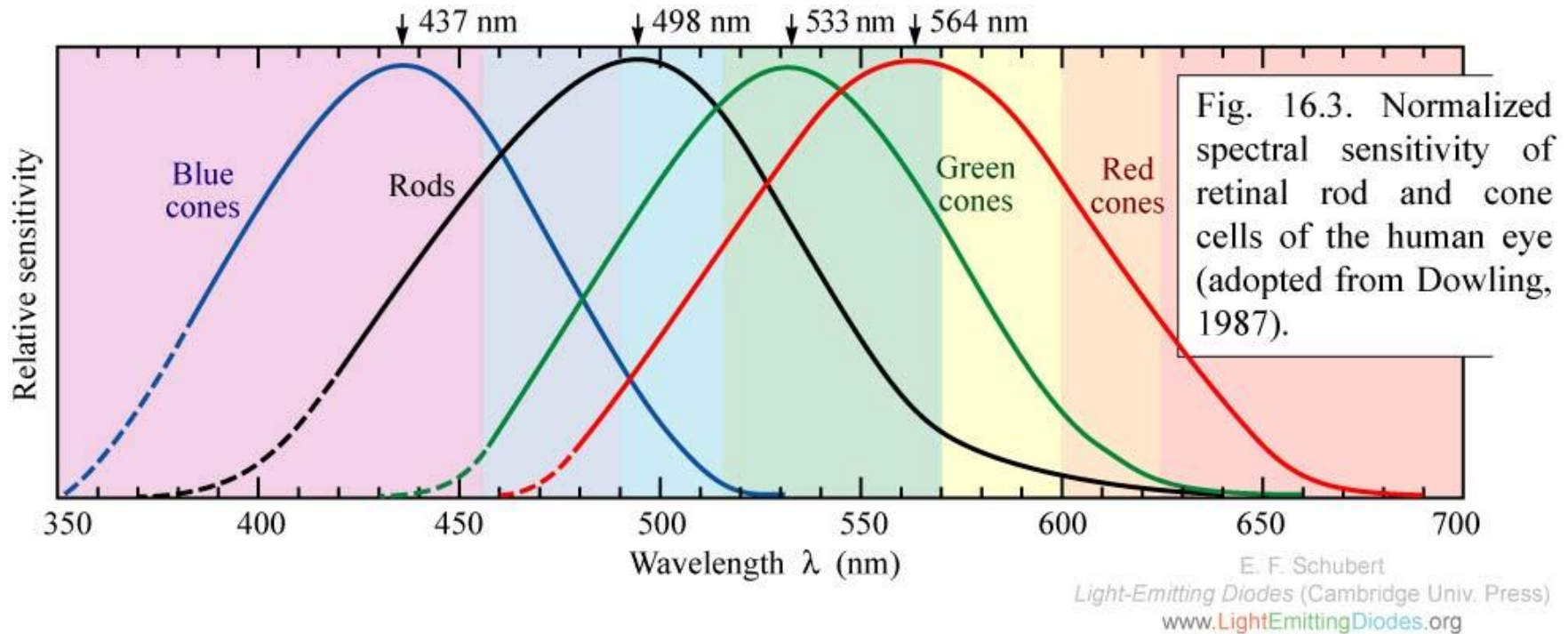
- S-Zapfen
- M-Zapfen
- L-Zapfen
- Stäbchen
- Horizontalzellen
- Müller-Zellen
- Bipolarzellen
- Amakrinzellen
- Ganglionzellen

*Corpus vitreum*

# Aufbau der Photorezeptoren



# Opsine

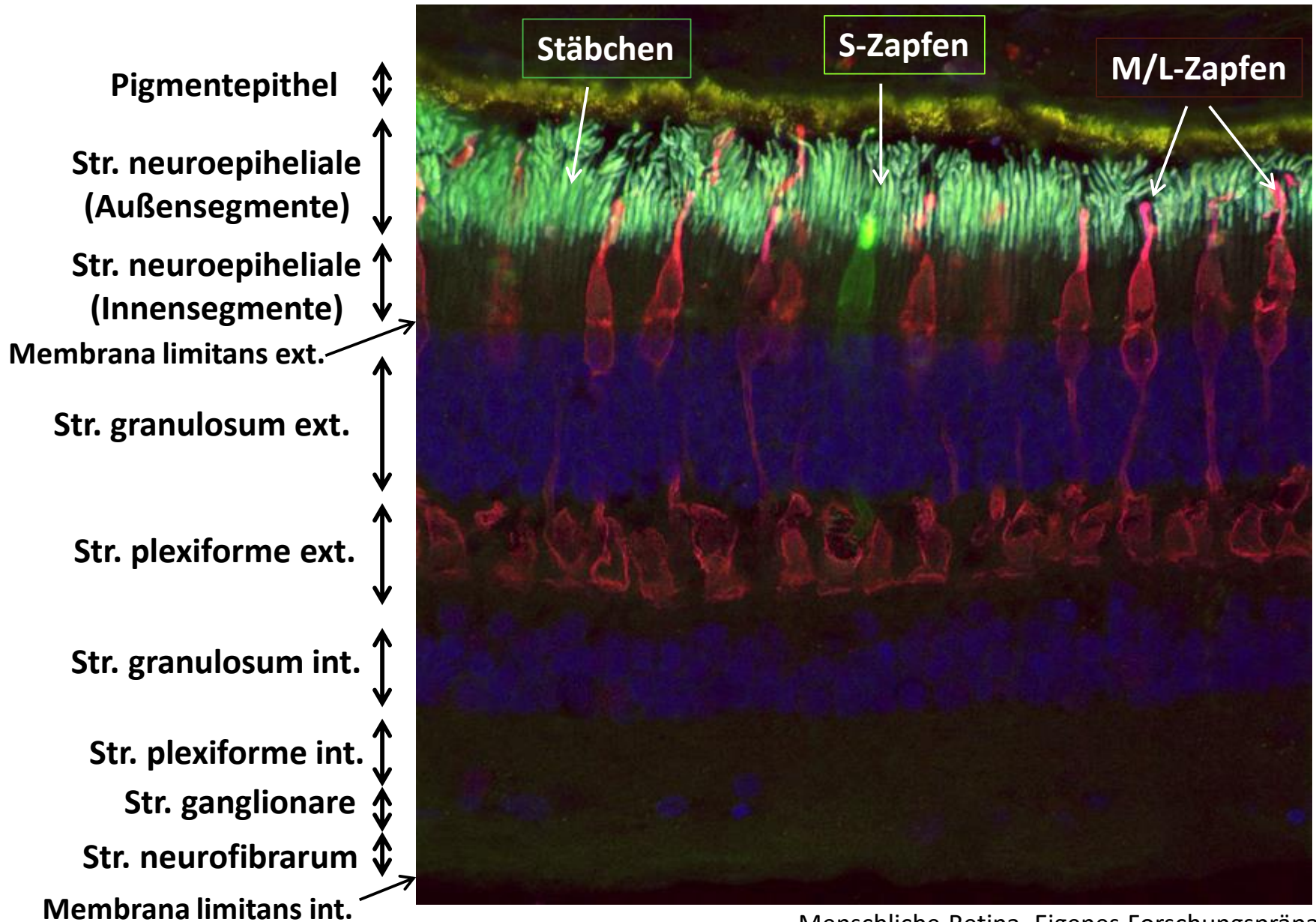


**Skotopisches Sehen:** Sehen mit Stäbchen bei niedriger Lichtintensität

**Photopisches Sehen:** Scharfes Farbsehen mit Zapfen beim Tageslicht

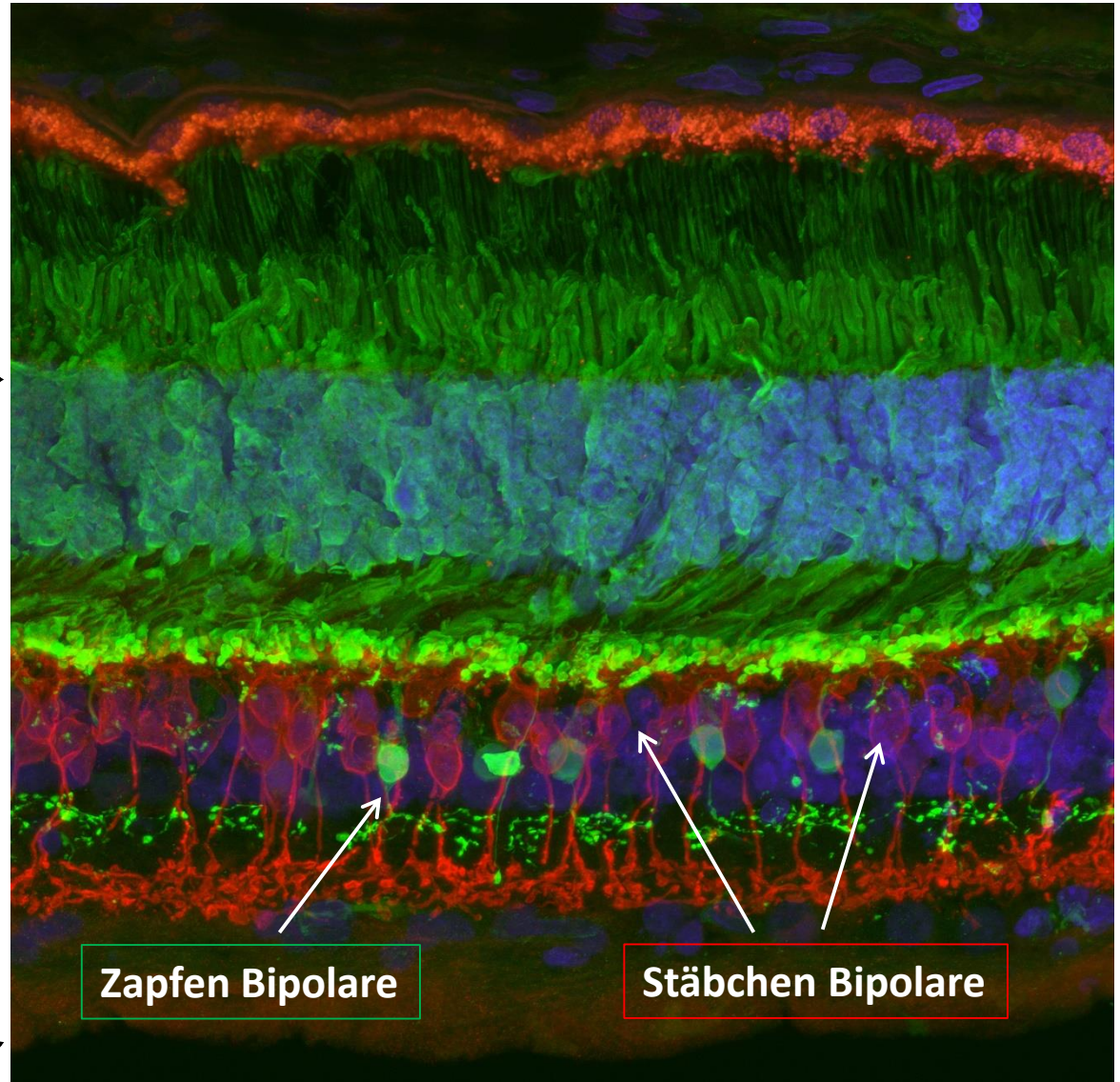
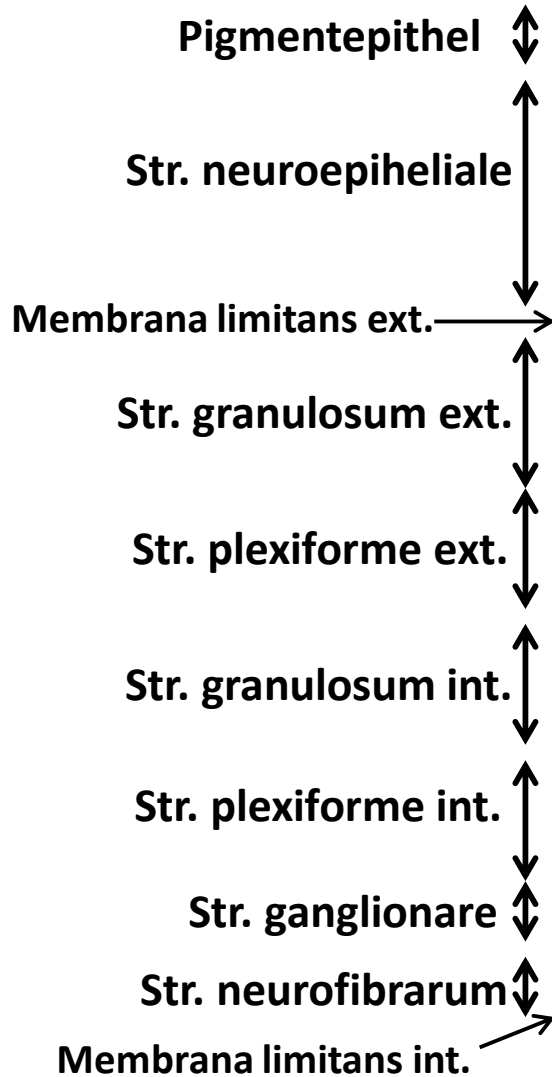
**Trichromatisches Farbsehen:** **Blaues/S-Opsin** (7. Chromosom), **Grünes/M-Opsin** (q-Arm des X-Chromosoms), **Rotes/L-Opsin** (q-Arm des X-Chromosoms)

# Photorezeptoren



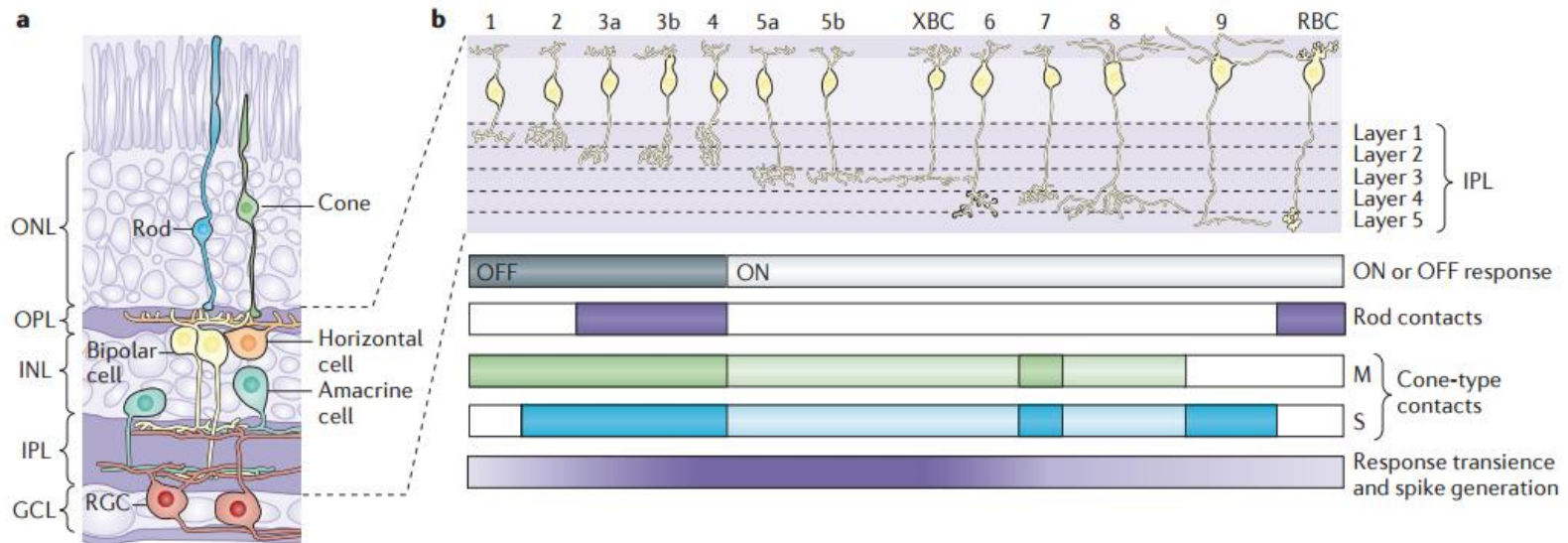
Menschliche Retina. Eigenes Forschungspräparat.

# Bipolarzelle



Menschliche Retina. Eigenes Forschungspräparat.

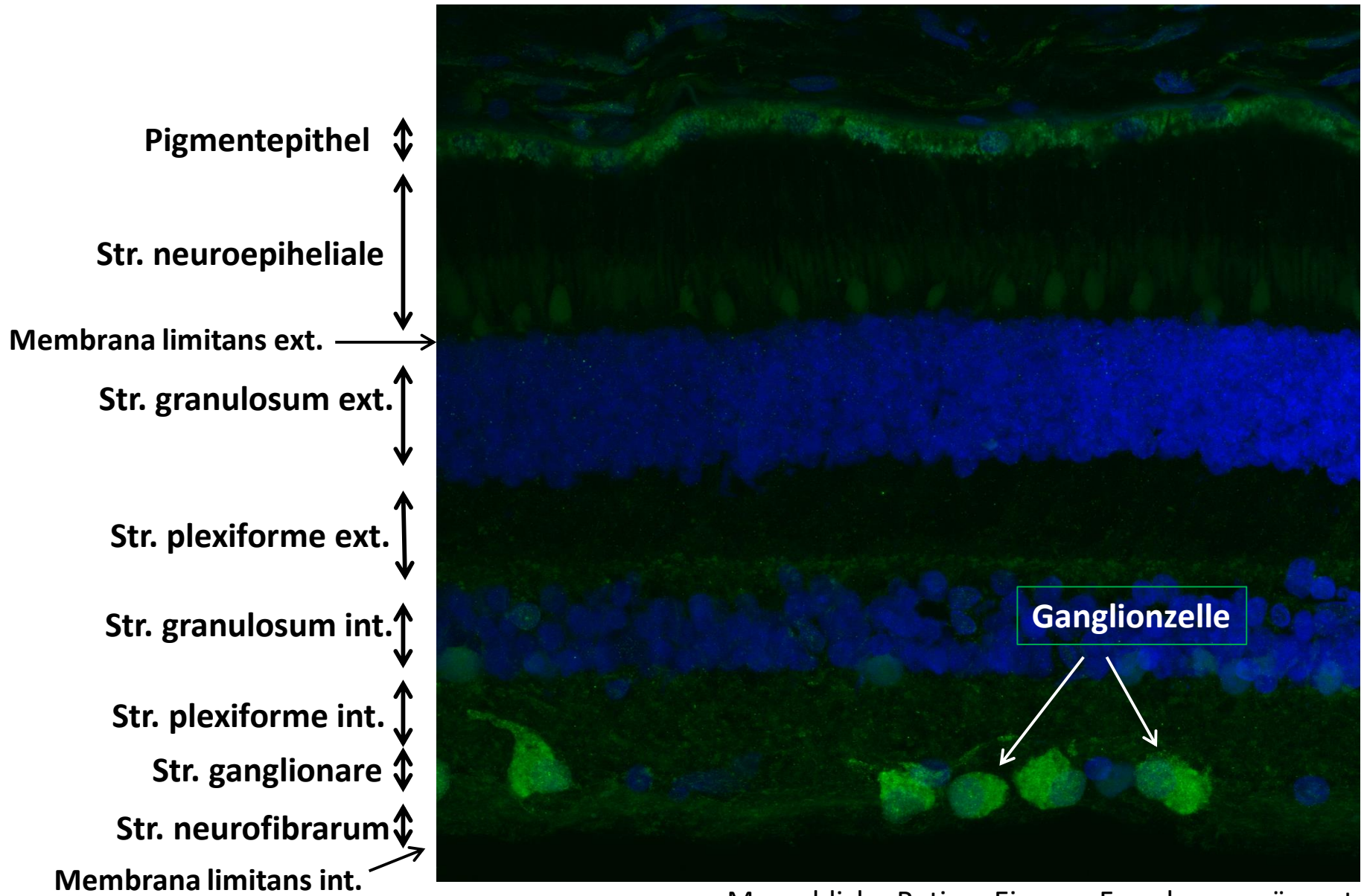
# Bipolarzelle



**Figure 1 | Organization of the bipolar cells in a mammalian retina.**  
**a** | The retina is organized in three nuclear and two synaptic ('plexiform') layers. Light entering the eye passes the entire tissue to reach the light-sensitive outer segments of the rod and cone photoreceptors, where it is transduced into an electrical signal. At the first synaptic layer (the outer plexiform layer (OPL)), this signal is shaped by 1–3 types of horizontal cells and subsequently distributed onto  $\geq 13$  types of bipolar cells. Bipolar cells form parallel information pathways representing different transformations of the photoreceptor signal and provide the inner retina with highly pre-processed excitatory input. In the inner plexiform layer (IPL), bipolar cell axon terminals synapse onto amacrine cells and retinal ganglion cells (RGCs). Amacrine cells are the most diverse cell class in the retina ( $\sim 42$  distinct types exist) and provide bipolar cells and RGCs with mostly inhibitory or neuromodulatory input. Finally,  $\sim 20$  types of RGCs integrate the input from distinct sets of bipolar cells and amacrine cells, and encode the result as trains of spikes to be sent to higher visual centres via their axons, which form the optic nerve. The detailed local interactions between bipolar cells, amacrine cells and RGCs in the inner retina fundamentally underpin the visual feature extraction capabilities of the retina. **b** | Morphologies of the 12 types of

cone bipolar cells and the rod bipolar cell (RBC) in the mouse, which are arranged according to their IPL stratification level (top part of panel)<sup>6,13,22,23</sup>. Some of the functional differences ('qualities' of the output signals) between bipolar cell types are indicated below this schematic. Depending on the polarity of their light response, bipolar cells can be grouped into ON and OFF cells. Moreover, some bipolar cells can be differentiated on the basis that they relay low-light signals from rods<sup>20,48,152</sup> (denoted by purple bars). Mice possess short (S; blue) and medium (M; green) wavelength-sensitive cones, with many M-cones co-expressing S-opsin<sup>153</sup>, and depending on the cone type (or types) they contact, bipolar cells can be labelled as chromatic or achromatic<sup>13,22,78</sup> (contacts denoted by blue and green bars; dimed bars indicate probable but not yet experimentally confirmed contacts). Bipolar cells with terminals in the IPL's central bulk respond more transiently (and often generate spikes) than those closer to the IPL borders (varying response denoted by graded purple bar). GCL, ganglion cell layer; INL, inner nuclear layer; ONL, outer nuclear layer. The top panel of part **b** is adapted with permission from REF. 13, Society for Neuroscience, is adapted with permission from REF. 23 © (2004) Wiley, and is adapted from REF. 6, Nature Publishing Group.

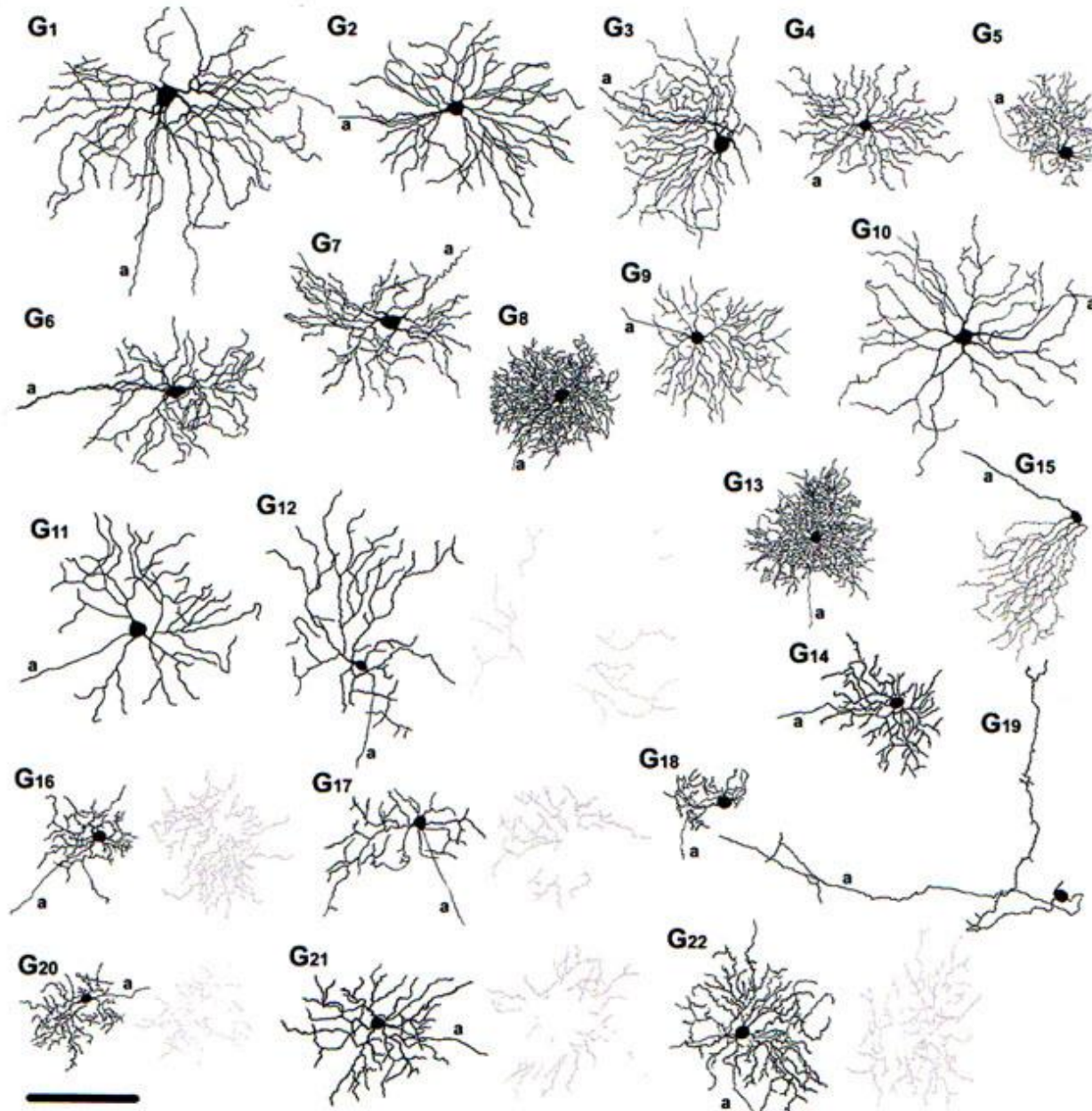
# Ganglionzelle



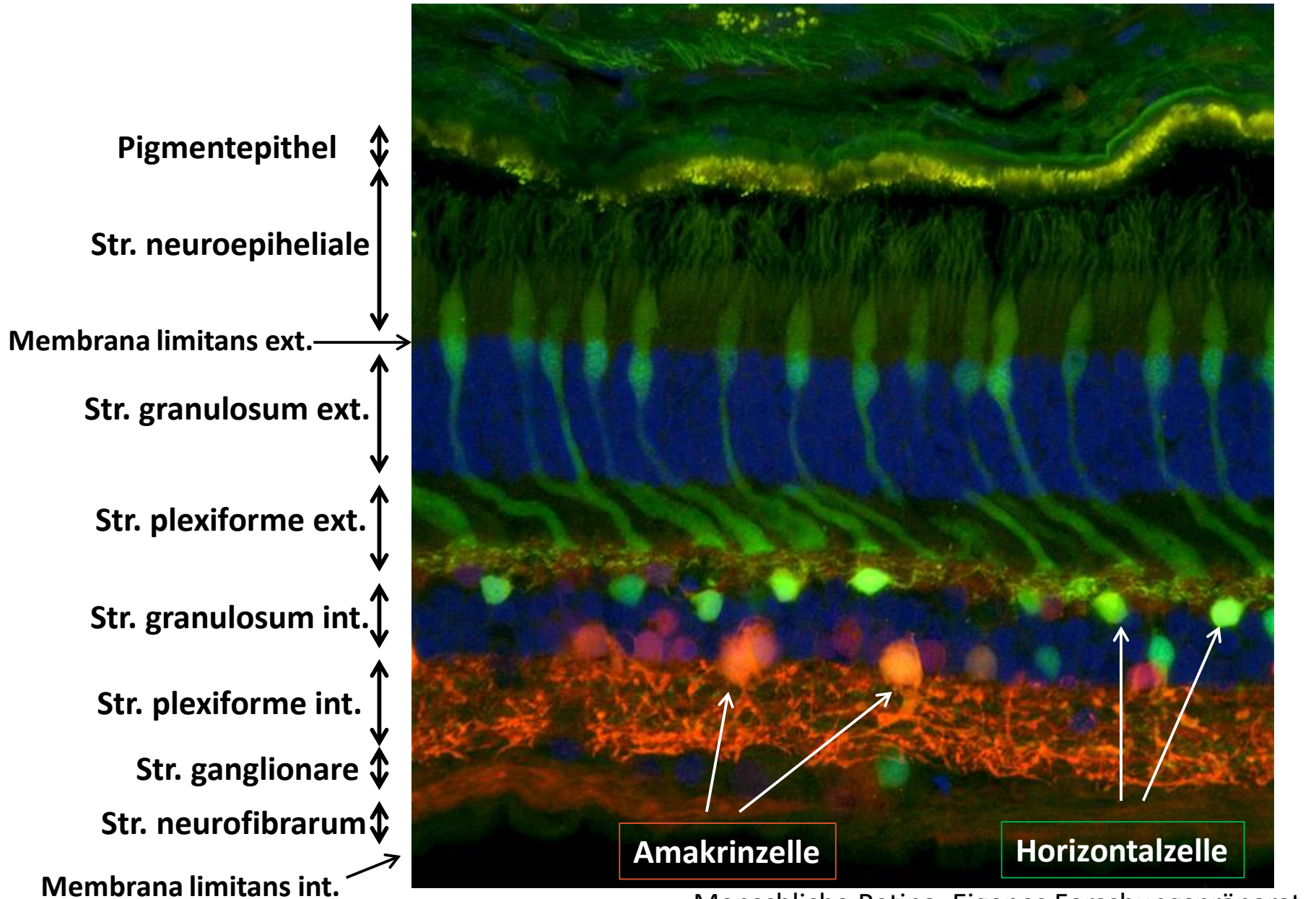
Menschliche Retina. Eigenes Forschungspräparat.



# Ganglionzelle

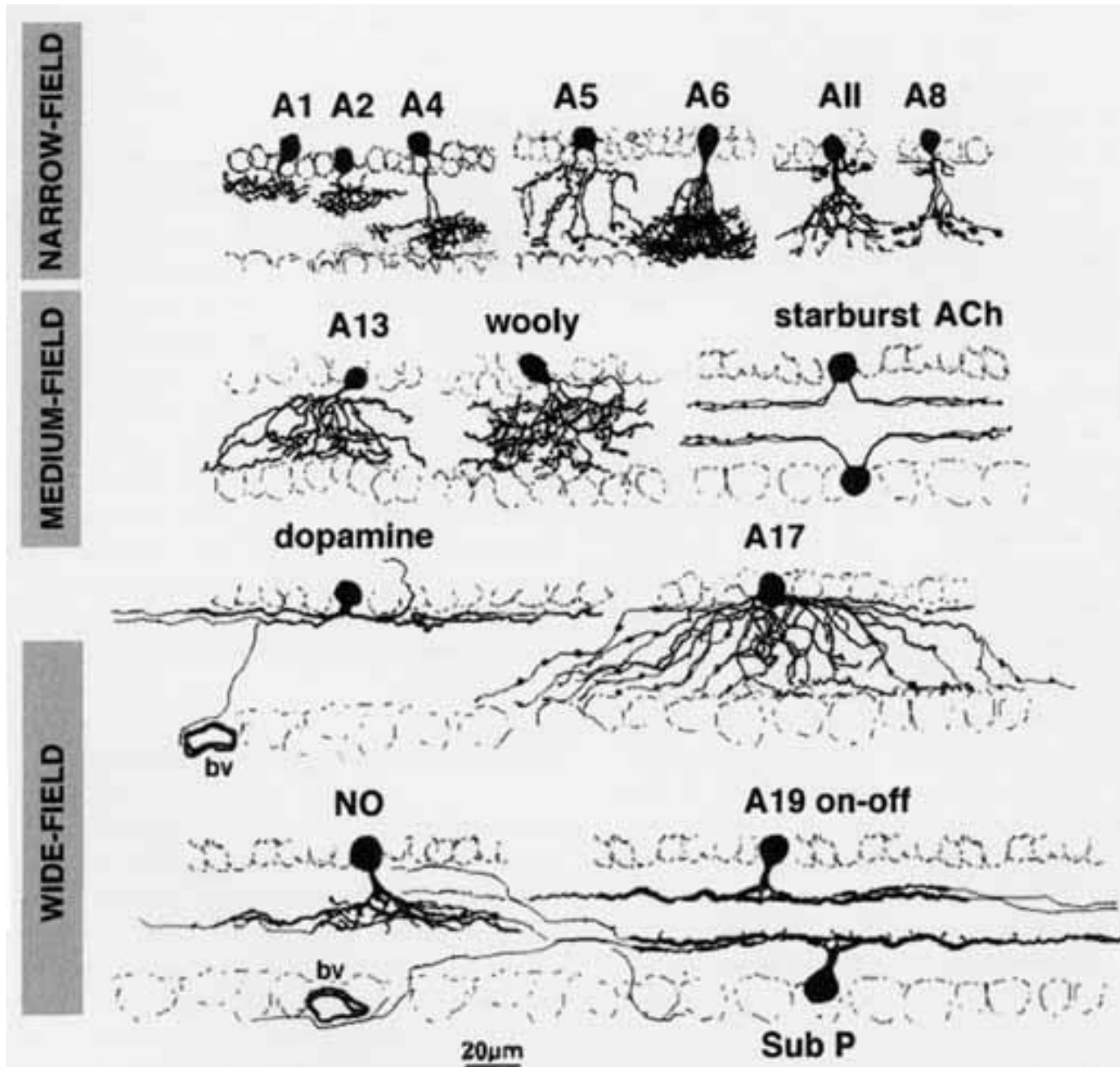


# Horizontalzelle und Amakrinzelle



Menschliche Retina. Eigenes Forschungspräparat.

# Amakrinzelle



# Macula lutea

Fovea centralis (1,5 mm)

Foveola (0,35 mm)

V

S

GC

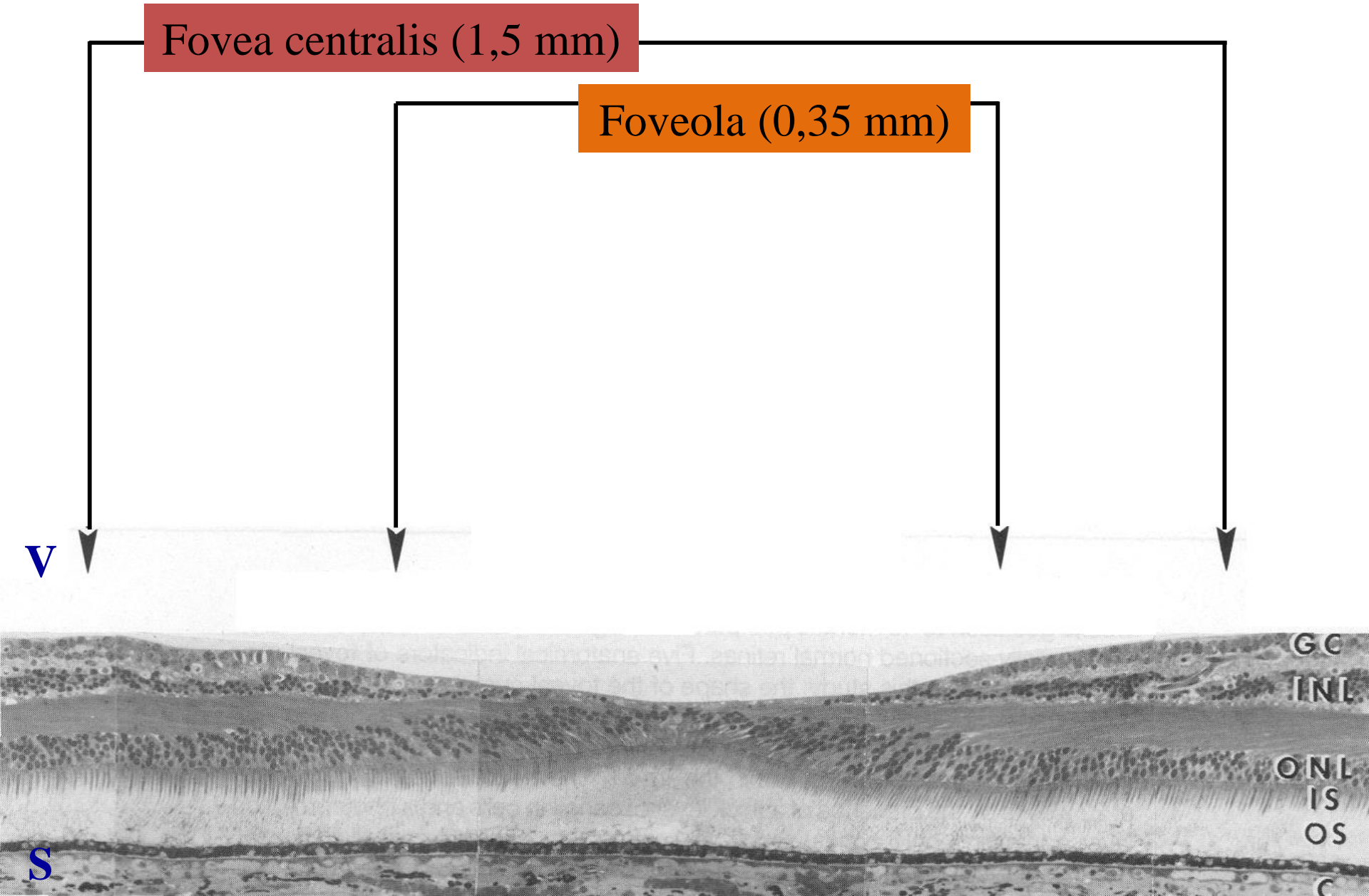
INL

ONL

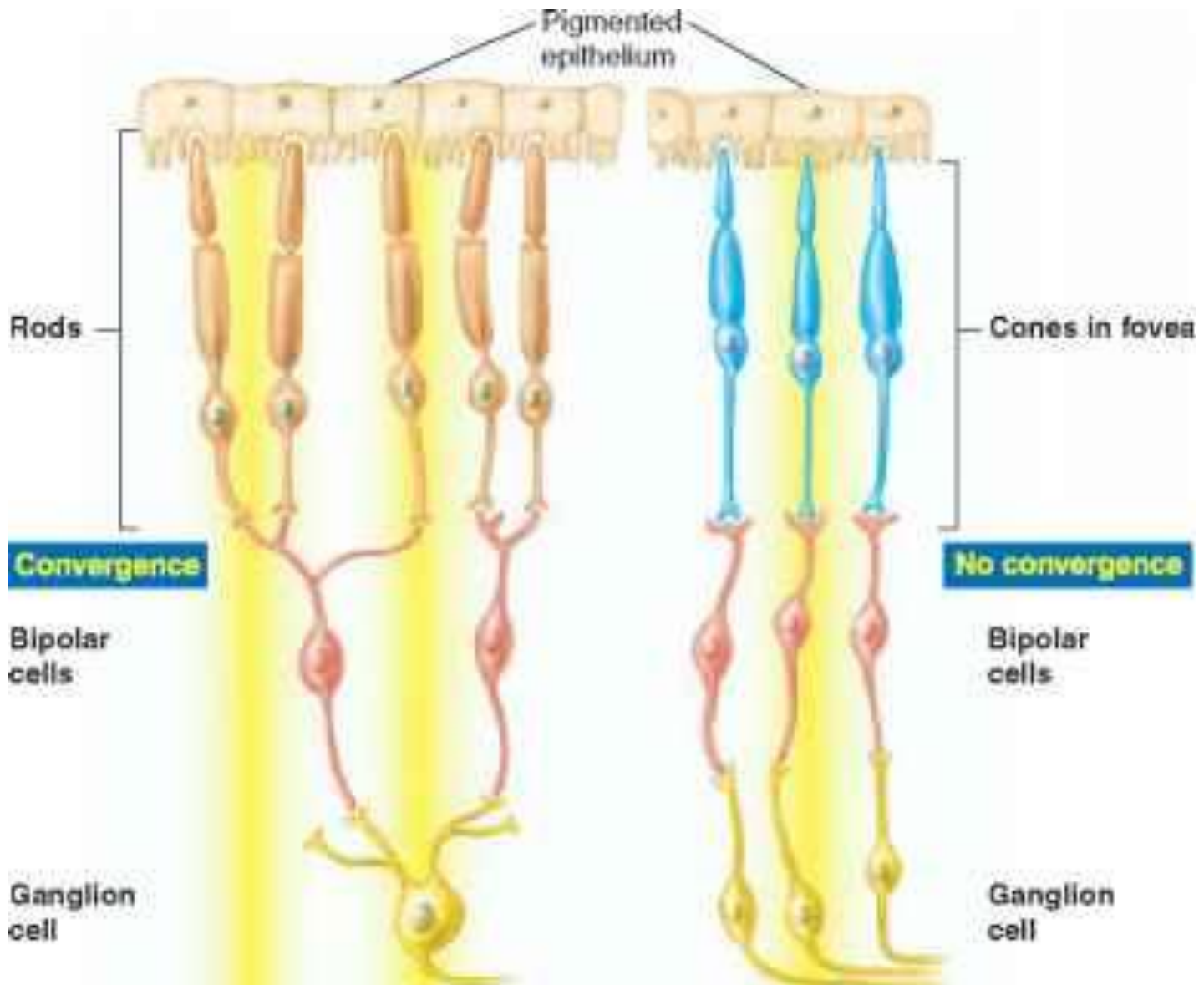
IS

OS

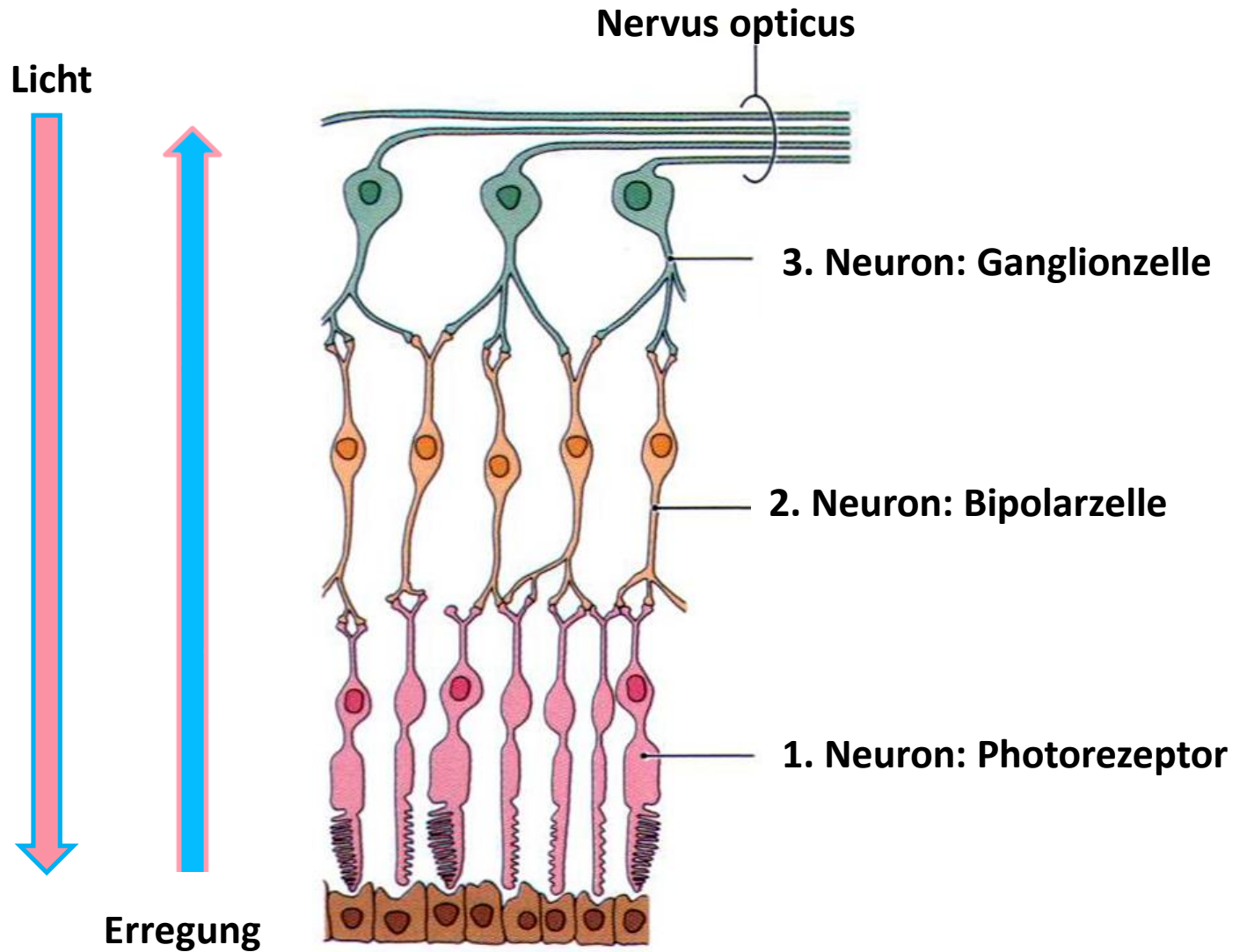
C



# Konvergenz vs direkte Verschaltung



# Sehbahn



# Sehbahn

- 1. Neuron: Photorezeptor**
- 2. Neuron: Bipolarzelle**
- 3. Neuron: Ganglionzelle**

Nervus opticus

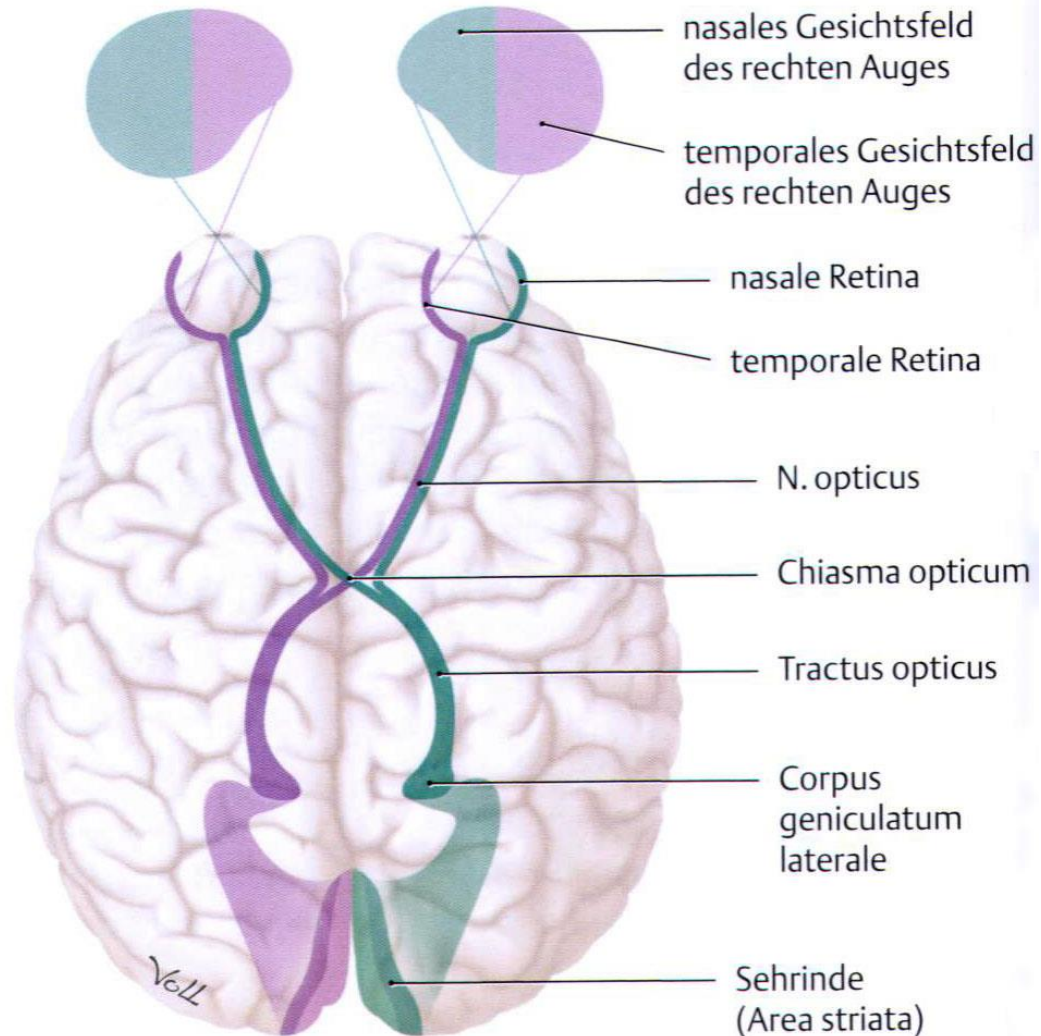
Chiasma opticum

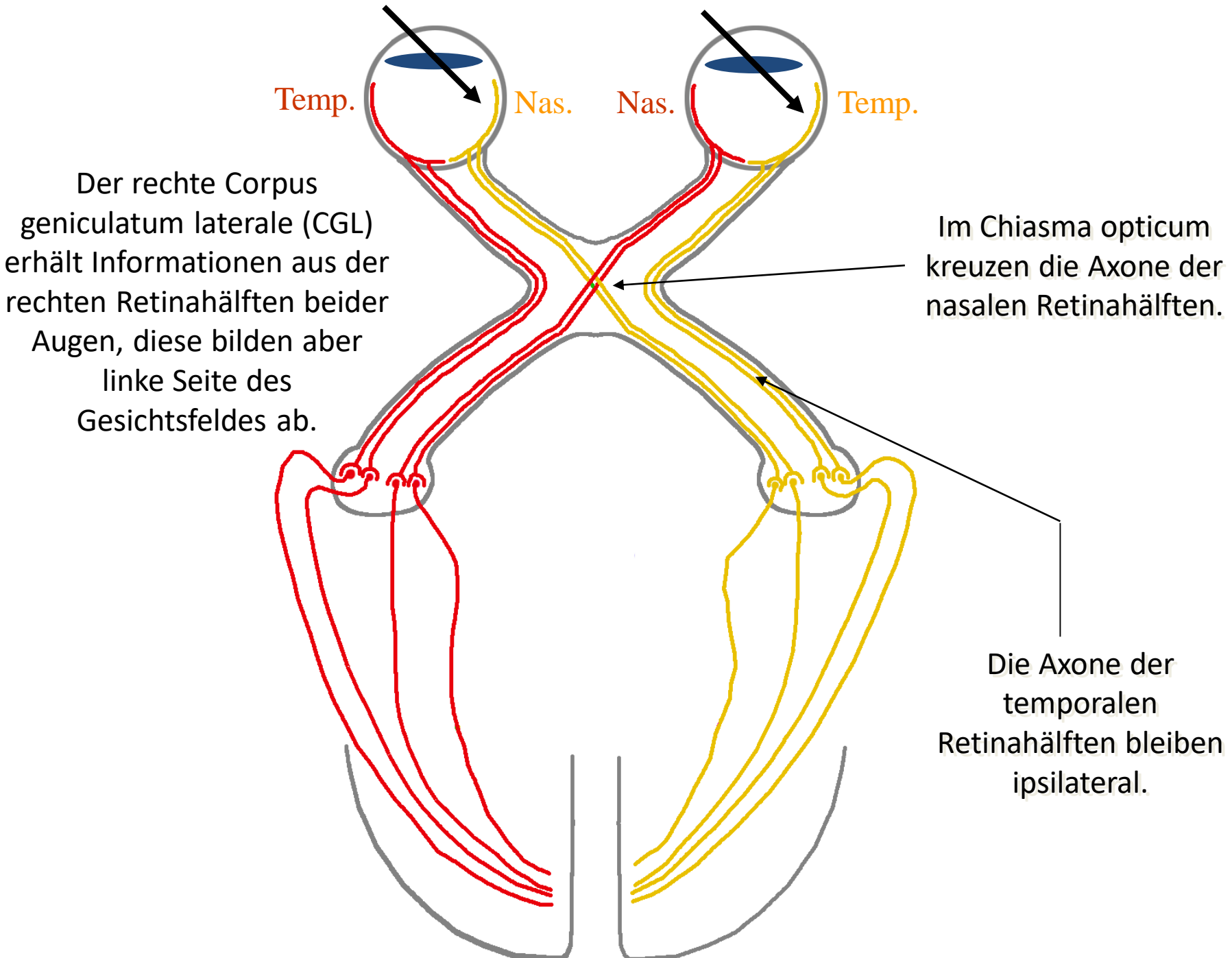
Tractus opticus

**4. Neuron: CGL**

Radiatio optica

**Area striata (Brodmann 17)**





Temp.

Nas.

Nas.

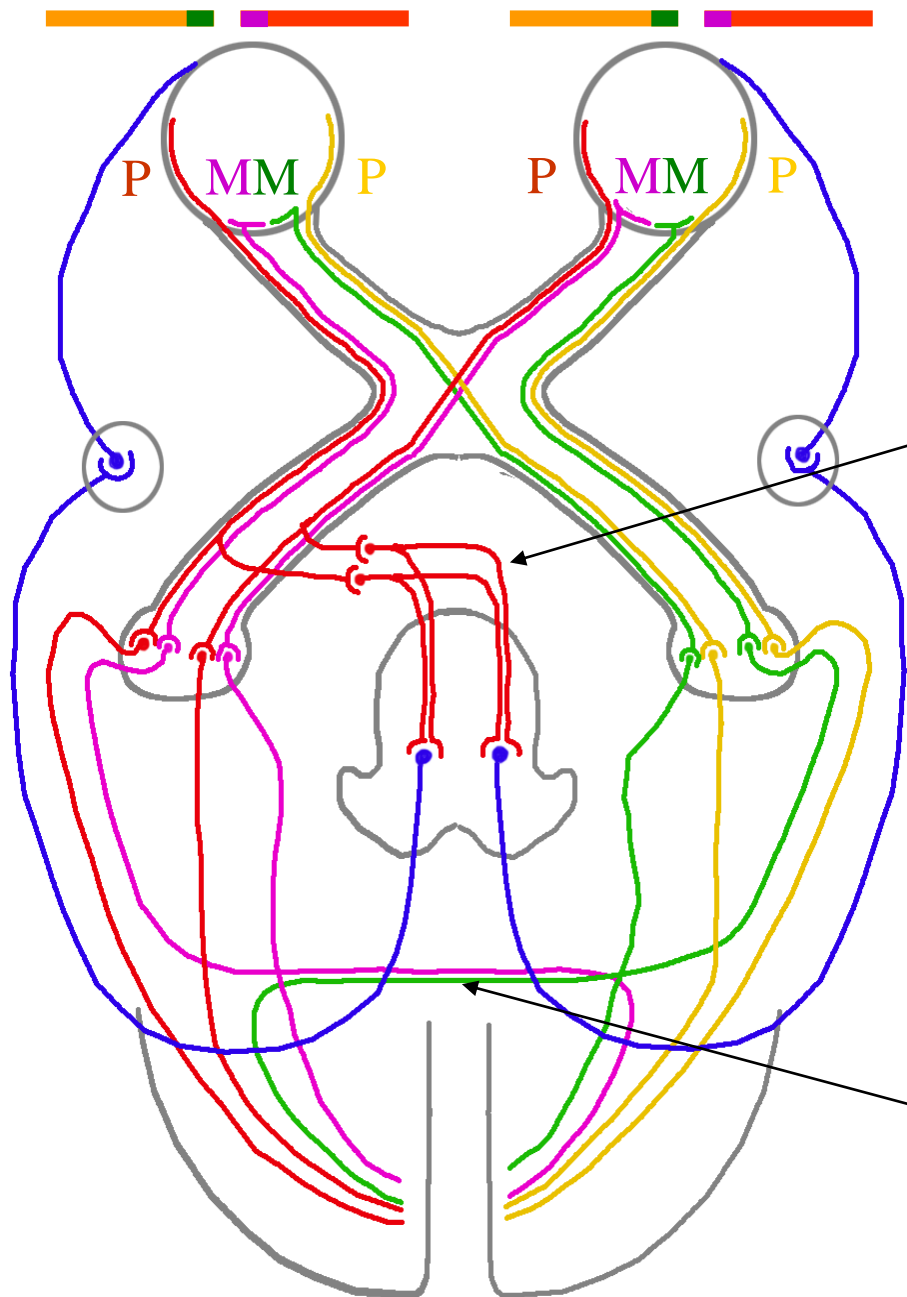
Temp.

Der rechte Corpus geniculatum laterale (CGL) erhält Informationen aus der rechten Retinahälfte beider Augen, diese bilden aber linke Seite des Gesichtsfeldes ab.

Im Chiasma opticum kreuzen die Axone der nasalen Retinahälften.

Die Axone der temporalen Retinahälften bleiben ipsilateral.





Ein Teil der Axone verlassen den Tractus opticus vor dem Corpus geniculatum laterale (CGL) und/oder geben Kollateralen zum Hirnstamm und Hypothalamus ab (extragenikuläre Fasern).

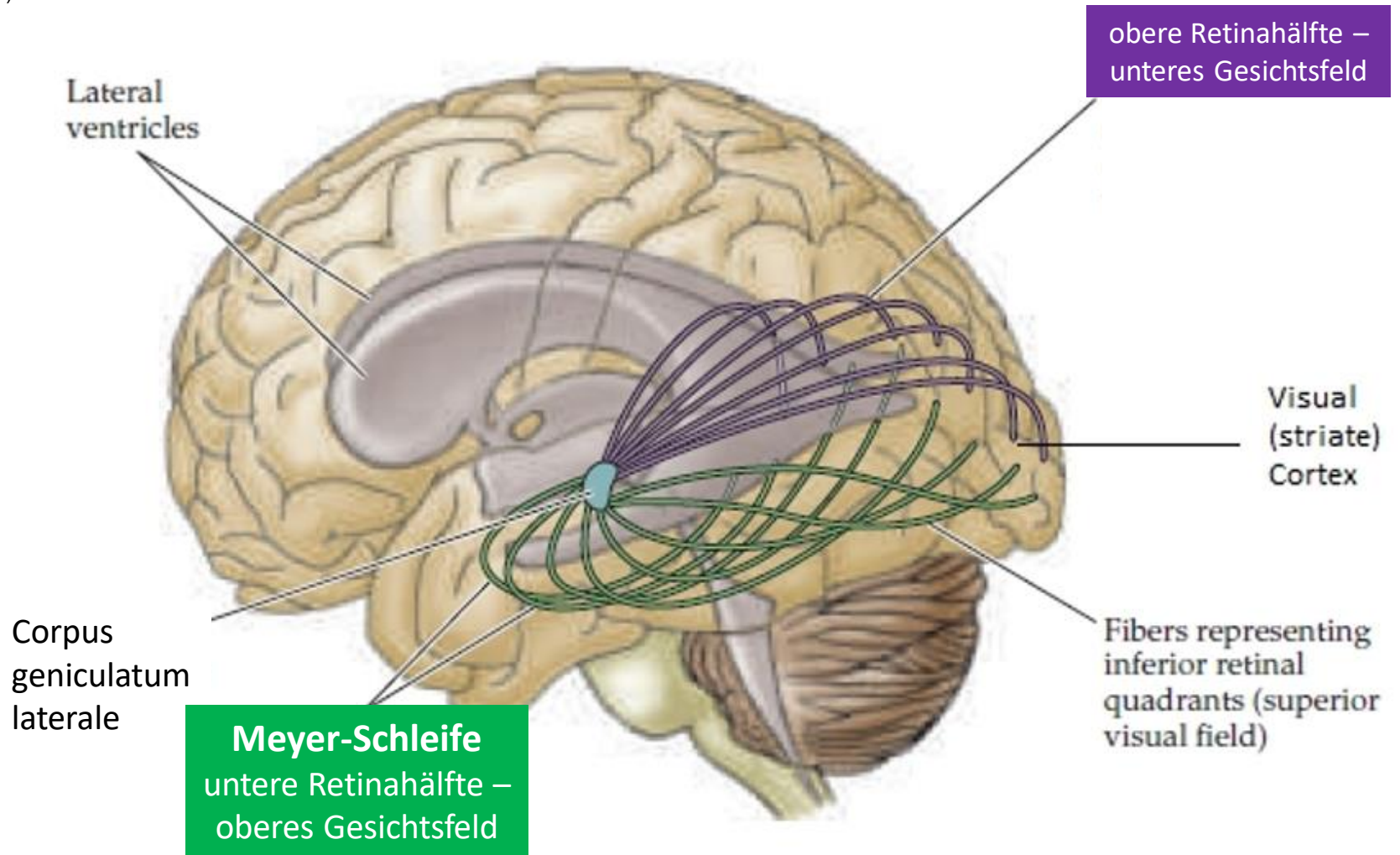
Die Axone des Tractus opticus werden im CGL verschaltet.

Die Mehrheit der Axone des 4. Neurons projiziert auf die ipsilaterale Sehirinde (Radiatio optica). Nur die makularen Fasern projizieren über Kollateralen bilateral auf beiden Hemisphären.

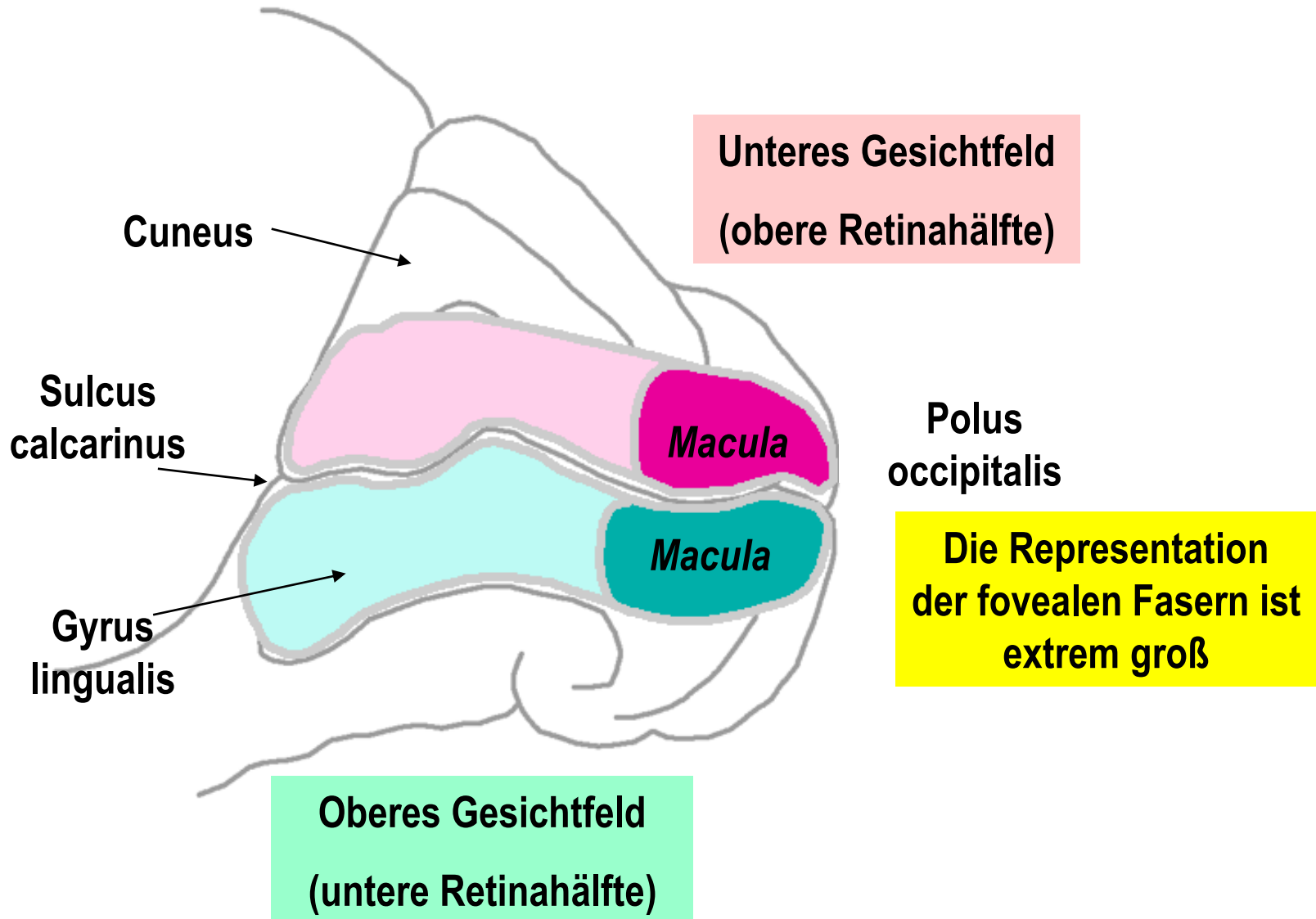


**Adolf Meyer**  
(1866 – 1950)

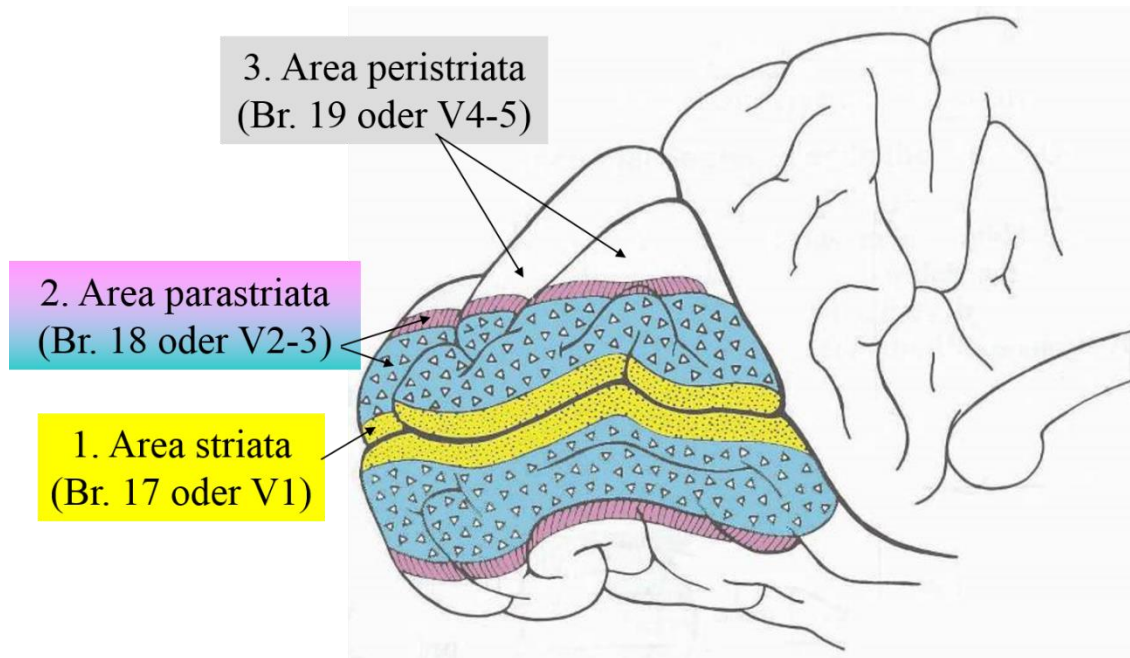
# Radiatio optica



# Primäre Sehrinde



# Funktionelle Einteilung der Sehrinde



V1 – Primäre Sehrinde  
(jede Funktion)

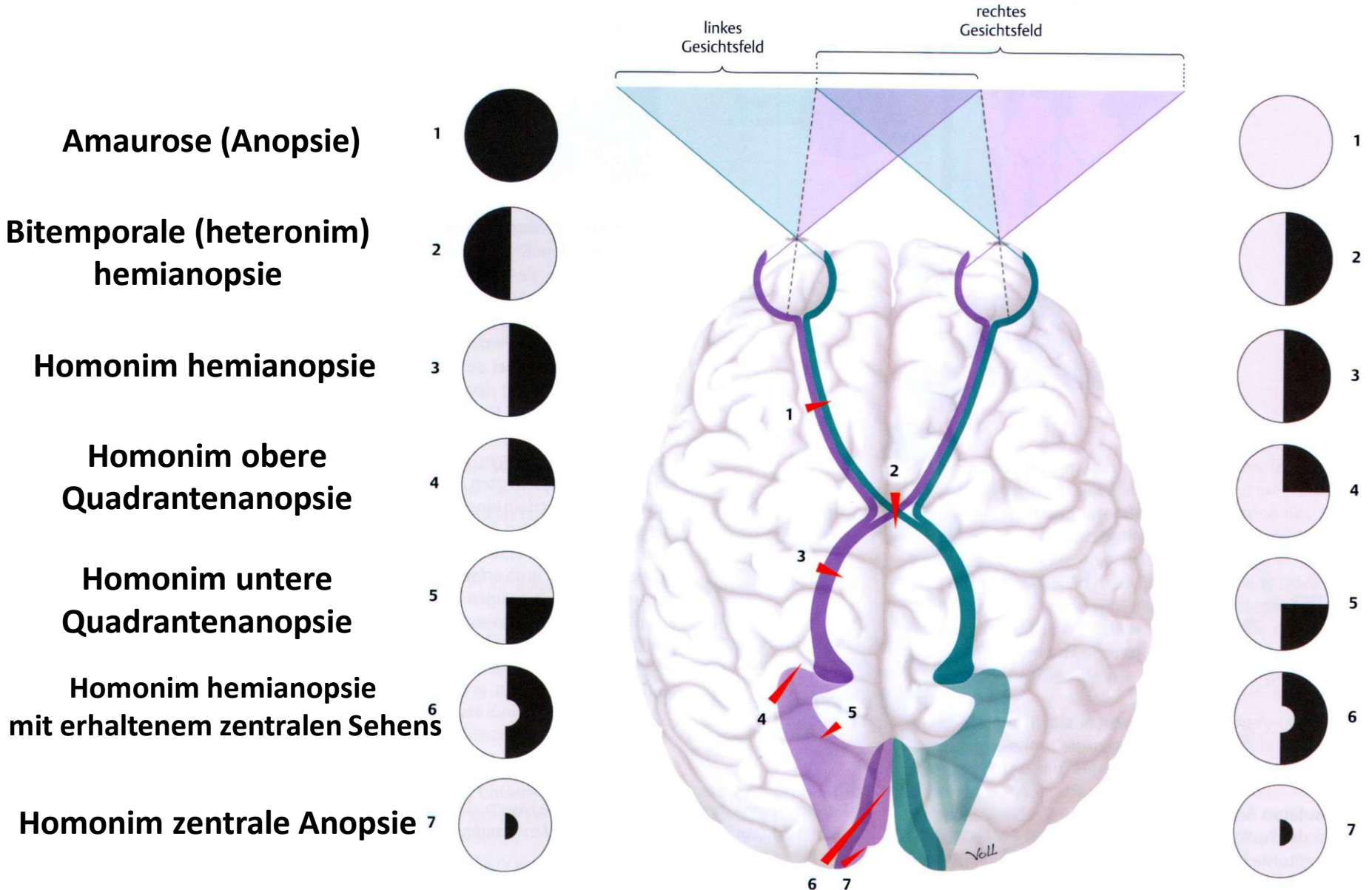
V2 – Sekundäre Sehrinde  
(jede Funktion)

V3 – Tertiäre Sehrinde  
(Formerkennung)

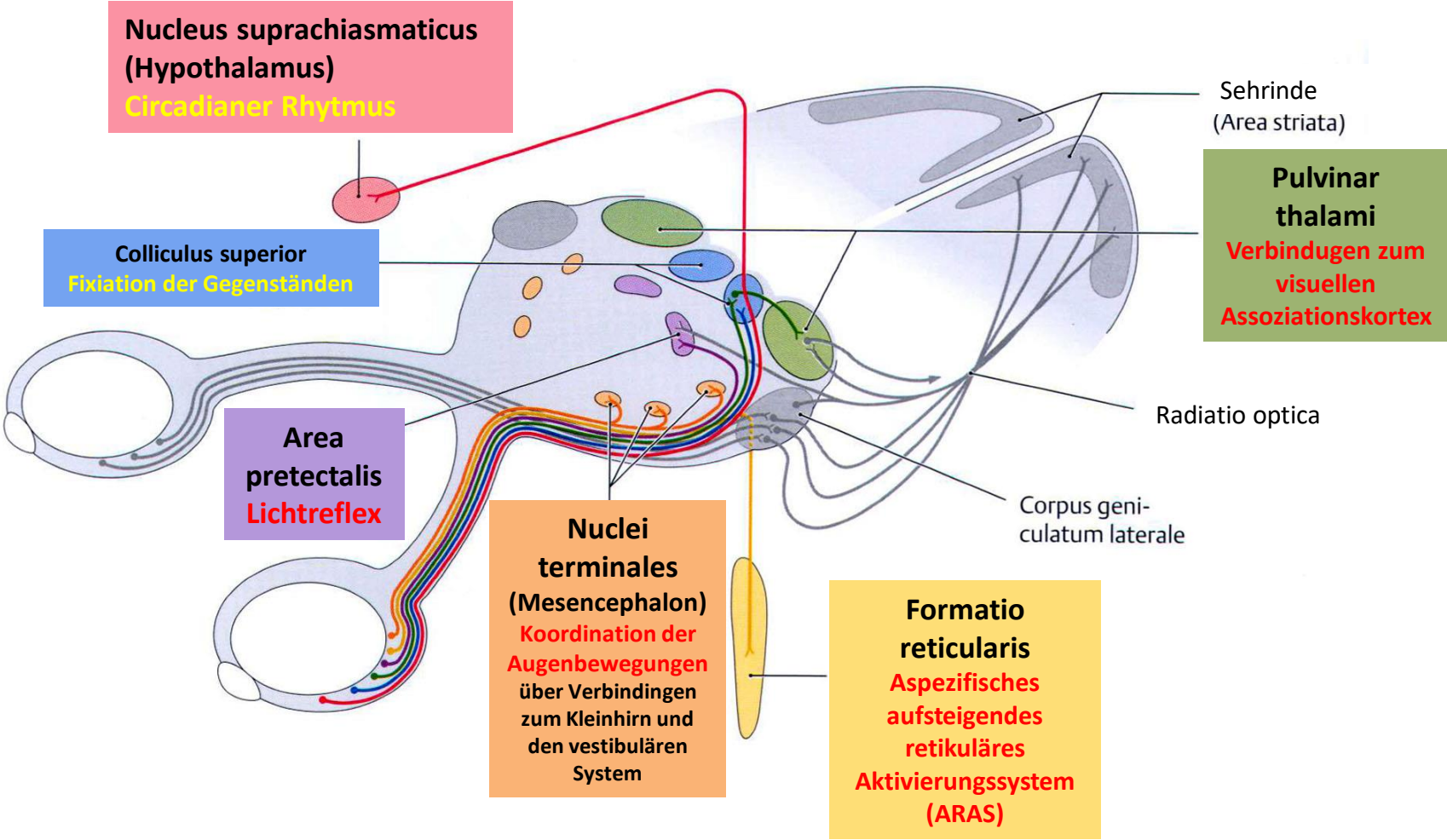
V4 – Tertiäre Sehrinde  
(Farberkennung)

V5 – Tertiäre Sehrinde  
(Bewegungserkennung)

# Läsionen der Sehbahn



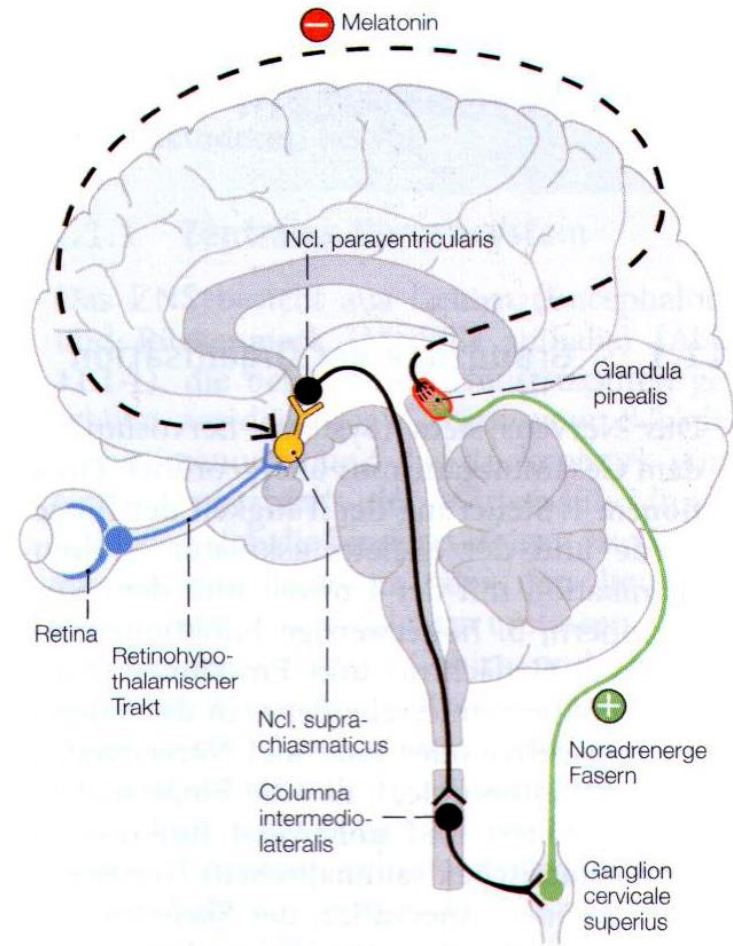
# Sehbahn – extragenikuläre Fasern



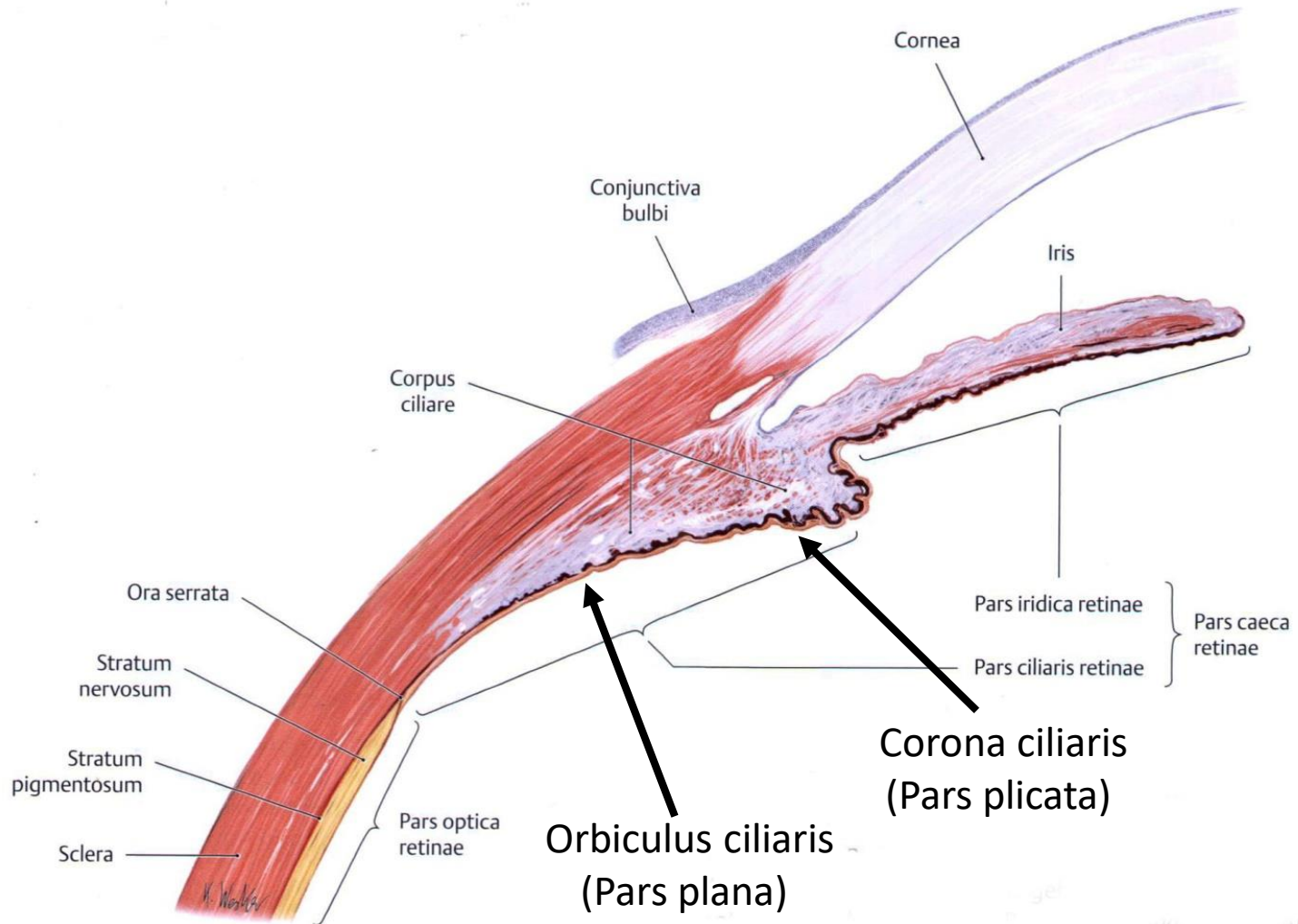
# Non-visuelle Photoperzeption

## Nucleus suprachiasmaticus im Hypothalamus

- Er reguliert als intrinsic Zeitgeber den Tag-Nacht-Rythmus
- Der Kern erhält afferenzen aus der Retina durch Kollateralen der Sehbahn
- Er reguliert die Melatoninsynthese des Corpus pineale
- Die Synthese des Melatonin wird durch das Licht gehemmt, und es wird in Dunkelheit freigesetzt
- Das Melatonin fördert den Schlaf und es hat starke antigonadotrope Wirkung
- *Melatonin kann bei Jetlag und Schlafstörungen (Insomnie) als Arzneimittel verwendet werden*



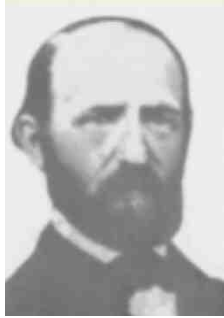
# Tunica vasculosa: Corpus ciliare





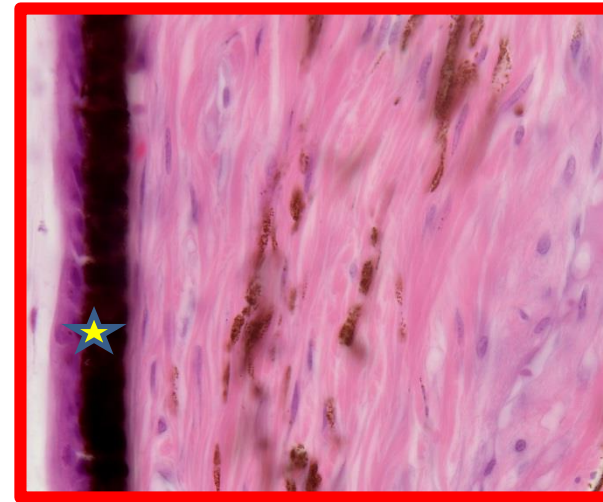
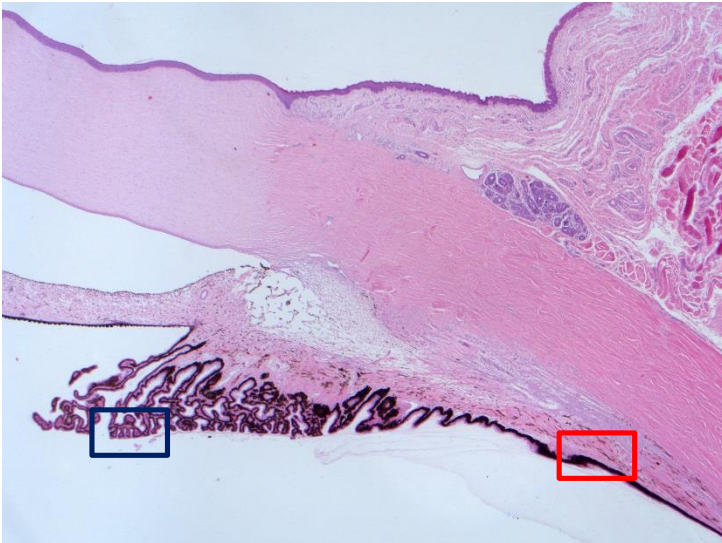


# Tunica vasculosa: Corpus ciliare



Ernst Wilhelm  
von Brücke  
(1819 – 1892)

Heinrich Müller  
(1820 - 1864)



## 1. Stratum musculare

Fibrae meridionales (Brücke-Muskel)

Fibrae radiales

Fibrae circulares (Müller-Muskel)

## 2. Stratum vasculare

## 3. Pars ciliaris retinae (Epithel)★

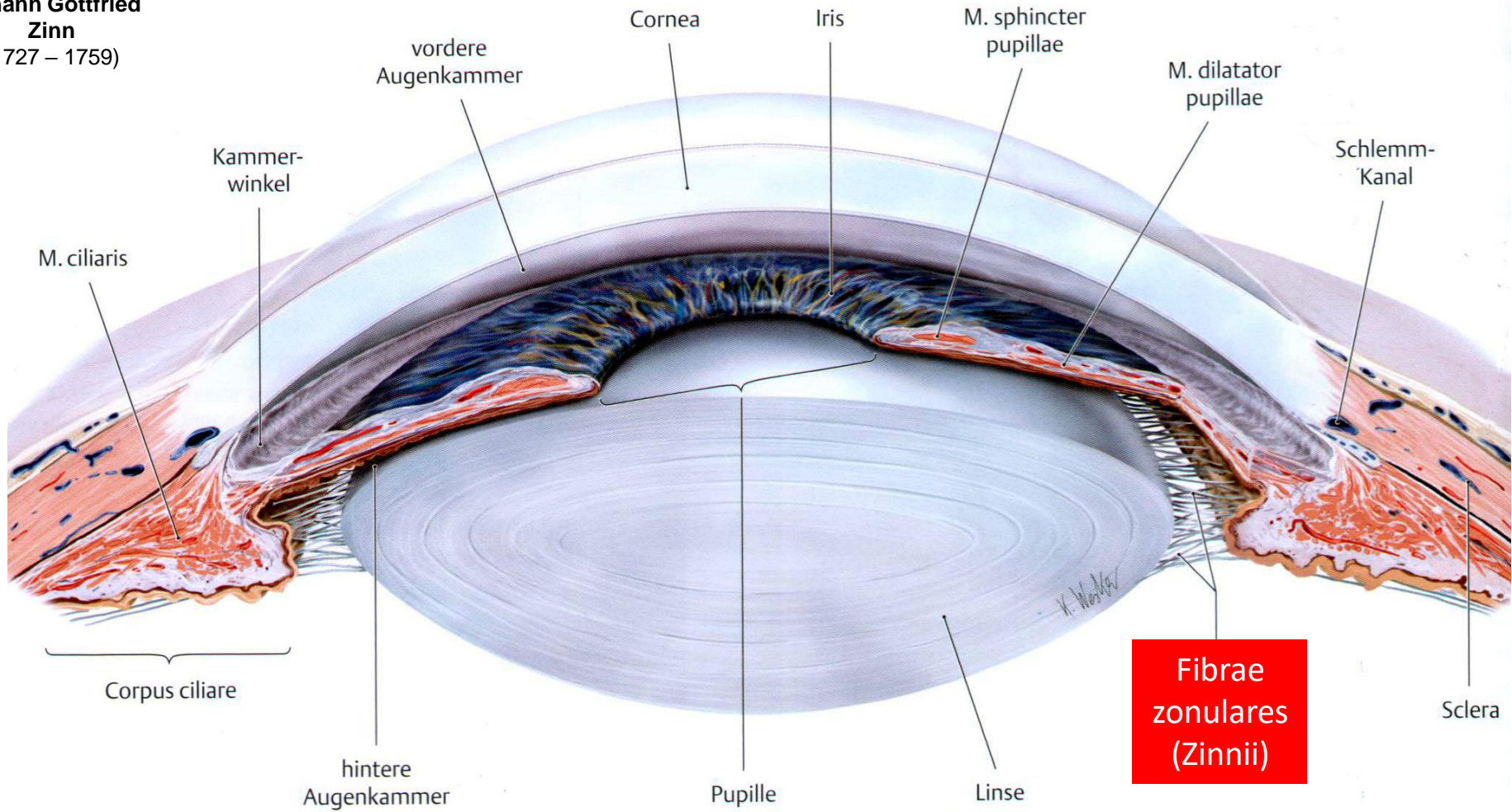
# Halteapparat der Linse



Johann Gottfried Zinn  
(1727 – 1759)



Zinnia elegans



# Einstellung der Brechkraft der Linse

## AKKOMODATION:

Der M. ciliaris kontrahiert

(N. oculomotorius – parasymphatische Innervation)

Der Ziliarkörper wird nach vorne gezogen

Die Zonulafasern erschlaffen sich

Aufgrund ihrer Eigenelastizität steigt die Krümmung und der Durchmesser der Linse

**Die Brechkraft der Linse steigt, sie wird für die Nähe eingestellt**

## DESAKKOMODATION:

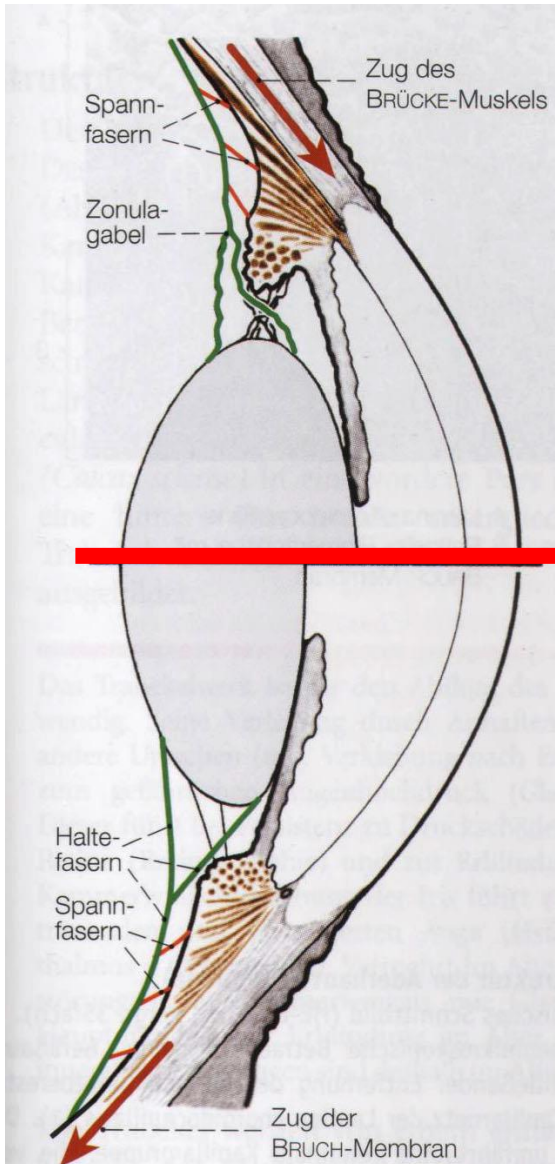
Der M. ciliaris erschlafft sich

Der Halteapparat wird durch die Bruch-Membran nach hinten gezogen

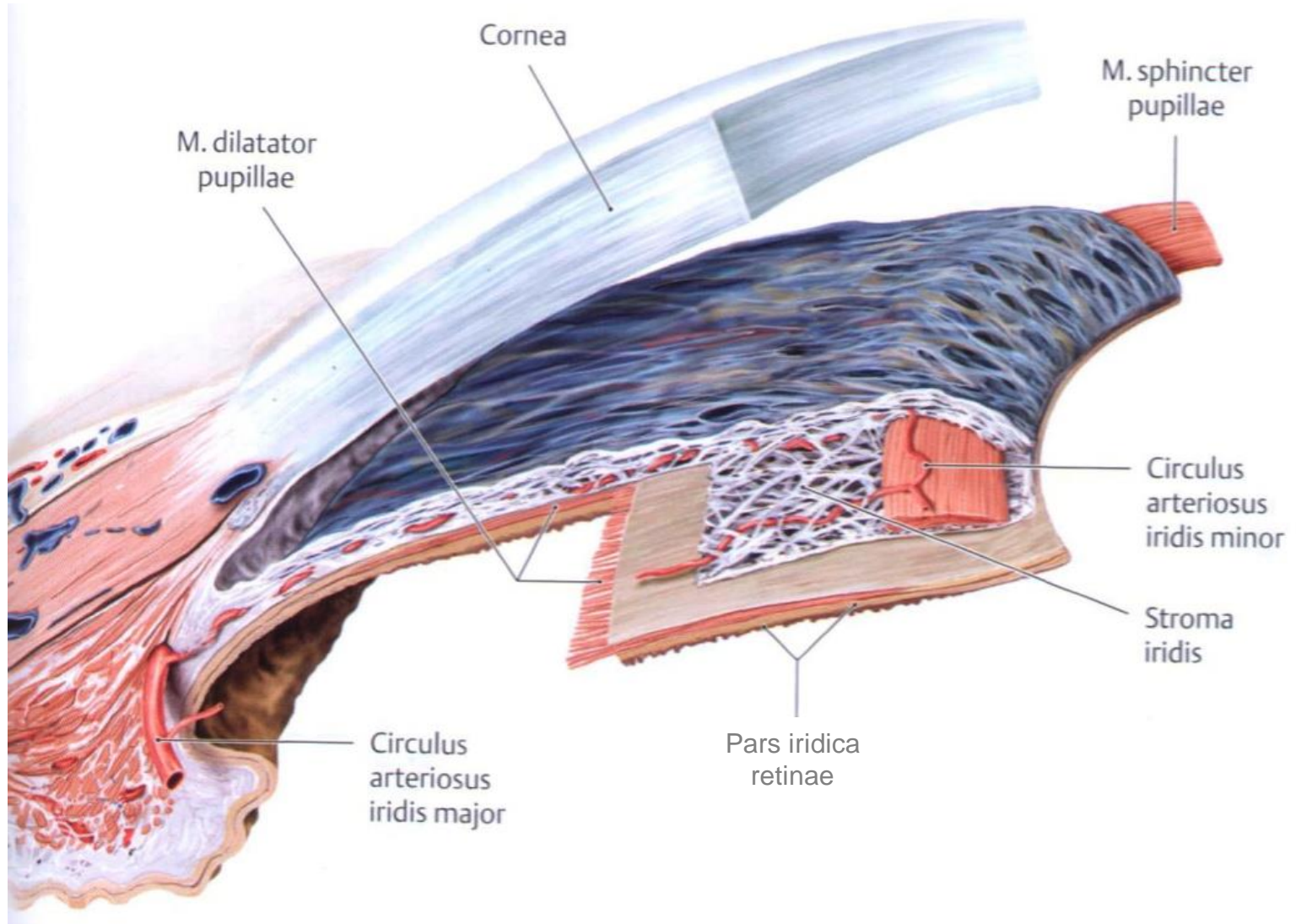
Die Zonulafasern werden angespannt

Die Linse wird zu der Seite gezogen und wird flacher

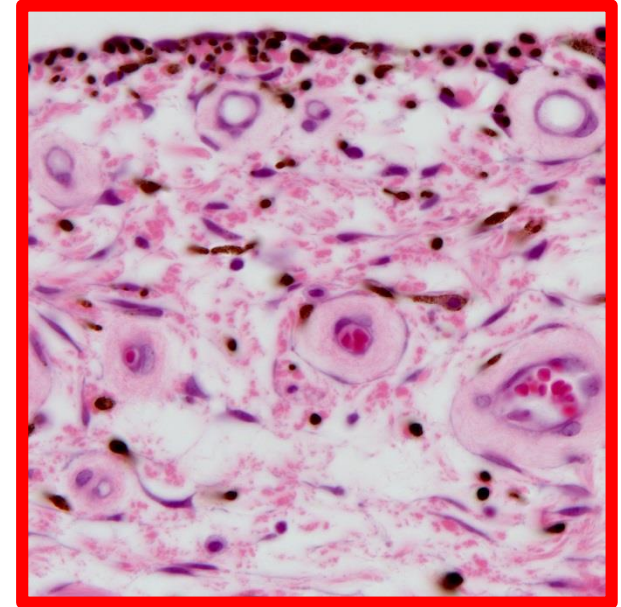
**Die Brechkraft der Linse nimmt ab, sie wird für die Ferne eingestellt**



# Tunica vasculosa: Iris



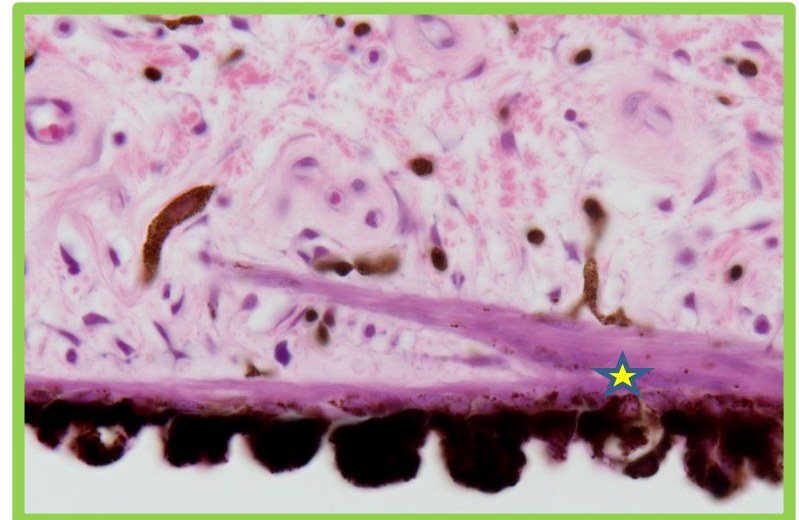
# Tunica vasculosa: Iris



1. **Endothelium camerae anterioris**  
(nur stellenweise, unkontinuerlich)

2. **Stroma (Lamina vascularis)**  
M. sphincter pupillae ★  
Melanozyten

3. **Pars iridica retinae (Epithel)**  
- *Myoepithel pigmentosum*  
(M. dilatator pupillae) ★  
- *Epithelium pigmentosum*



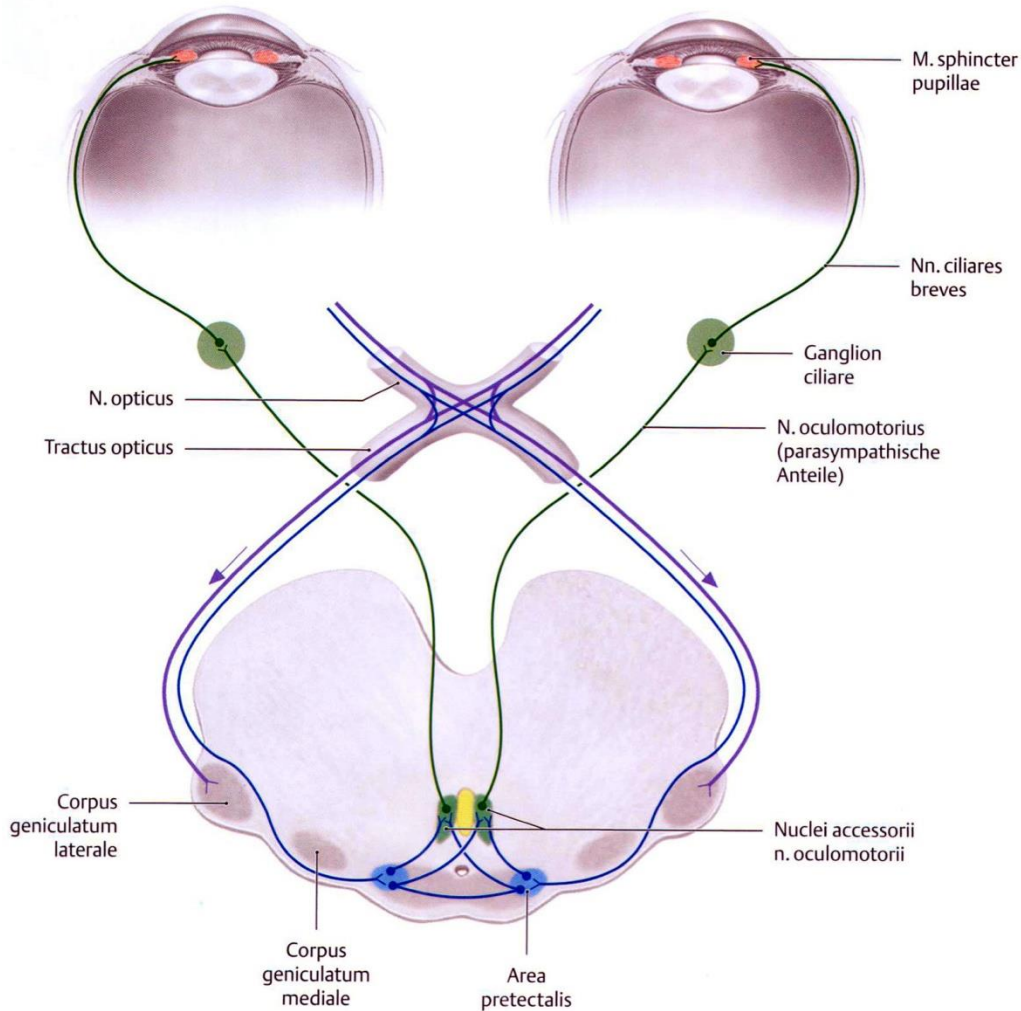


**Ludwig Edinger**  
(1855 – 1918)



**Carl Friedrich Otto Westphal**  
(1833 – 1890)

# Lichtreflex (Pupillenreflex)



**Reiz:** Beleuchtung

**Rezeptor:** Photorezeptoren der Netzhaut

**Afferenter Schenkel:** sich von der Sehbahn abtrennende Fasern, die zur Area pretectalis ziehen

**Zentraler Schaltapparat:** Area pretectalis

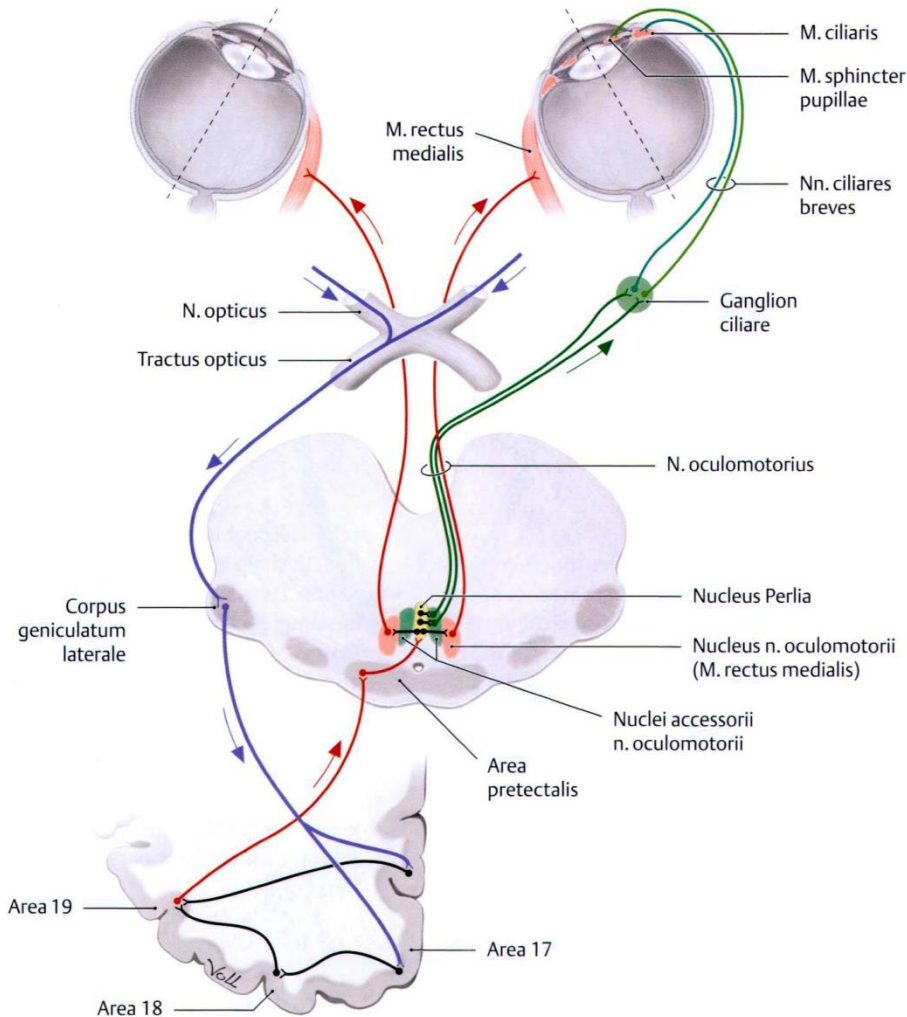
**Afferenter Schenkel:** von der Area pretectalis zum N. accessoris nervi oculomotorii (N. Edinger-Westphal) ziehende kontra- und ipsilaterale Fasern → N. oculomotorius → Ganglion ciliare → Nn. ciliares breves

**Effektor:** M. sphincter pupillae auf den beiden Seiten

**Direkte Pupillenreaktion:** Pupillenverengung (Miosis) auf der beleuchteten Seite

**Indirekte (consensuelle) Pupillenreaktion :** Pupillenverengung (Miosis) auf der unbeleuchteten Seite

# Akkommodation und Konvergenz



**Reiz:** unscharfes Bild

**Rezeptor:** Photorezeptoren der Netzhaut

**Afferenter Schenkel:** Sehbahn

**Zentraler Schaltapparat:** Sehzentrum

**Afferenter Schenkel:** die Axone ziehen vom Sehzentrum zur Area pretectalis → kontra- und ipsilateraler N. accessorii nervi oculomotorii (N. Edinger-Westphal) und N. motorius n. III

**Parasympathische Fasern:** N. oculomotorius → Ganglion ciliare → Nn. ciliares breves → M. ciliaris und M. sphincter pupillae

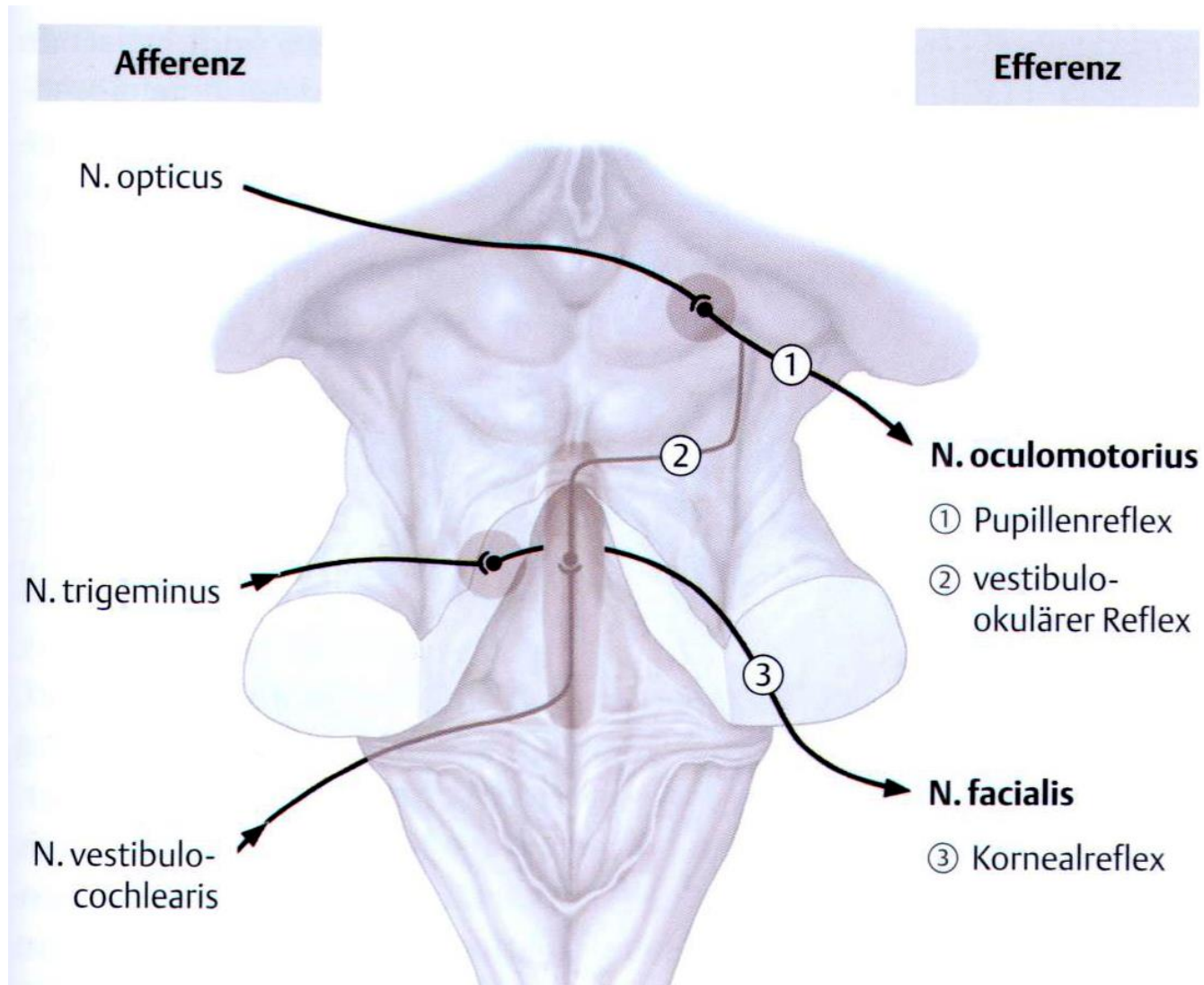
**Somatomotorische Fasern:** N. oculomotorius → M. rectus medialis

**Effektor:** M. sphincter pupillae auf den beiden Seiten  
M. ciliaris auf den beiden Seiten  
M. rectus medialis auf den beiden Seiten

**Antwort:** Akkommodation (Brechkraft der Linse ↑)  
Verengung beider Pupillen  
Konvergenz (Adduktion beider Augen)



# Weitere Hirnstammreflexe





# Angewendete Literatur

- Benninghoff, Drenckmhahn: *Anatomie, 16. Auflage, Elsevier Urban Fischer, Stuttgart*
- Paulsen, Waschke: *Sobotta Atlas der Anatomie des Menschen, 23. Auflage Urban & Fischer Verlag*
- Schünke, Schulte, Schumacher, Voll, Wesker: *Prometheus LernAtlas der Anatomie, 1. Auflage, Thieme*
- Drake, Vogl, Mitchell: *Gray's Anatomie für Studenten, 1. Auflage Urban & Fischer Verlag*
- Eigene histologische Präparate