

Die Sehbahn und ihre Läsionen. Visuelle Reflexe. Augenbewegungen.

Dr. Szabó Arnold

szabo.arnold@med.semmelweis-univ.hu

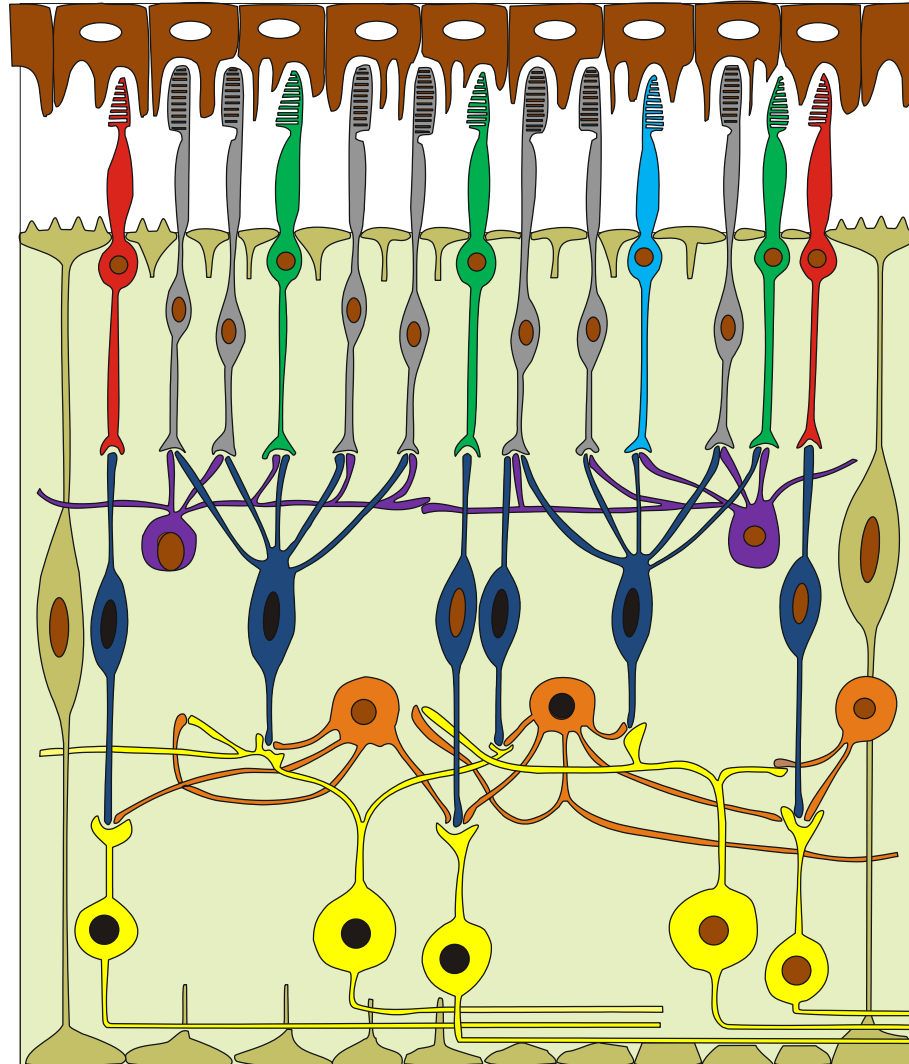
Semmelweis Universität

Anatomisches, Histologisches und Embryologische Institut

09. November 2017

Pars optica retinae

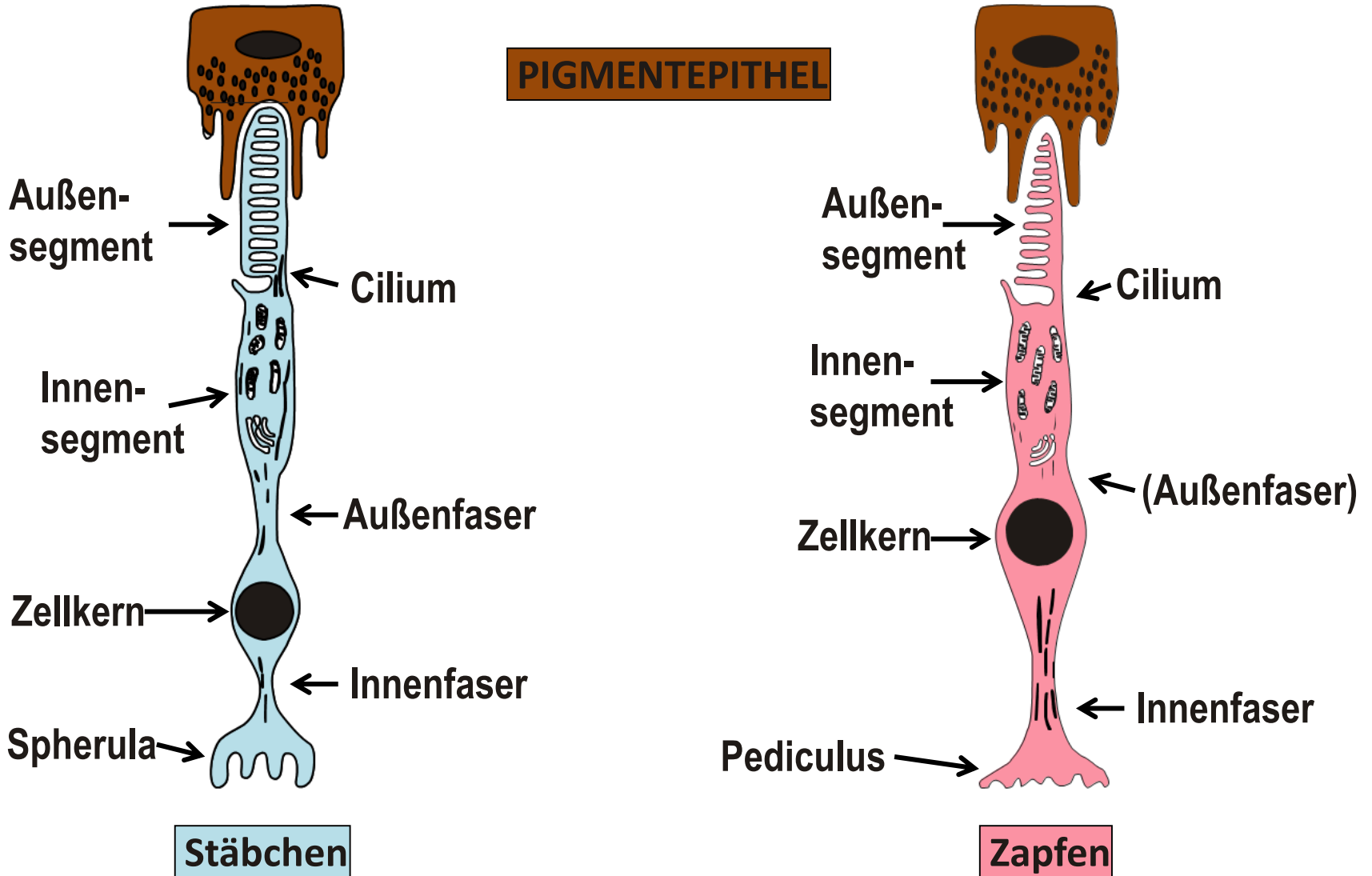
- I. Pigmentepithel
- II. Str. neuroepiheliale
- III. Membrana limitans ext.
- IV. Str. granulosum ext.
- V. Str. plexiforme ext.
- VI. Str. granulosum int.
- VII. Str. plexiforme int.
- VIII. Str. ganglionare
- IX. Str. neurofibrarum
- X. Membrana limitans int.



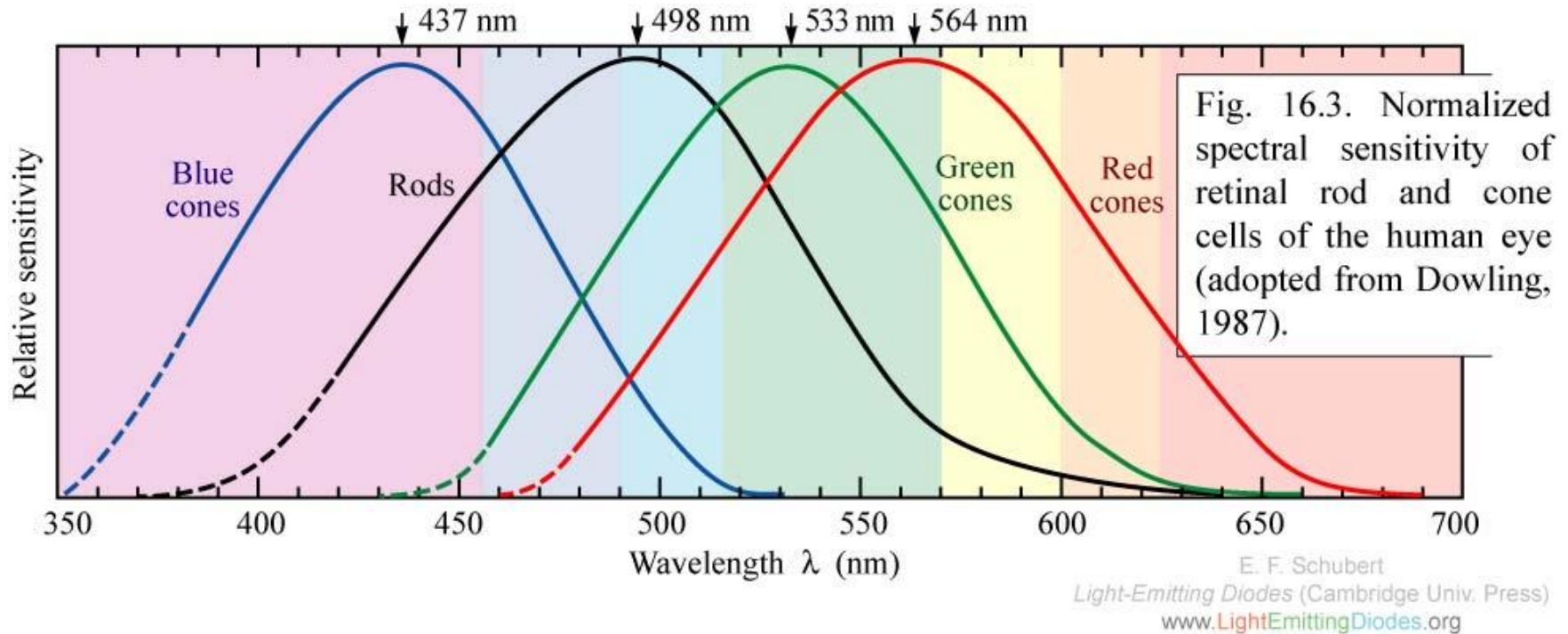
- S-Zapfen
- M-Zapfen
- L-Zapfen
- Stäbchen
- Horizontalzellen
- Müller-Zellen
- Bipolarzellen
- Amakrinzellen
- Ganglionzellen

Corpus vitreum

Aufbau der Photorezeptoren



Opsine

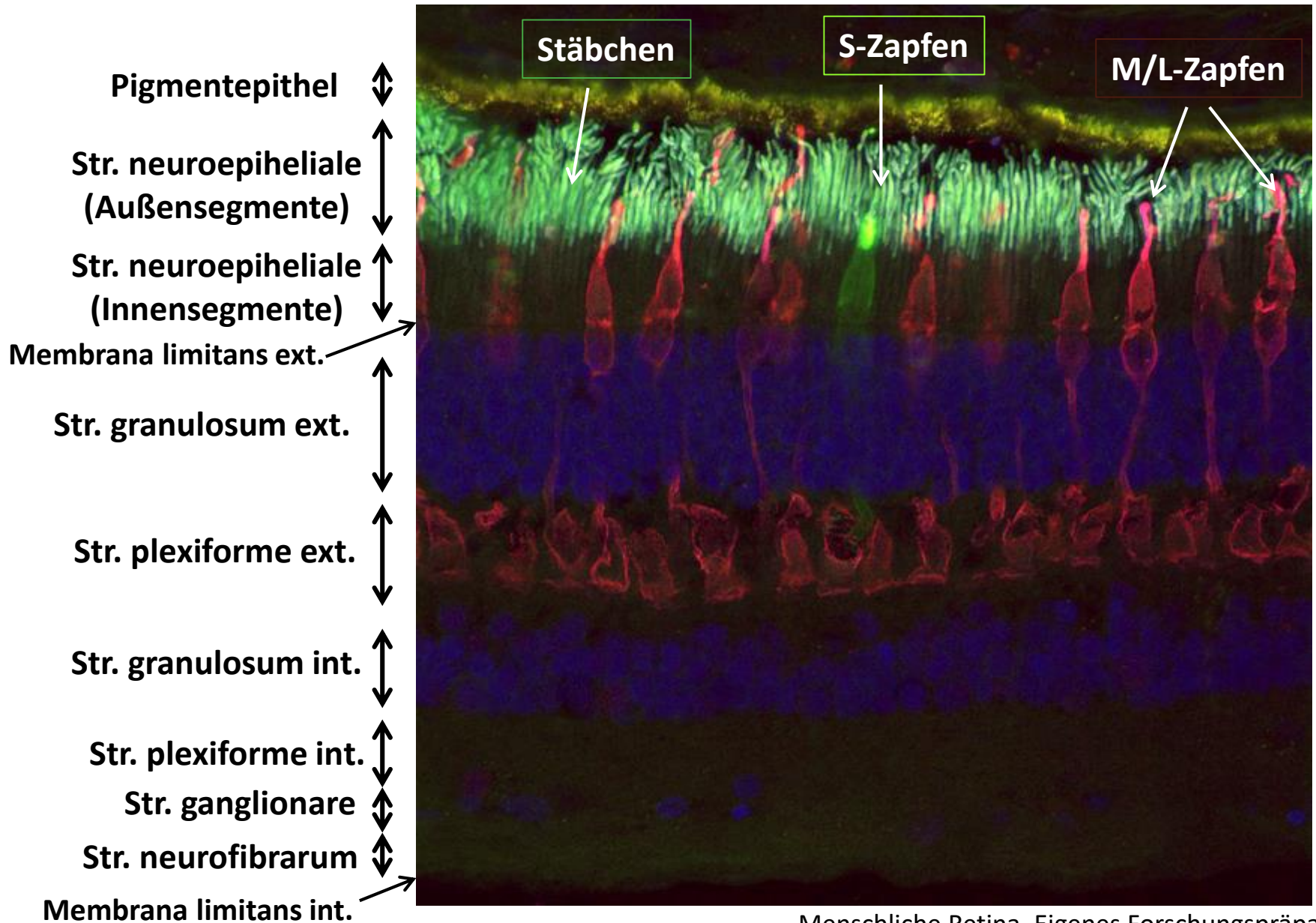


Skotopisches Sehen: Sehen mit Stäbchen bei niedriger Lichtintensität

Photopisches Sehen: Scharfes Farbsehen mit Zapfen beim Tageslicht

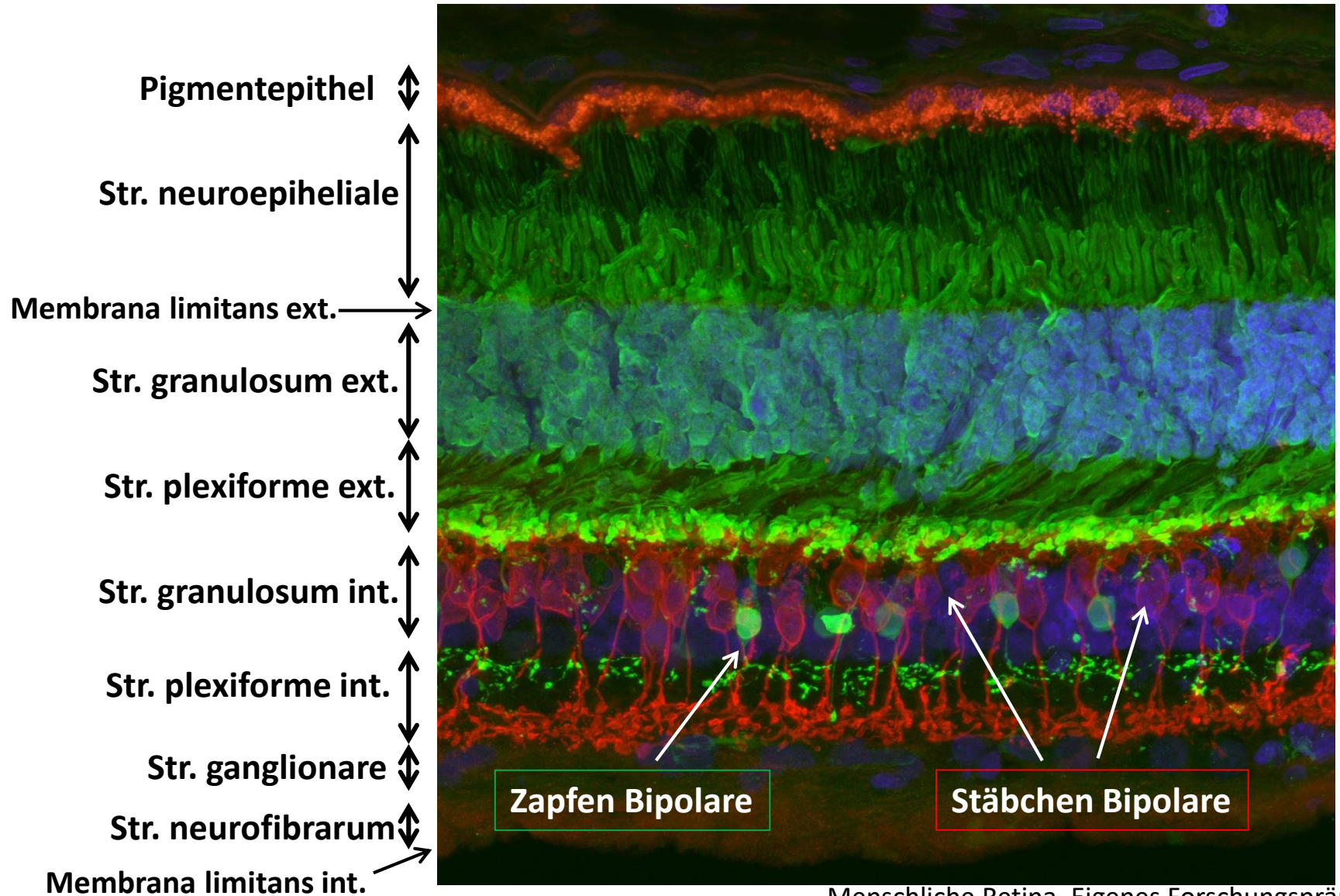
Trichromatisches Farbsehen: **Blaues/S-Opsin** (7. Chromosom), **Grünes/M-Opsin** (q-Arm des X-Chromosoms), **Rotes/L-Opsin** (q-Arm des X-Chromosoms)

Photorezeptoren



Menschliche Retina. Eigenes Forschungspräparat.

Bipolarzelle



Bipolarzelle

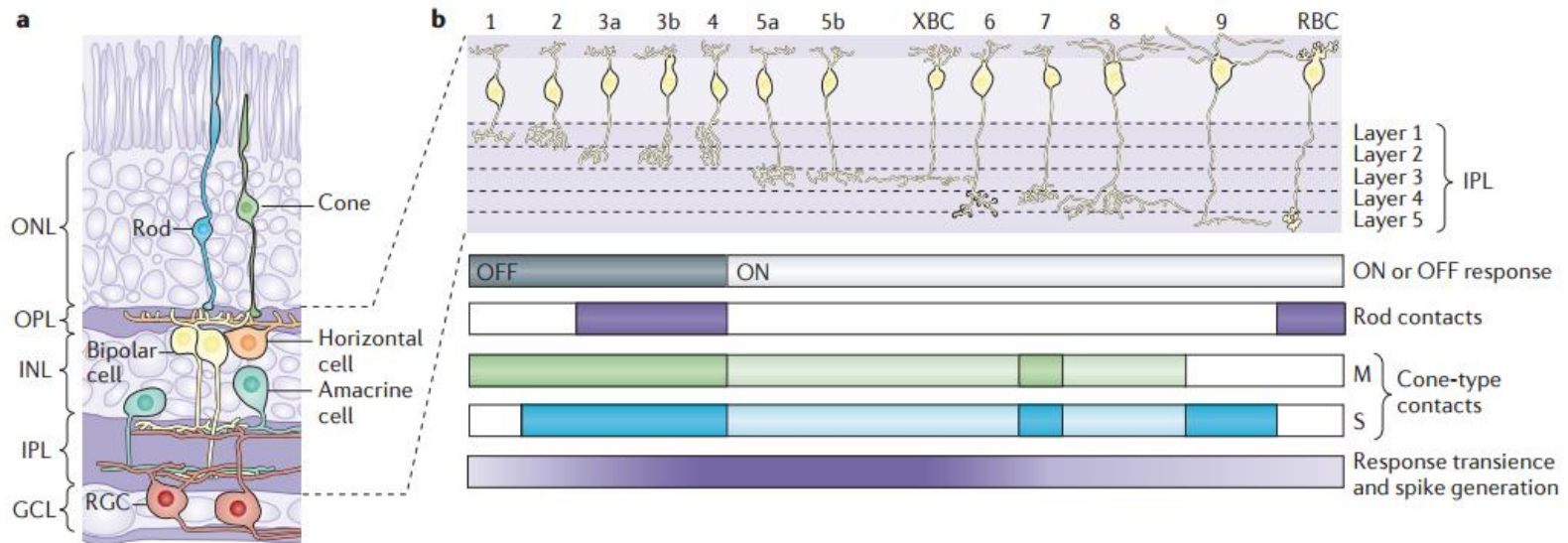
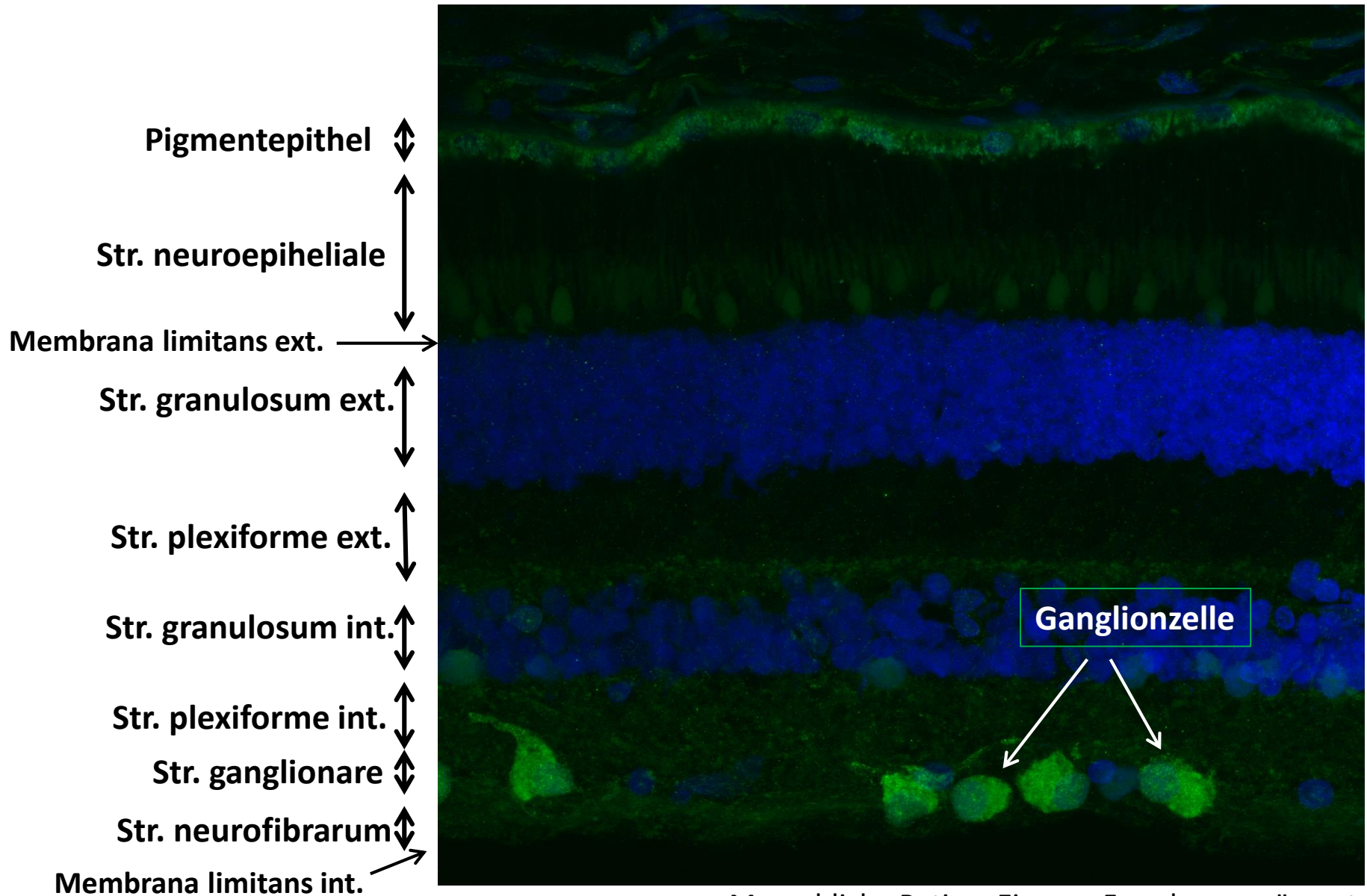


Figure 1 | Organization of the bipolar cells in a mammalian retina.
a | The retina is organized in three nuclear and two synaptic ('plexiform') layers. Light entering the eye passes the entire tissue to reach the light-sensitive outer segments of the rod and cone photoreceptors, where it is transduced 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 ≥ 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 (~ 42 distinct types exist) and provide bipolar cells and RGCs with mostly inhibitory or neuromodulatory input. Finally, ~ 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

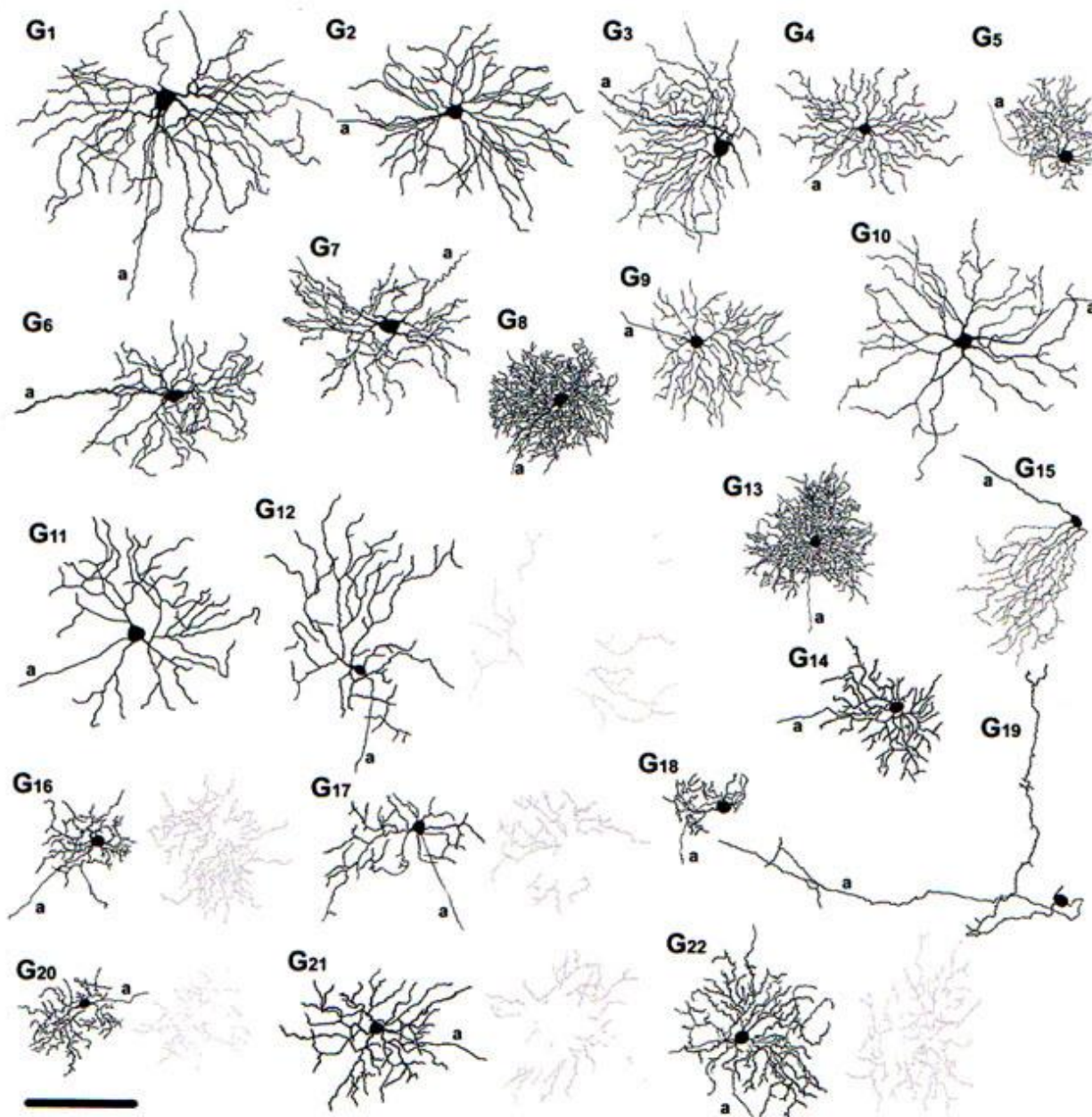
cone bipolar cells and the rod bipolar cell (RBC) in the mouse, which are arranged according to their IPL stratification level (top part of panel)^{6,13,22,23}. Some of the functional differences ('qualities' of the output signals) between bipolar cell types are indicated below this schematic. Depending 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^{20,48,152} (denoted by purple bars). Mice possess short (S; blue) and medium (M; green) wavelength-sensitive cones, with many M-cones co-expressing S-opsin¹⁵³, and depending on the cone type (or types) they contact, bipolar cells can be labelled as chromatic or achromatic^{13,22,78} (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

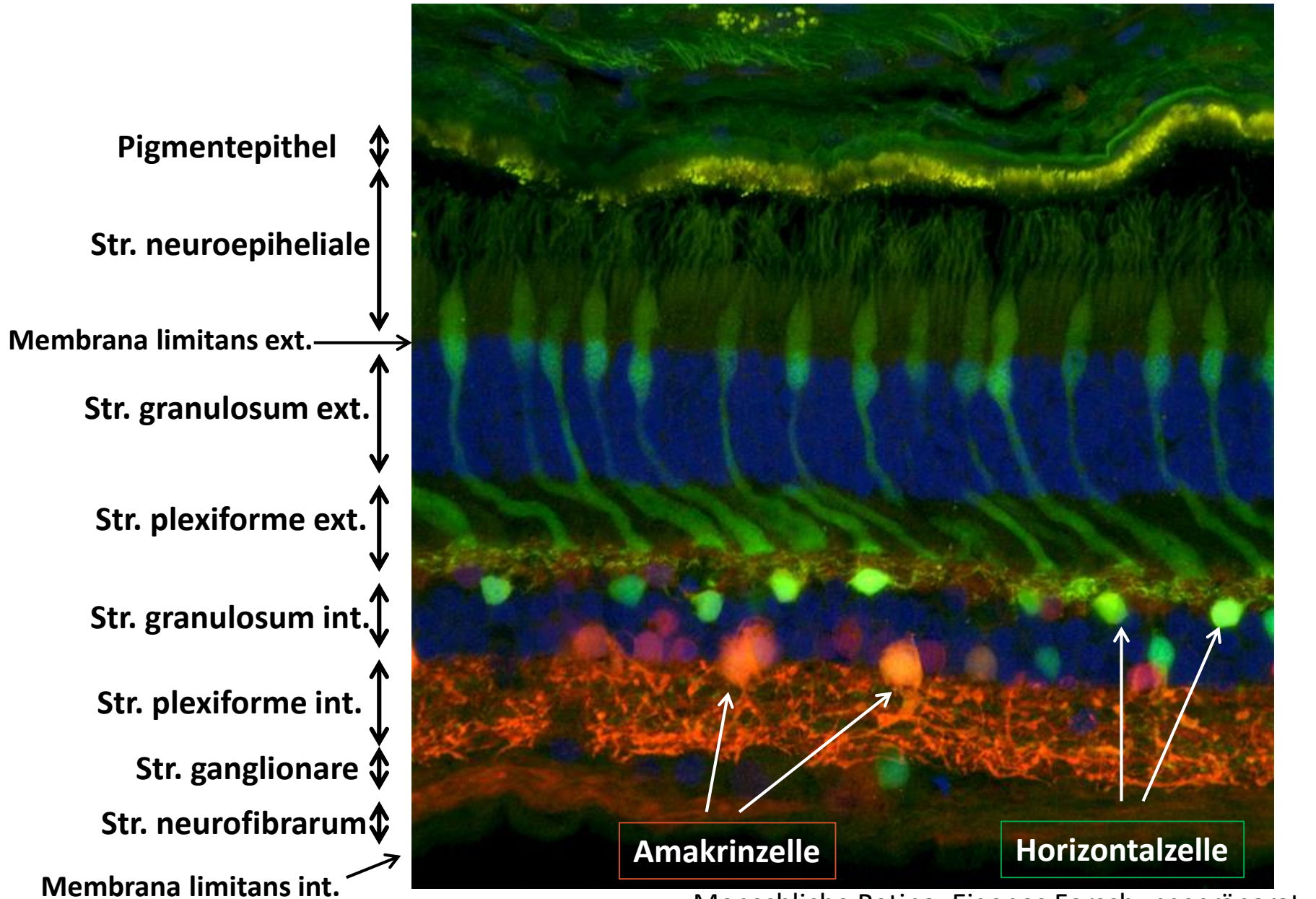


Menschliche Retina. Eigenes Forschungspräparat.

Ganglionzelle

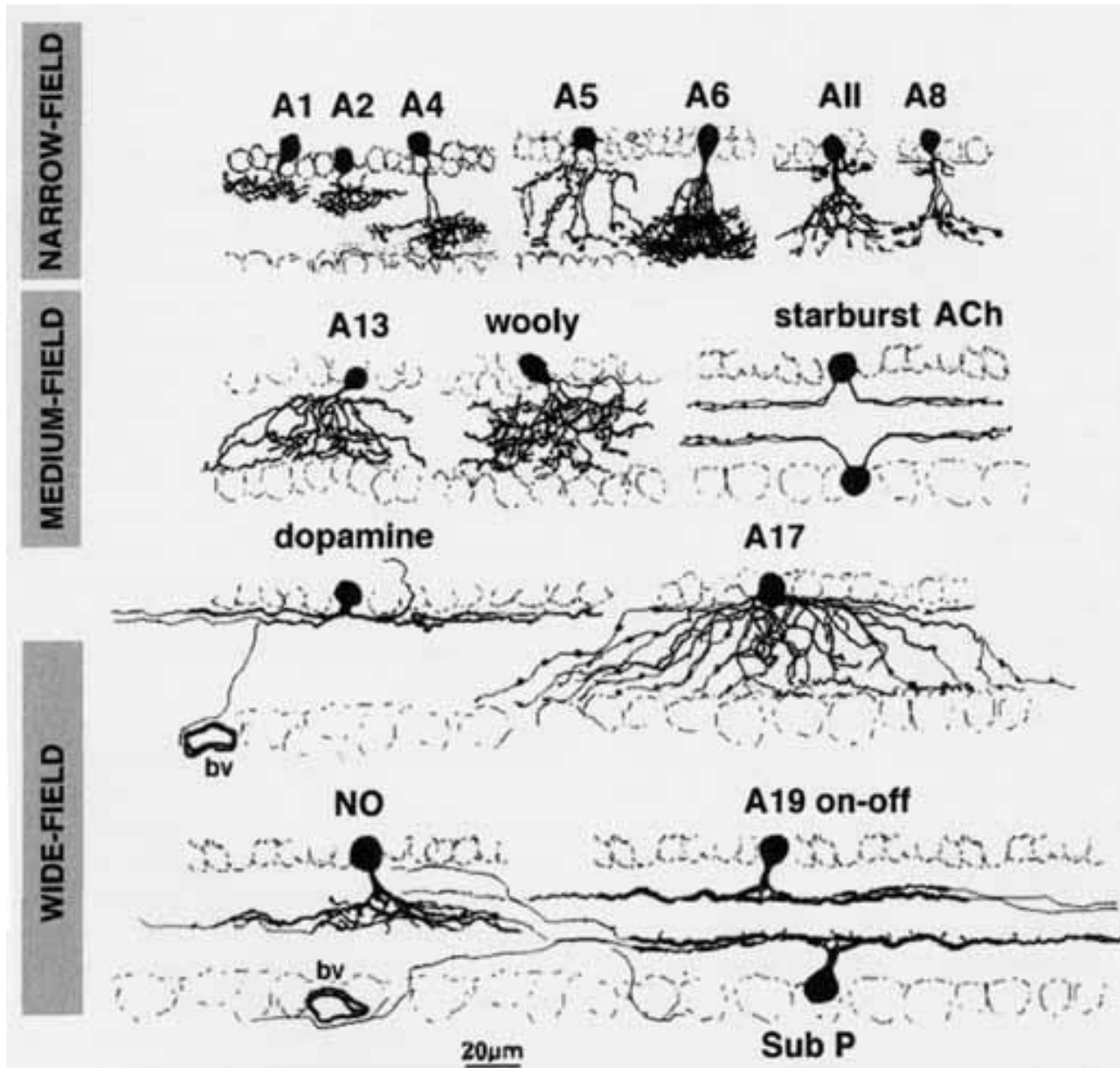


Horizontalzelle und Amakrinzelle



Menschliche Retina. Eigenes Forschungspräparat.

Amakrinzelle



Macula lutea

Fovea centralis (1,5 mm)

Foveola (0,35 mm)

V

S

GC

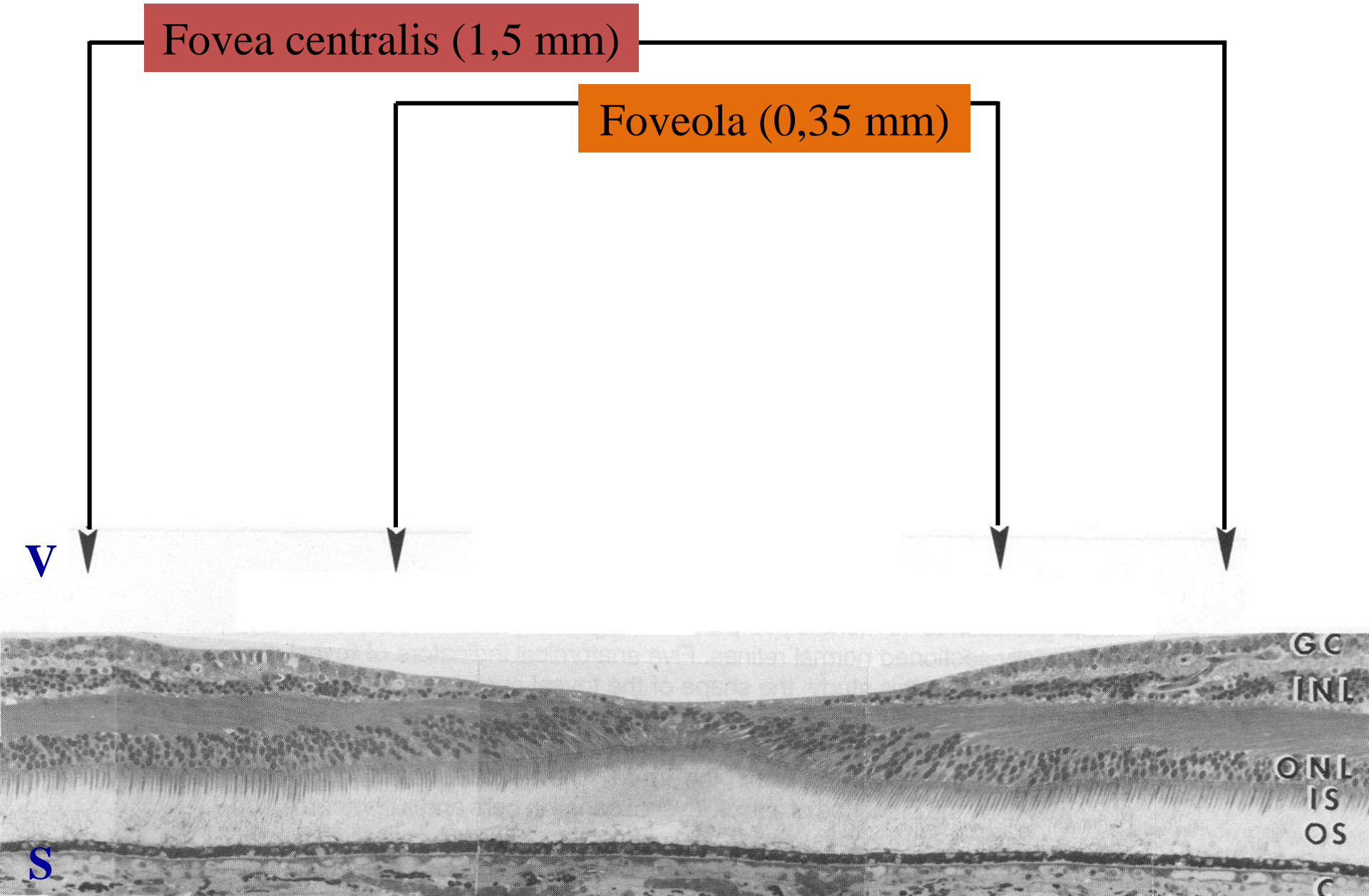
INL

ONL

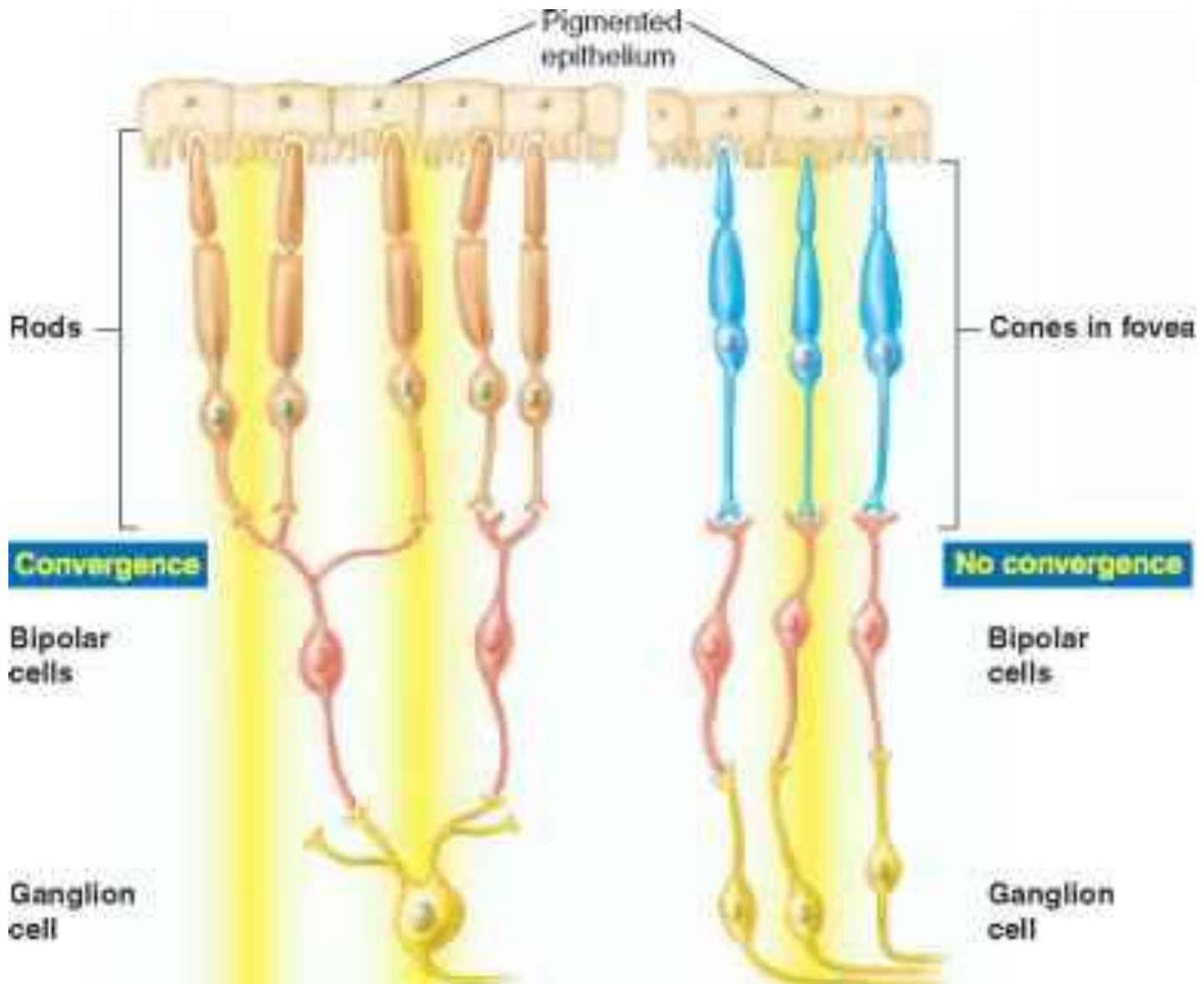
IS

OS

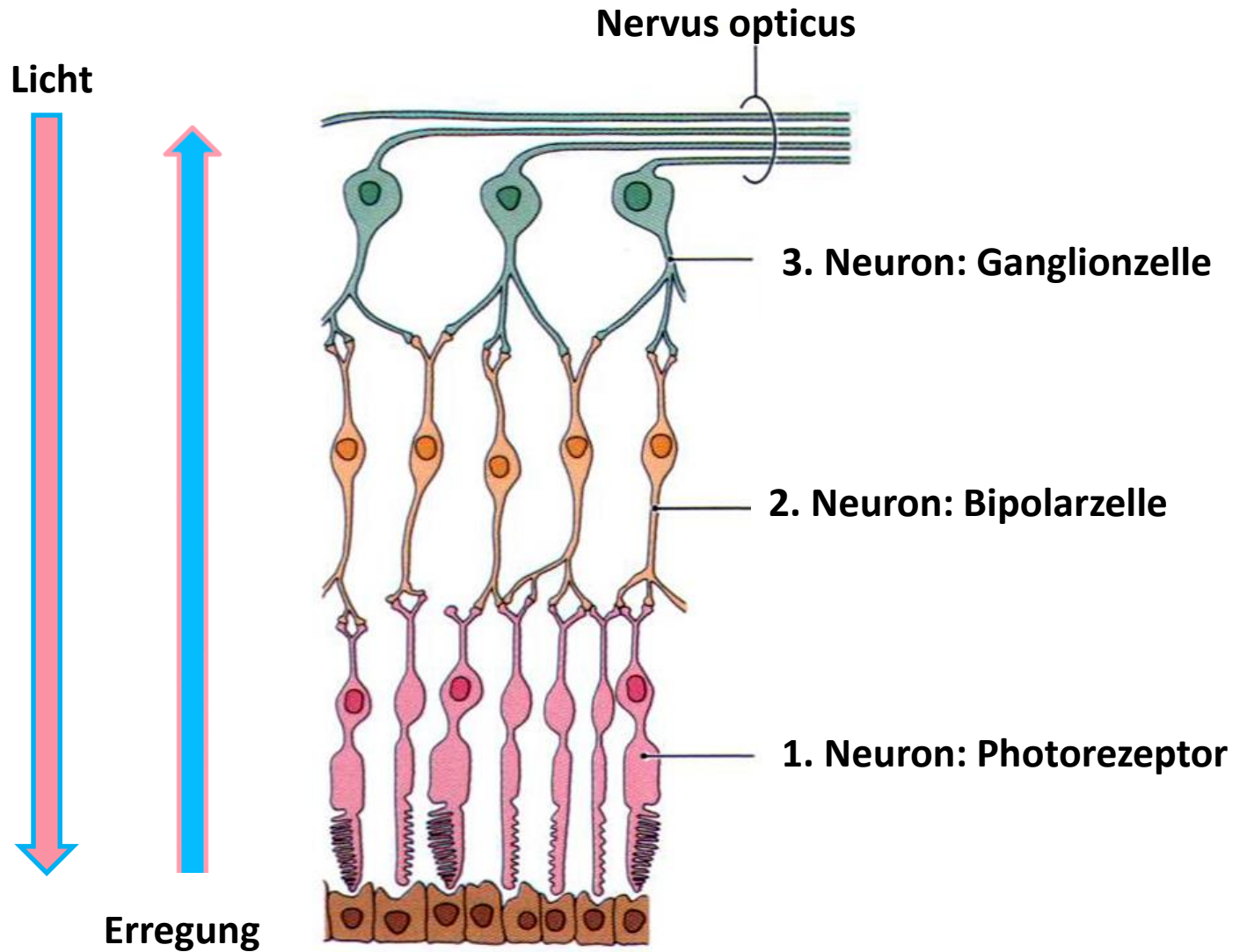
C



Konvergenz vs direkte Verschaltung



Sehbahn



Sehbahn

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

Nervus opticus

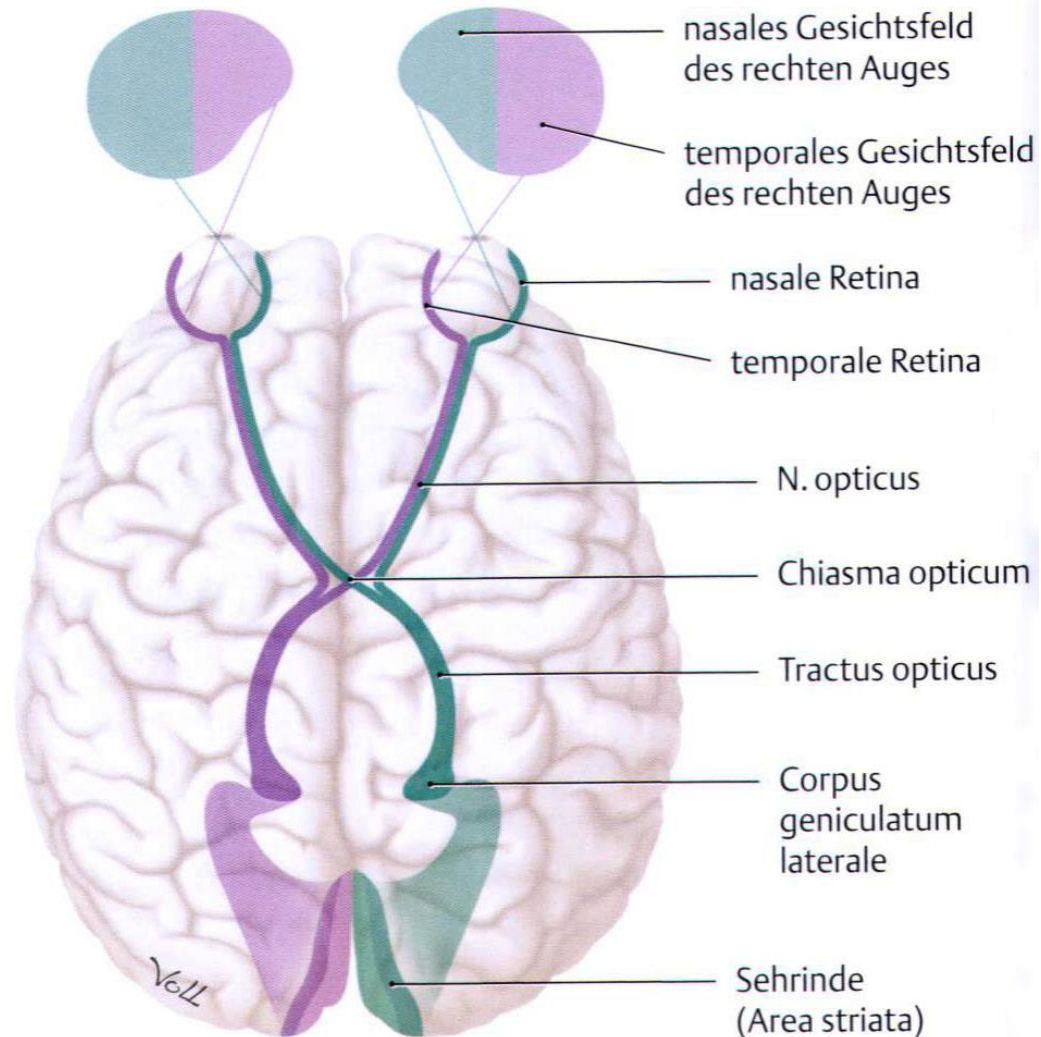
Chiasma opticum

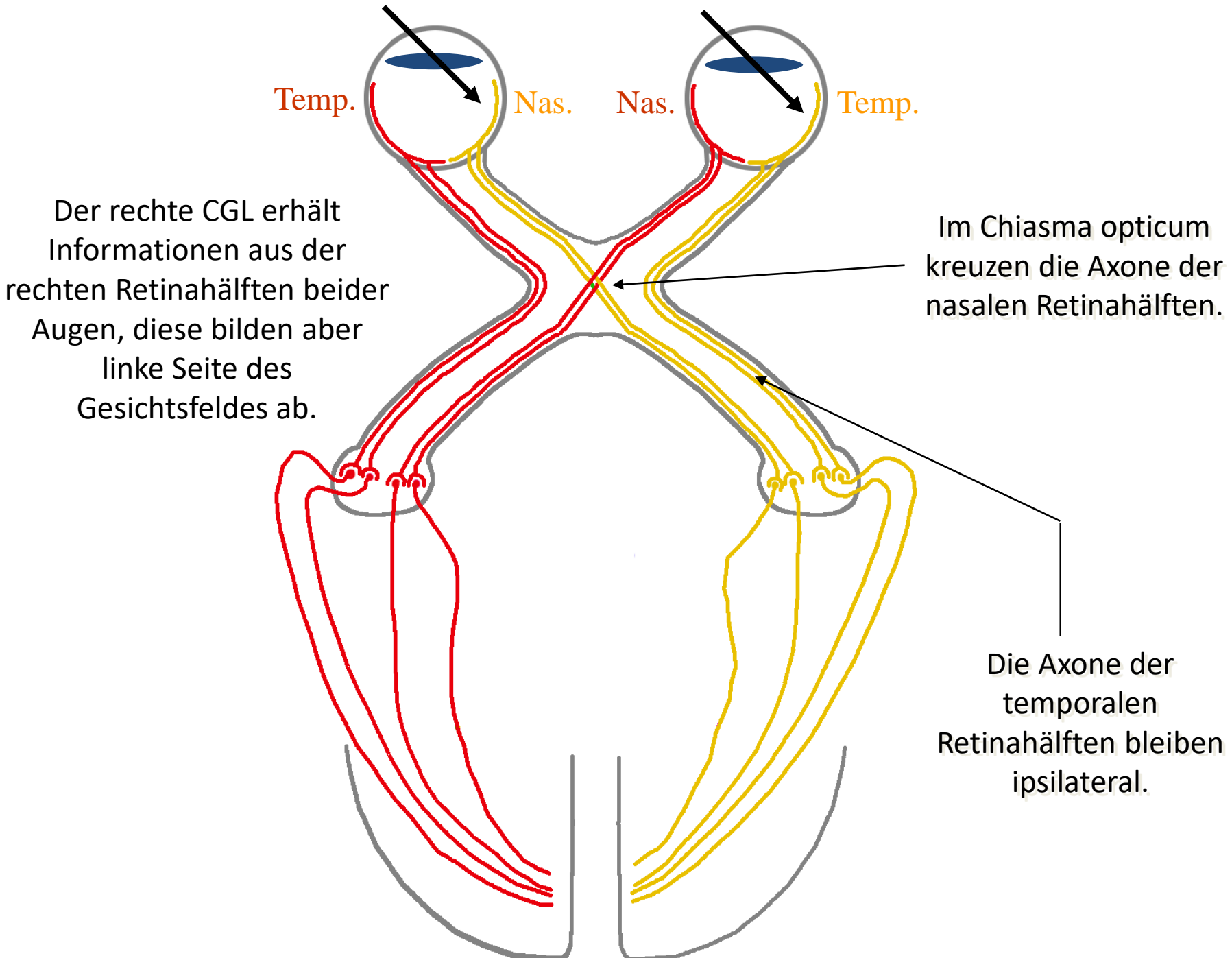
Tractus opticus

4. Neuron: CGL

Radiatio optica

Area striata (Brodmann 17)

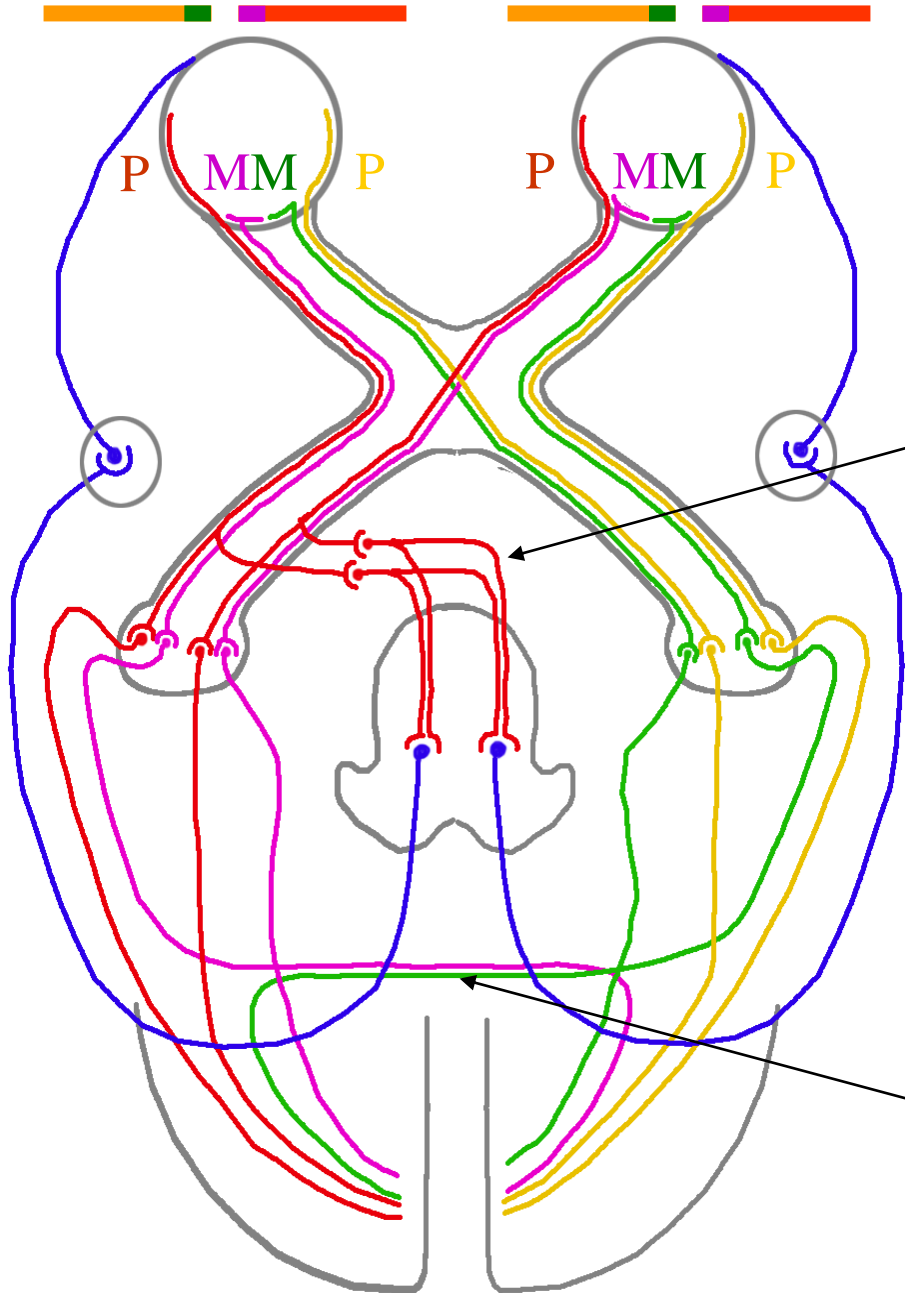




Der rechte CGL erhält Informationen aus der rechten Retinahälften beider Augen, diese bilden aber linke Seite des Gesichtsfeldes ab.

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 CGL und/oder geben Kollateralen zum Hirnstamm und Hypothalamus ab (extragenikuläre Fasern).

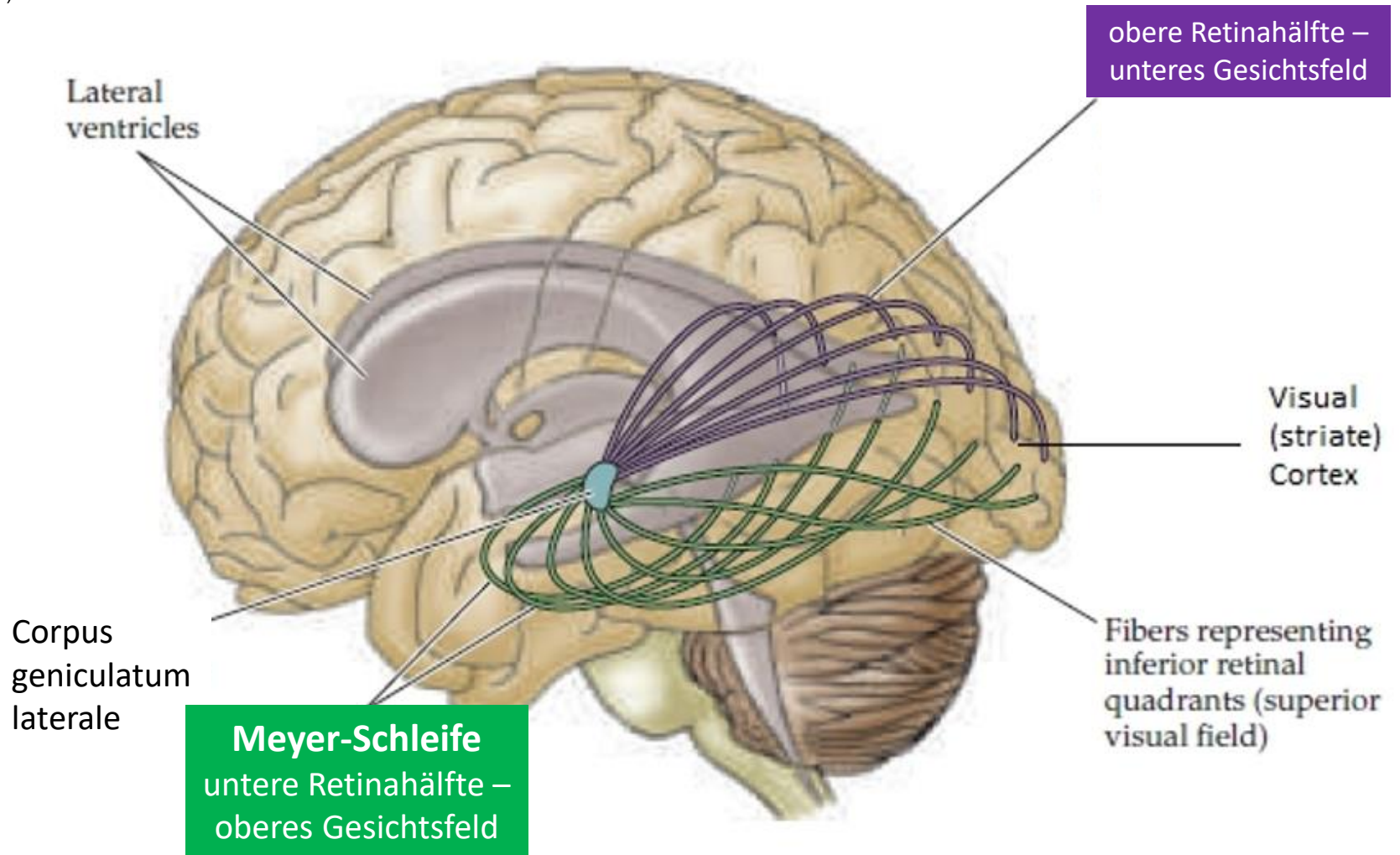
Die Axone des Tractus opticus werden im CGL verschaltet.

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

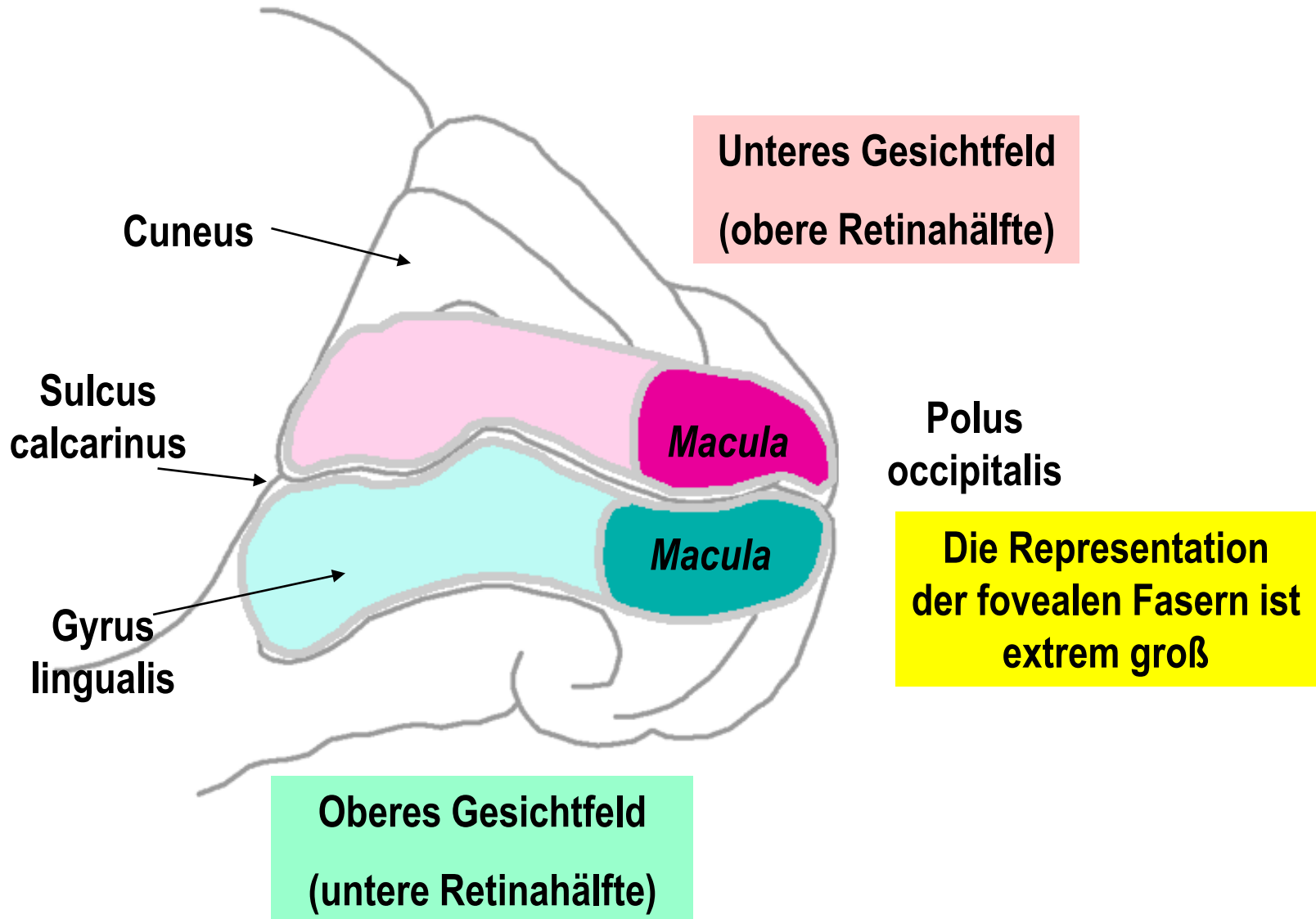


Adolf Meyer
(1866 – 1950)

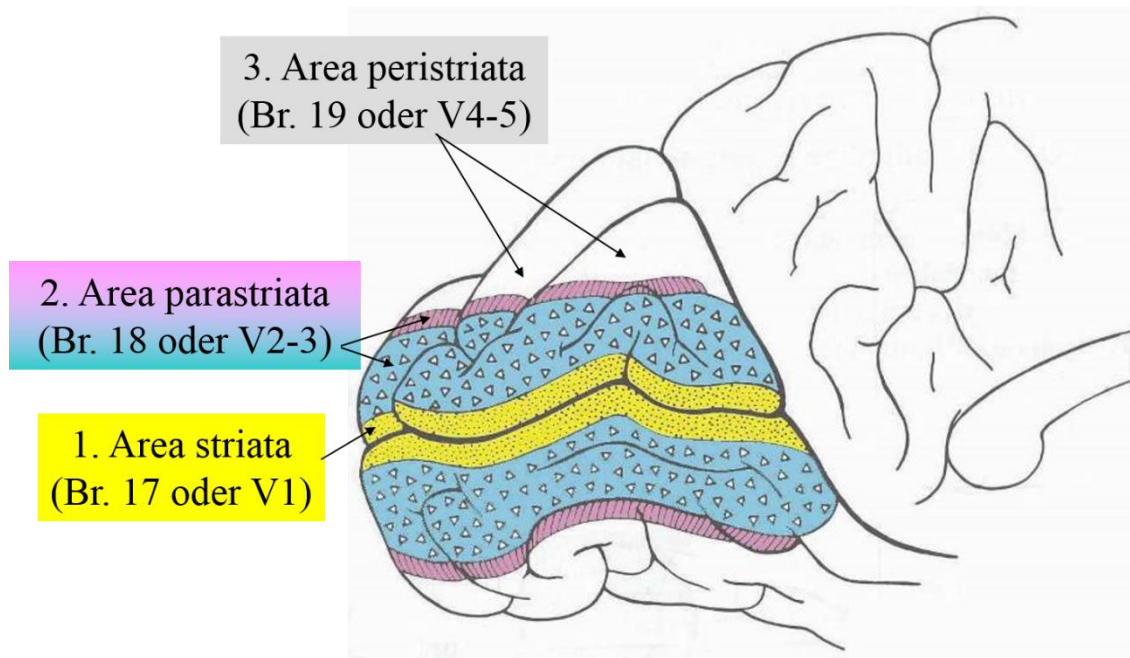
Radiatio optica



Primäre Sehrinde



Funktionelle Einteilung der Sehrinde



V1 – Primäre Sehrinde
(jede Funktion)

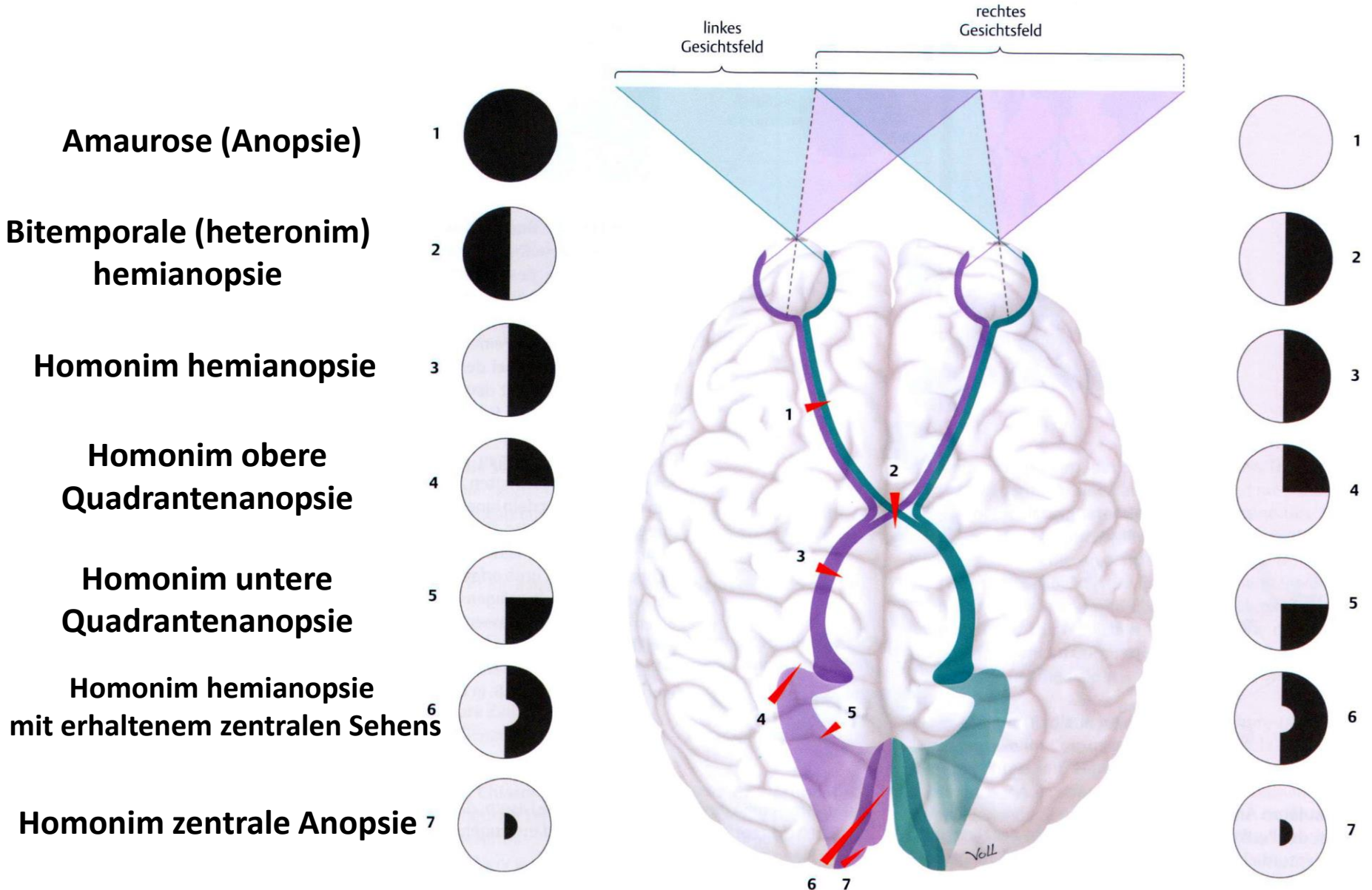
V2 – Sekundäre Sehrinde
(jede Funktion)

V3 – Tertiäre Sehrinde
(Formerkennung)

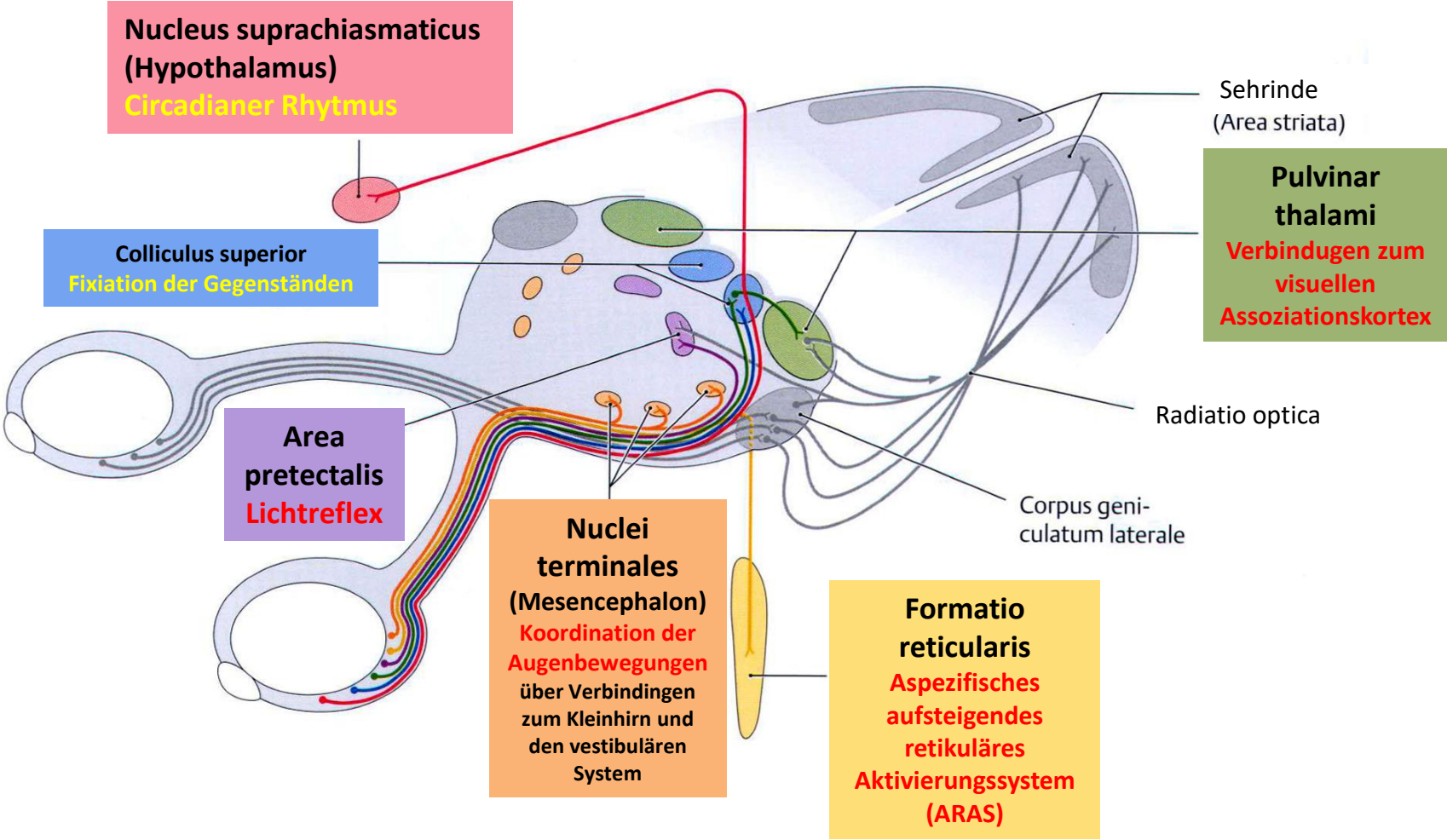
V4 – Tertiäre Sehrinde
(Farberkennung)

V5 – Tertiäre Sehrinde
(Bewegungserkennung)

Läsionen der Sehbahn



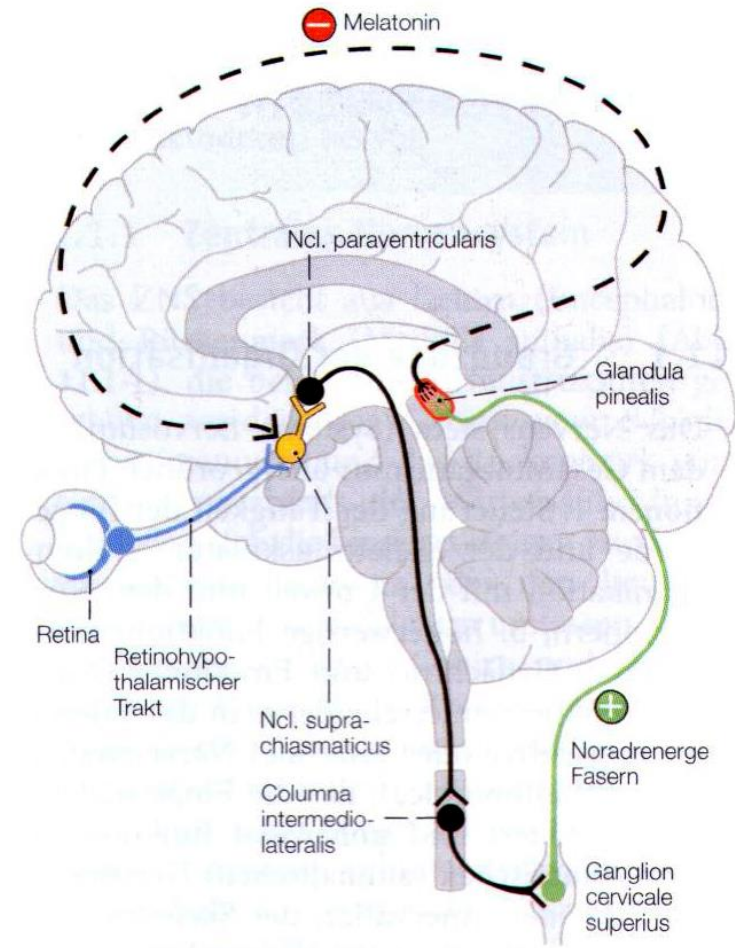
Sehbahn – extragenikuläre Fasern



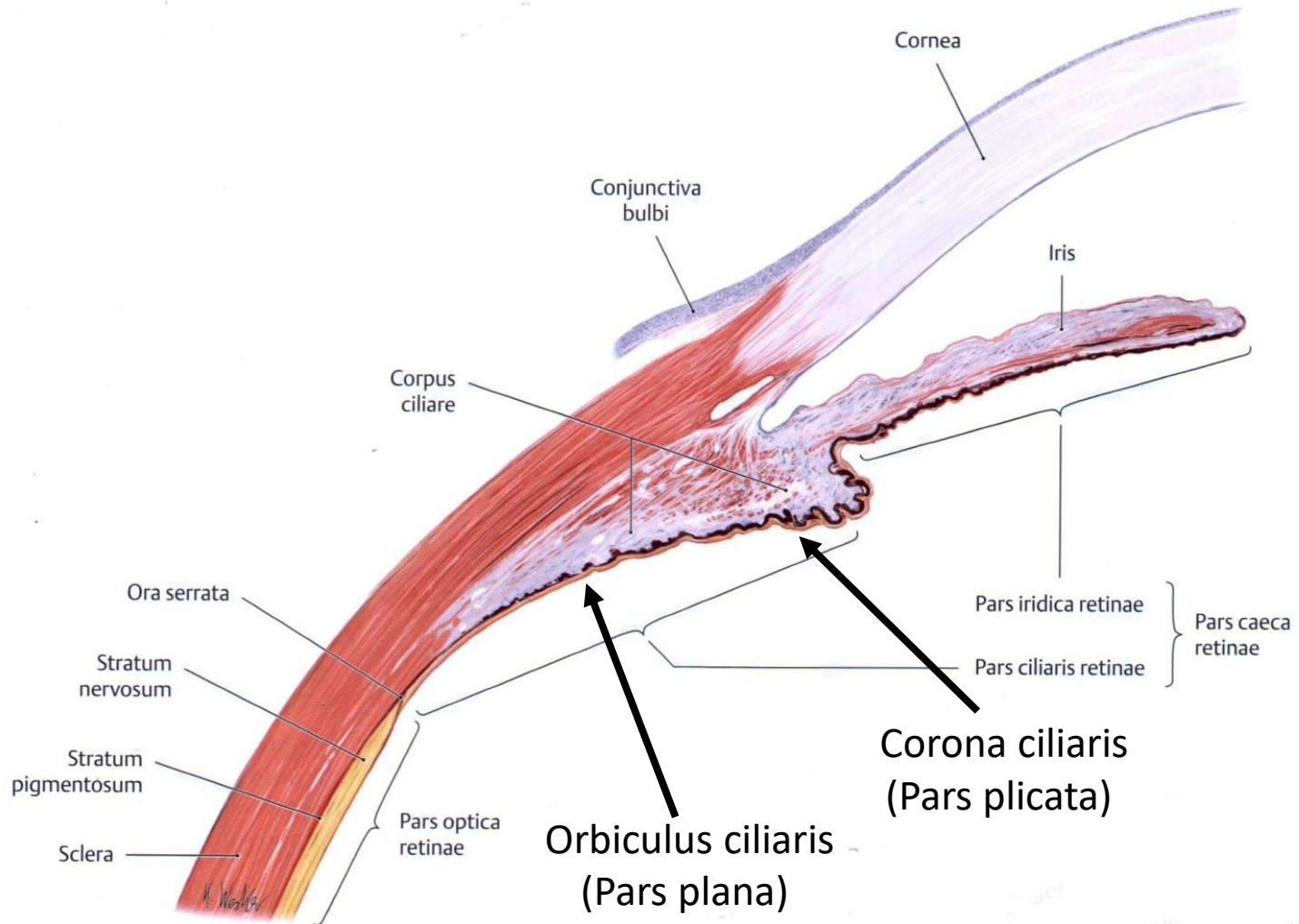
Non-visuelle Photoperzeption

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 Melatoninsythese des Corpus pineale
- Die Synthese des Melatinins 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*



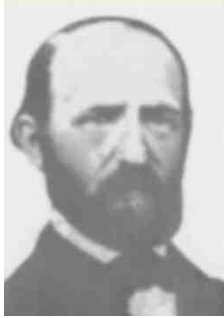
Tunica vasculosa: Corpus ciliare



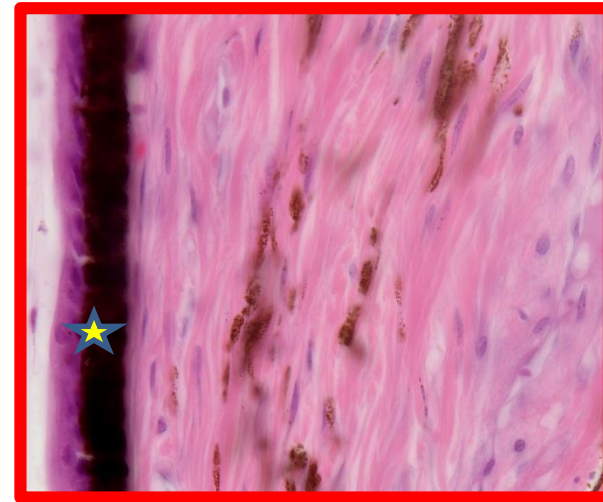
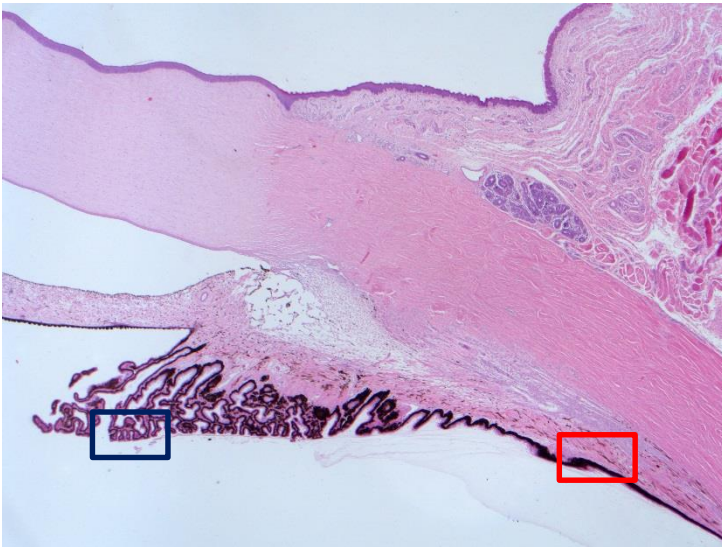
Tunica vasculosa: Corpus ciliare



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)★



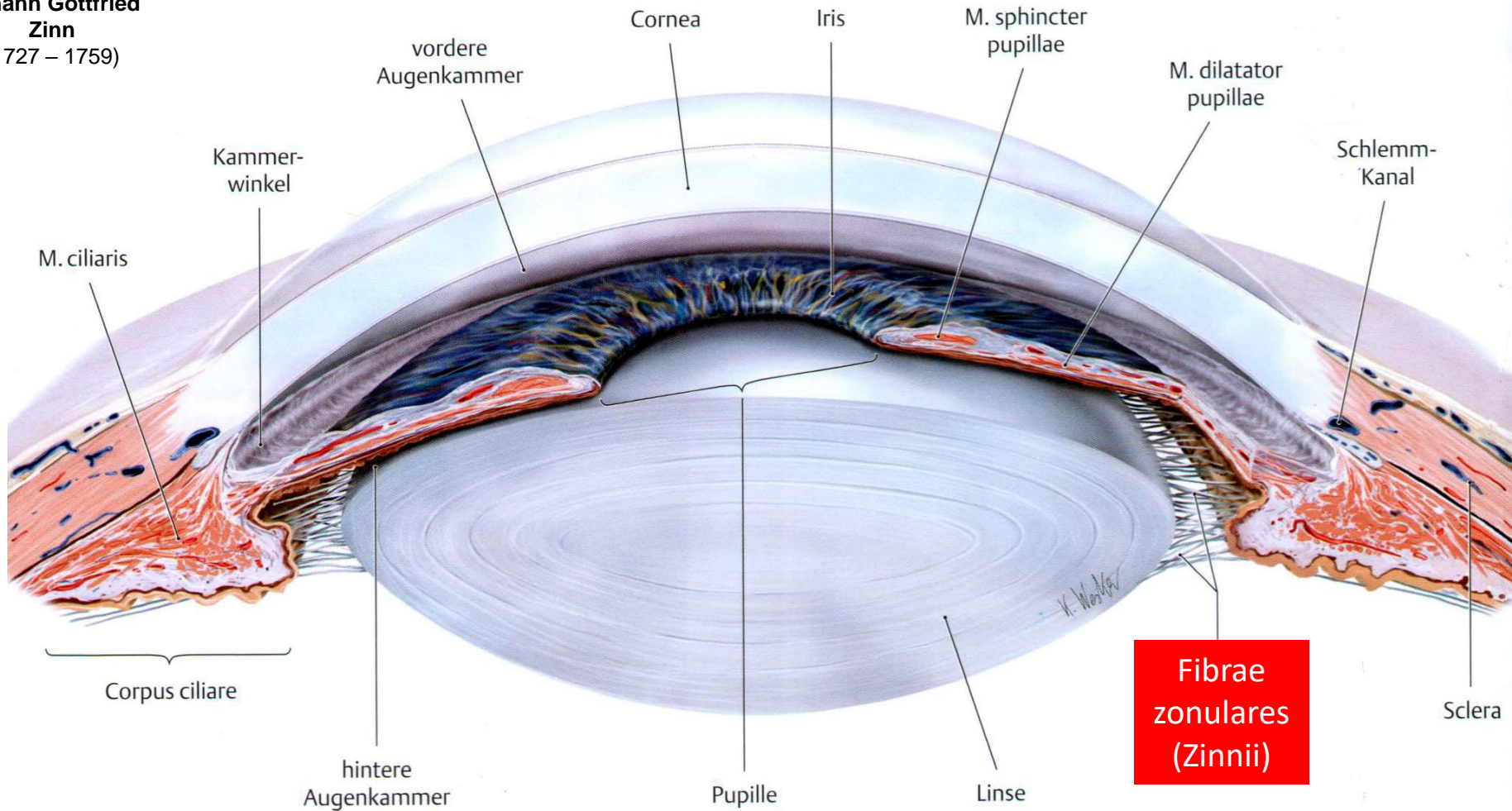


Halteapparat der Linse



Zinnia elegans

Johann Gottfried Zinn
(1727 – 1759)



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:

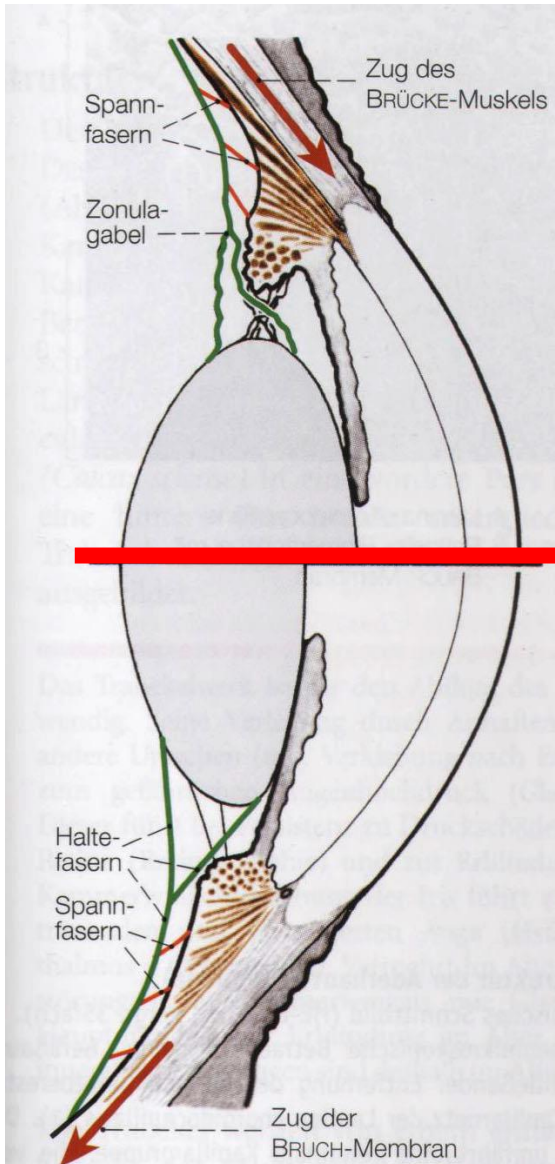
Der M. ciliaris erschlafft sich

Der Halteapparat wird durch die Bruch-Membran nach hinten gezogen

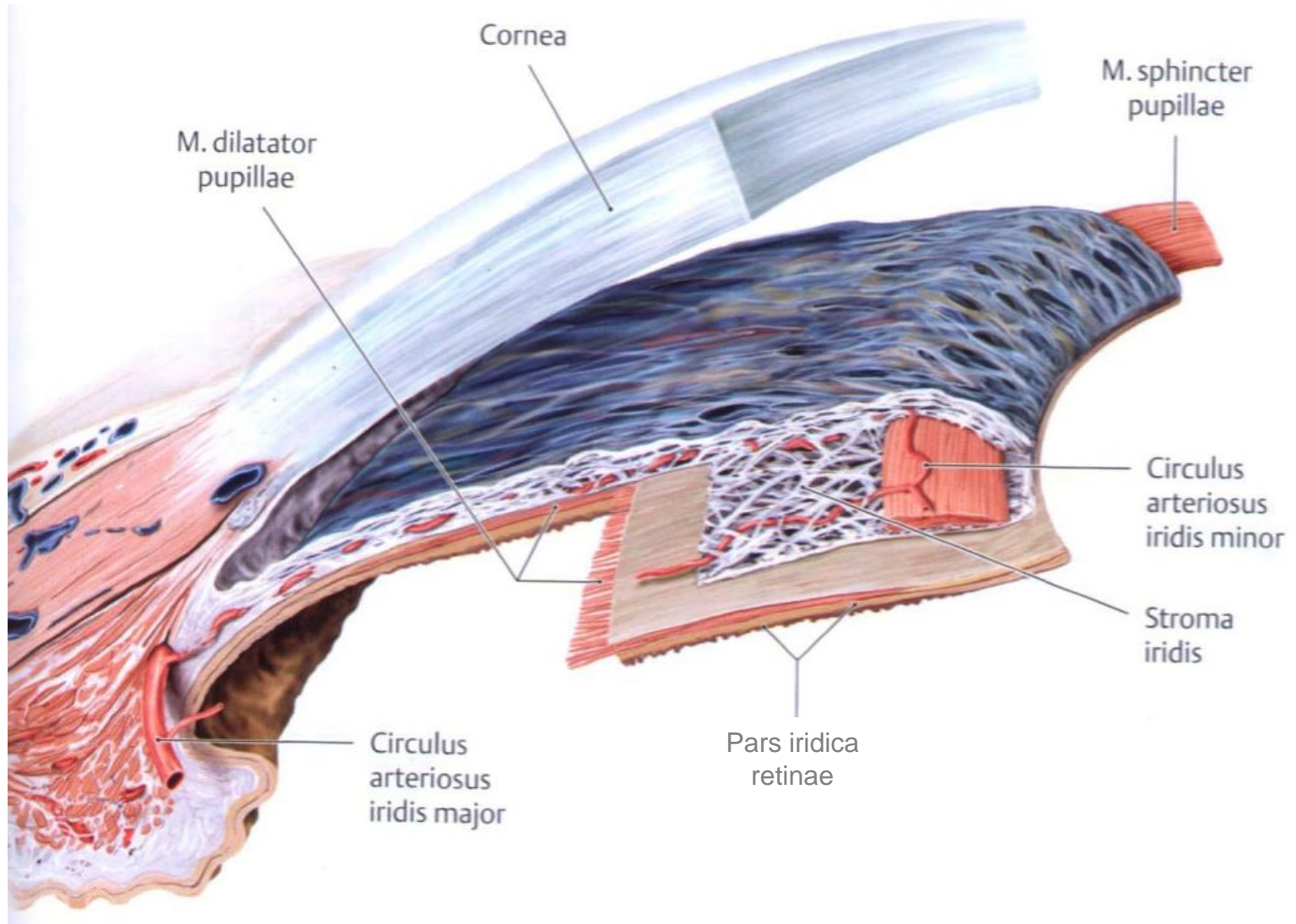
Die Zonulafasern werden angespannt

Die Linse wird zu der Seite gezogen und wird flacher

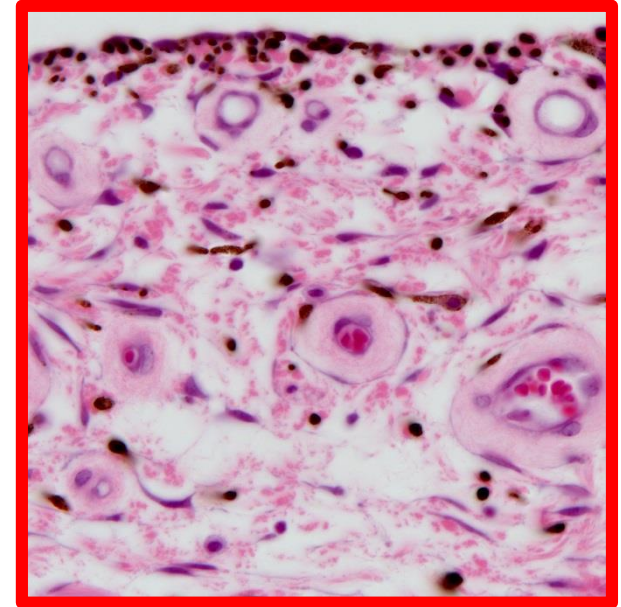
Die Brechkraft der Linse nimmt ab, sie wird für die Ferne eingestellt



Tunica vasculosa: Iris



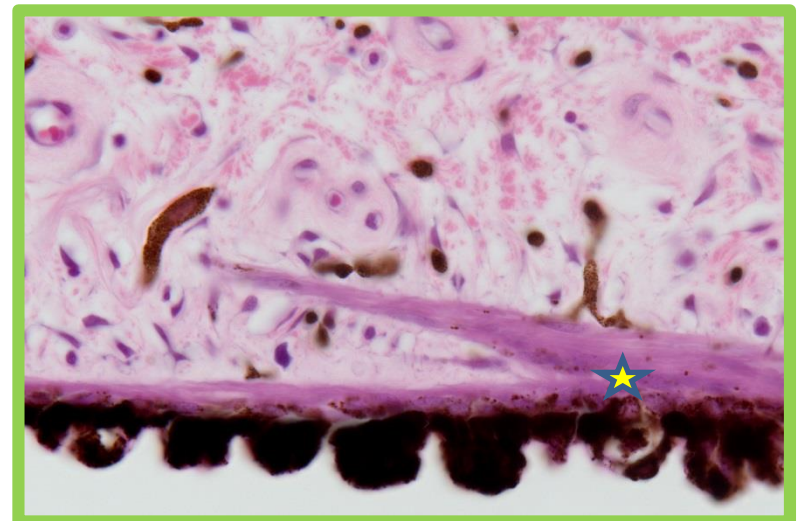
Tunica vasculosa: Iris



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*



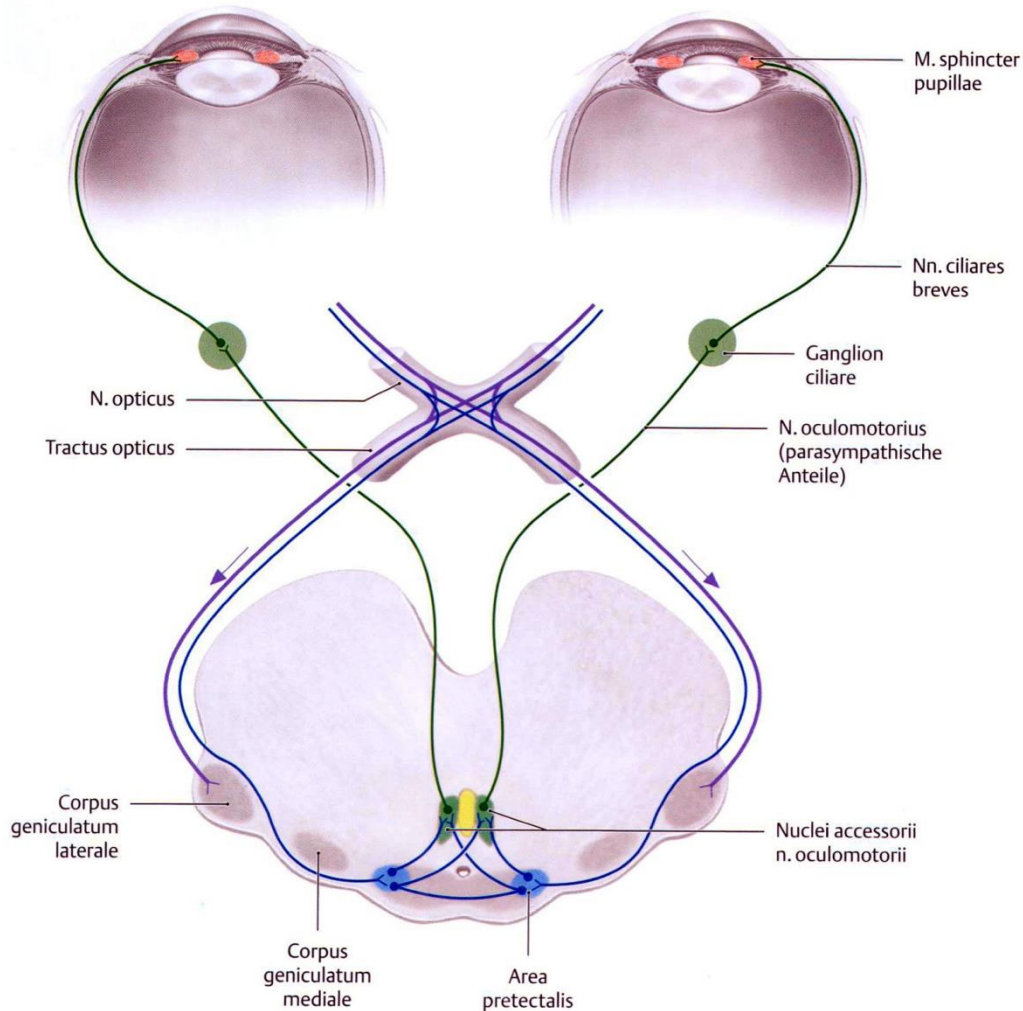


Ludwig Edinger
(1855 – 1918)



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

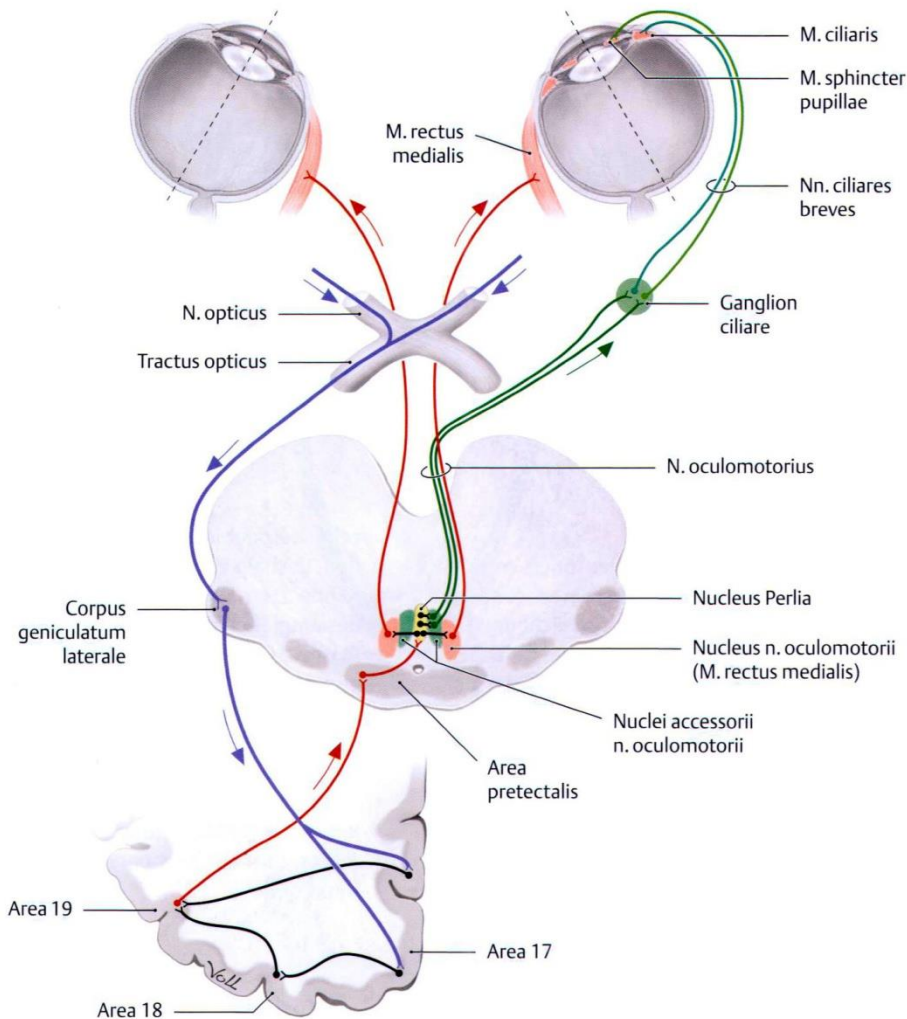
Afferenter Schenkel: von der Area pretectalis zum N. accessorius nervi oculomotorii (N. Edinger-Westphal) ziehende kontra- und ipsilaterale Fasern → N. oculomotorius → Ganglion ciliare → Nn. ciliares breves

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

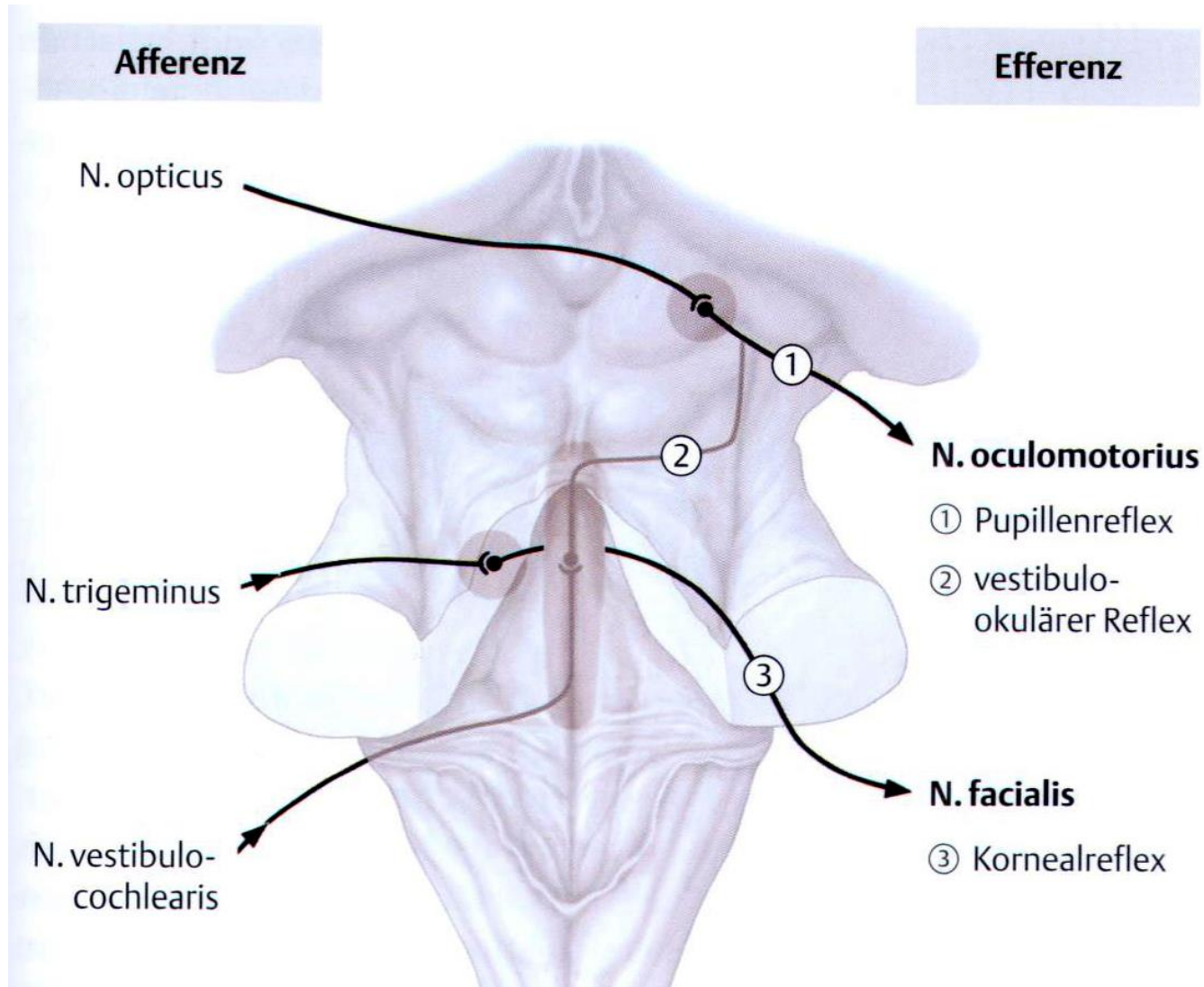
Somatomotorische Fasern: N. oculomotorius → M. rectus medialis

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