

# Farbensehen

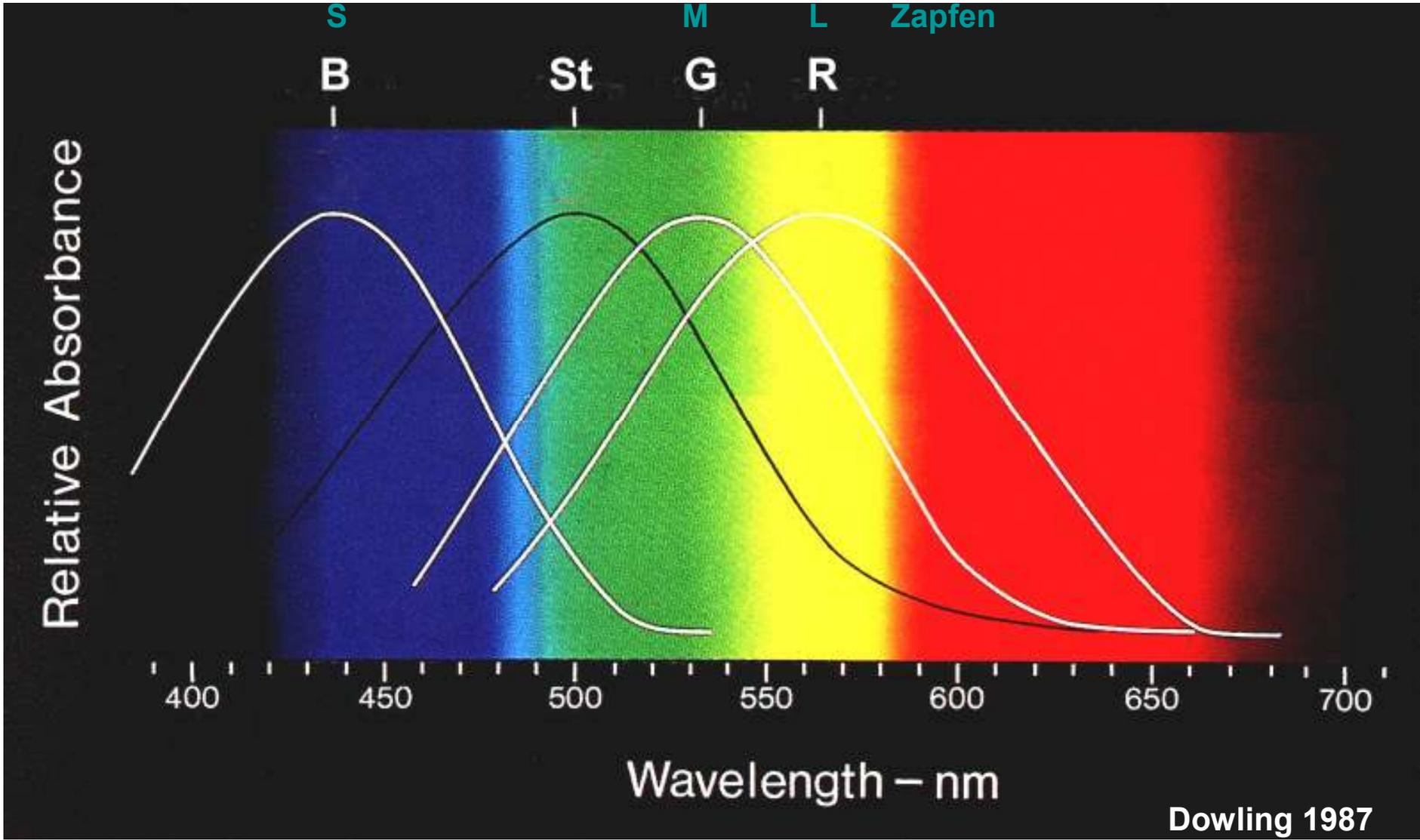
## *Farbsehen*

„Wahrnehmung verschiedener Wellenlängen des Lichtes“

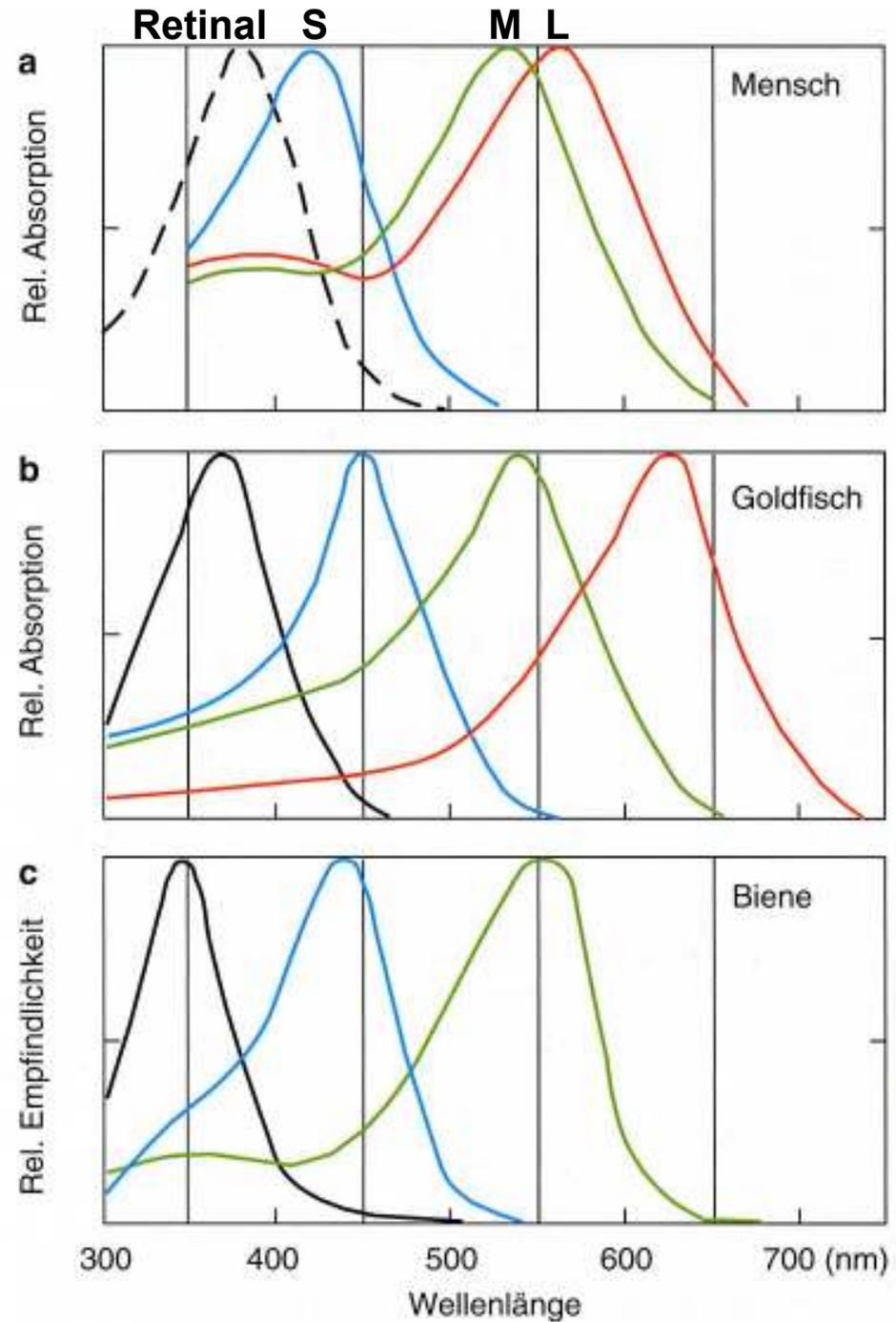


Farben entstehen durch unterschiedliche Absorptions- und Reflektionseigenschaften von Objekten und bieten damit wichtige Information über die Oberflächen von Objekten.

Um Farben wahrnehmen zu können, sind wenigstens zwei Typen von Photorezeptoren mit unterschiedlicher spektraler Empfindlichkeit nötig → Spektrale Empfindlichkeit hängt vor allem von unterschiedlichen Opsin-Komponenten des Sehpigmentes ab

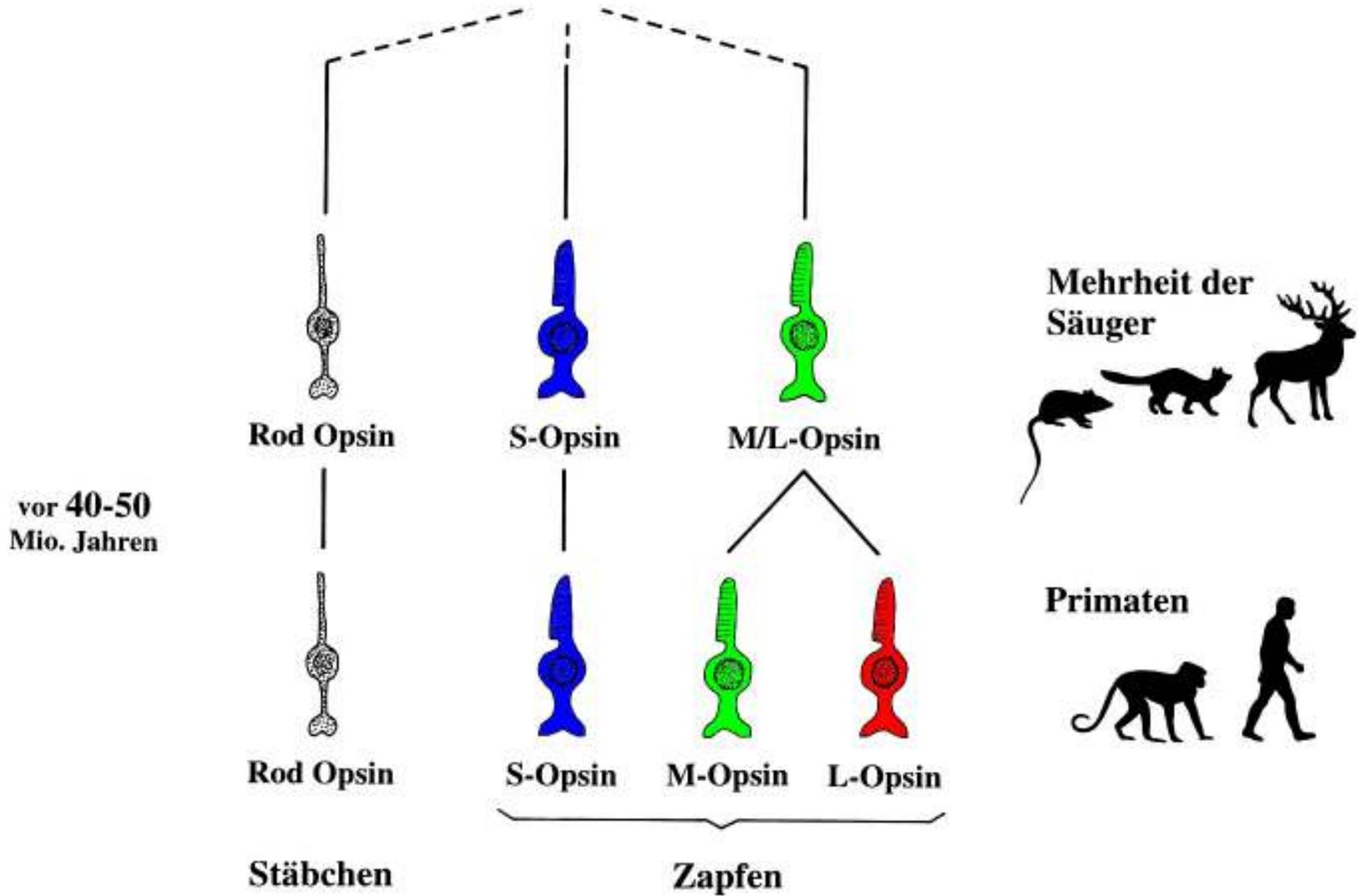


# Farb-Sehpigmente verschiedener Tierspecies

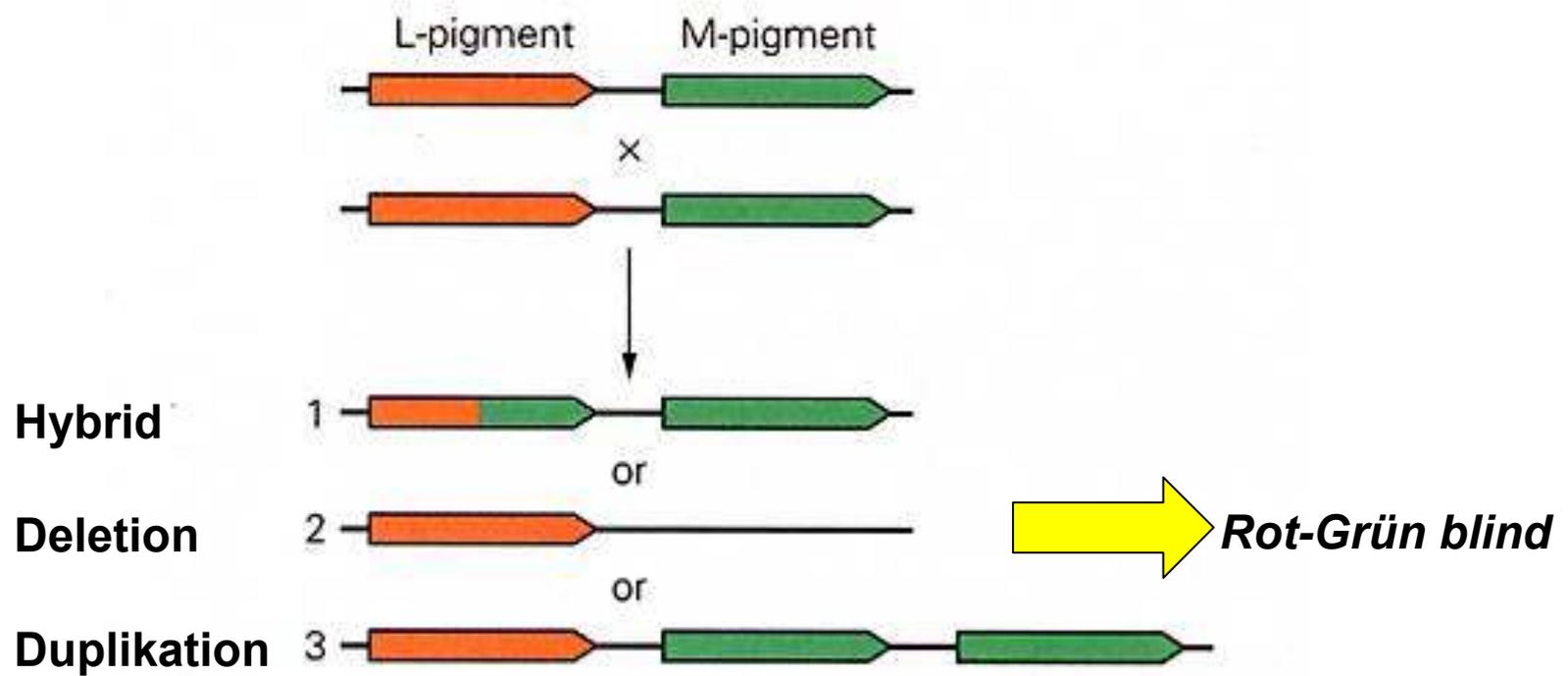


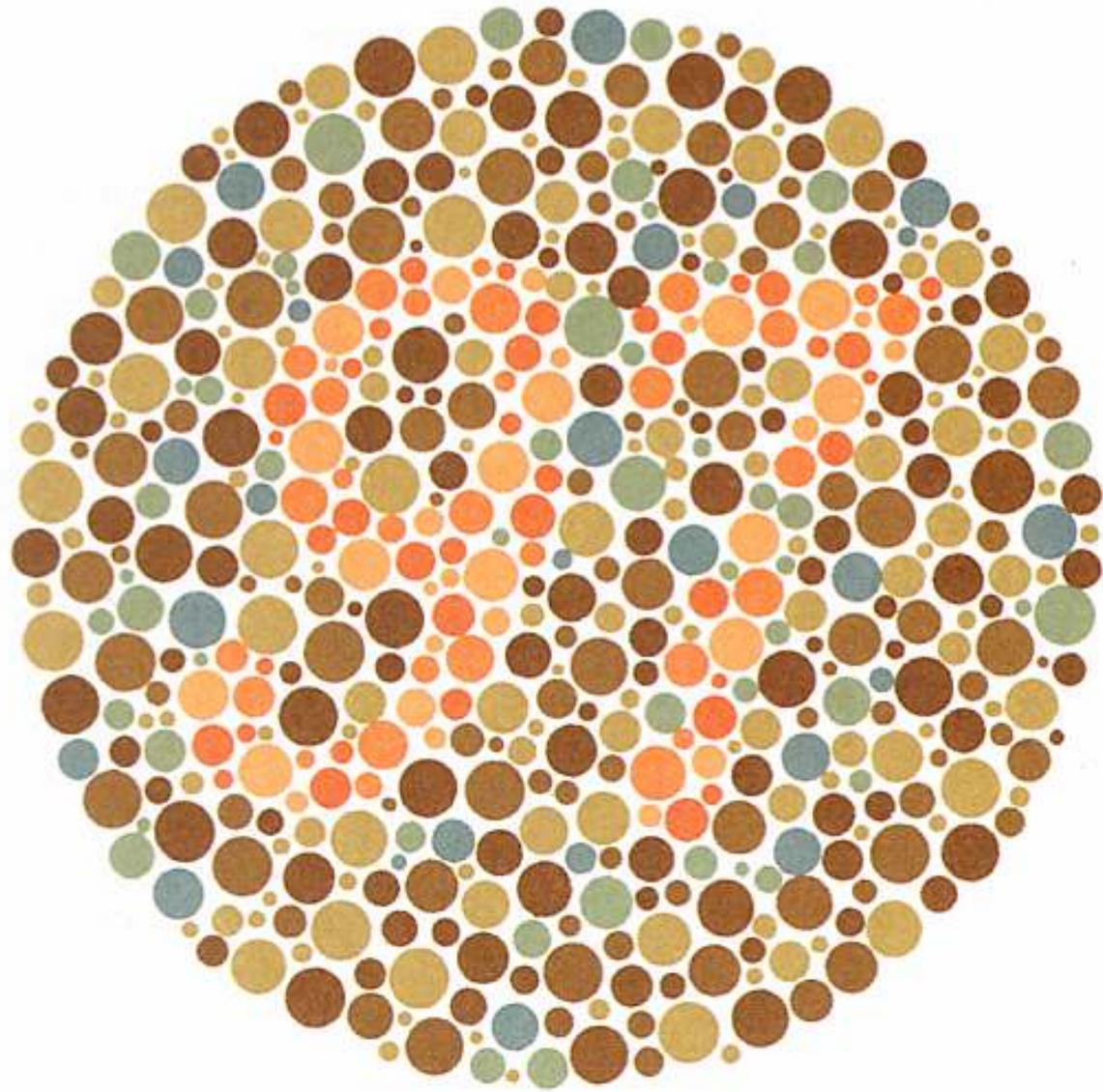
# Farbsehen - Evolution

## Stammbaum SEHPIGMENTE (OPSINE) DER SÄUGETIERE Eutheria



# Primaten: Gene für M und L Pigment auf X-Chromosom



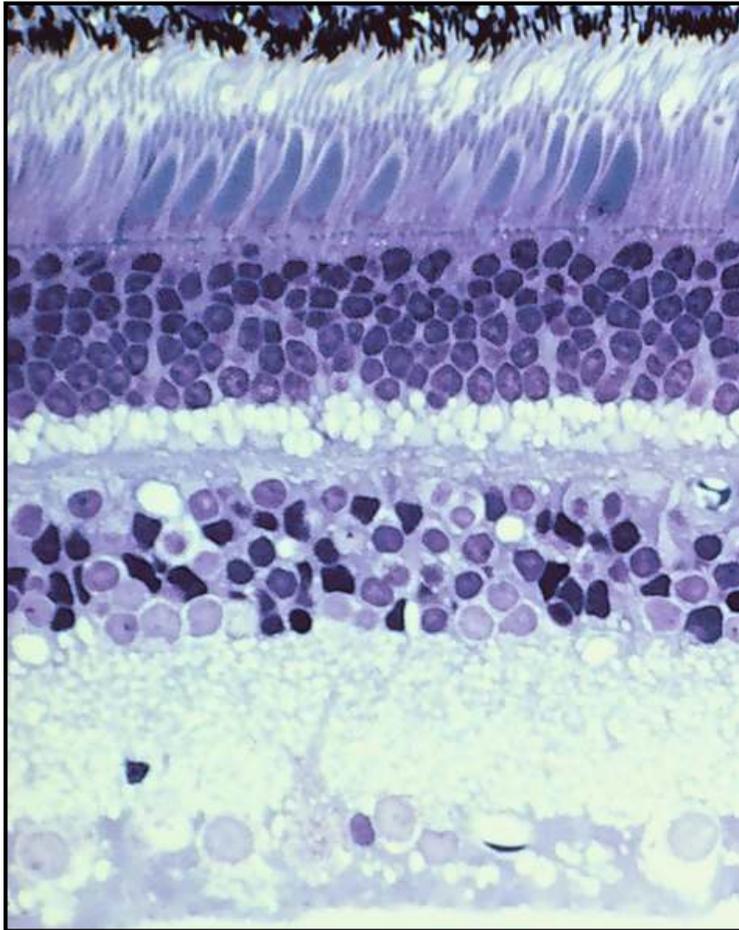


## Zusammenfassung: **Farbsehen**

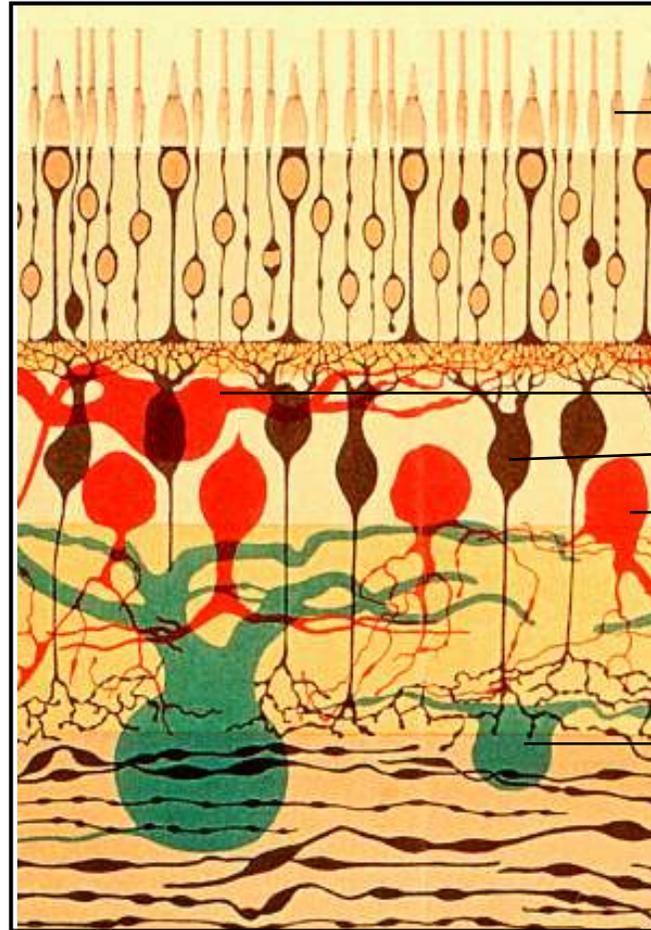
- Licht unterschiedlicher Wellenlänge wird als verschiedene Farben wahrgenommen
- Hierzu werden mindestens 2 Photopigmente mit unterschiedlichen Absorptionsspektren benötigt. Ausserdem muss die Ausgangsaktivität der beiden Photorezeptoren neuronal verglichen werden.
- Mensch hat 3 Zapfentypen: S (blau) M (grün) L (rot) “Trichromatie”

**Retina**

# Retina Morphologie



Licht



Photorezeptoren:

Stäbchen

Zapfen

Horizontalzellen

Bipolarzellen

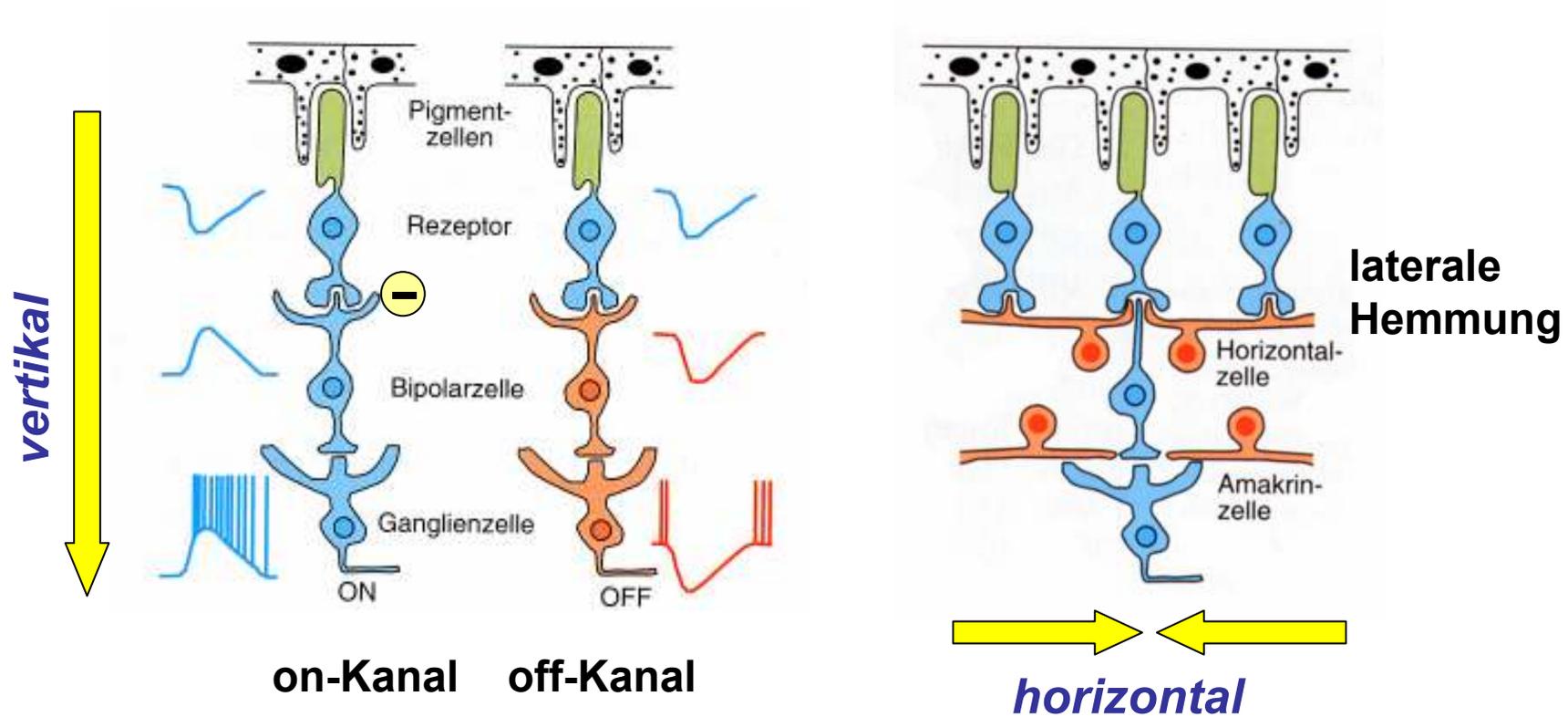
Amakrinzellen

Ganglienzellen

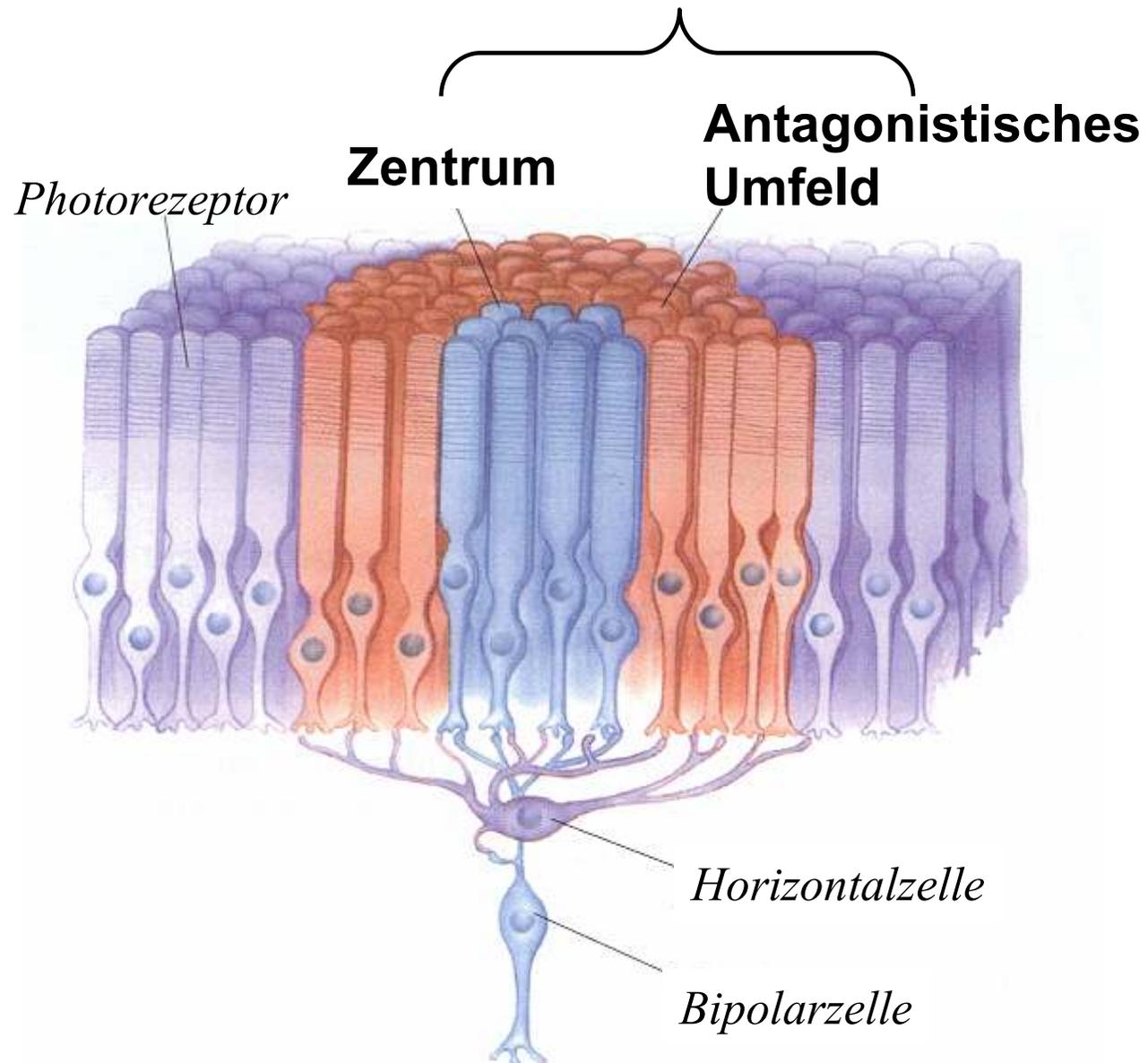
Tartuferi (1887)

Peichl

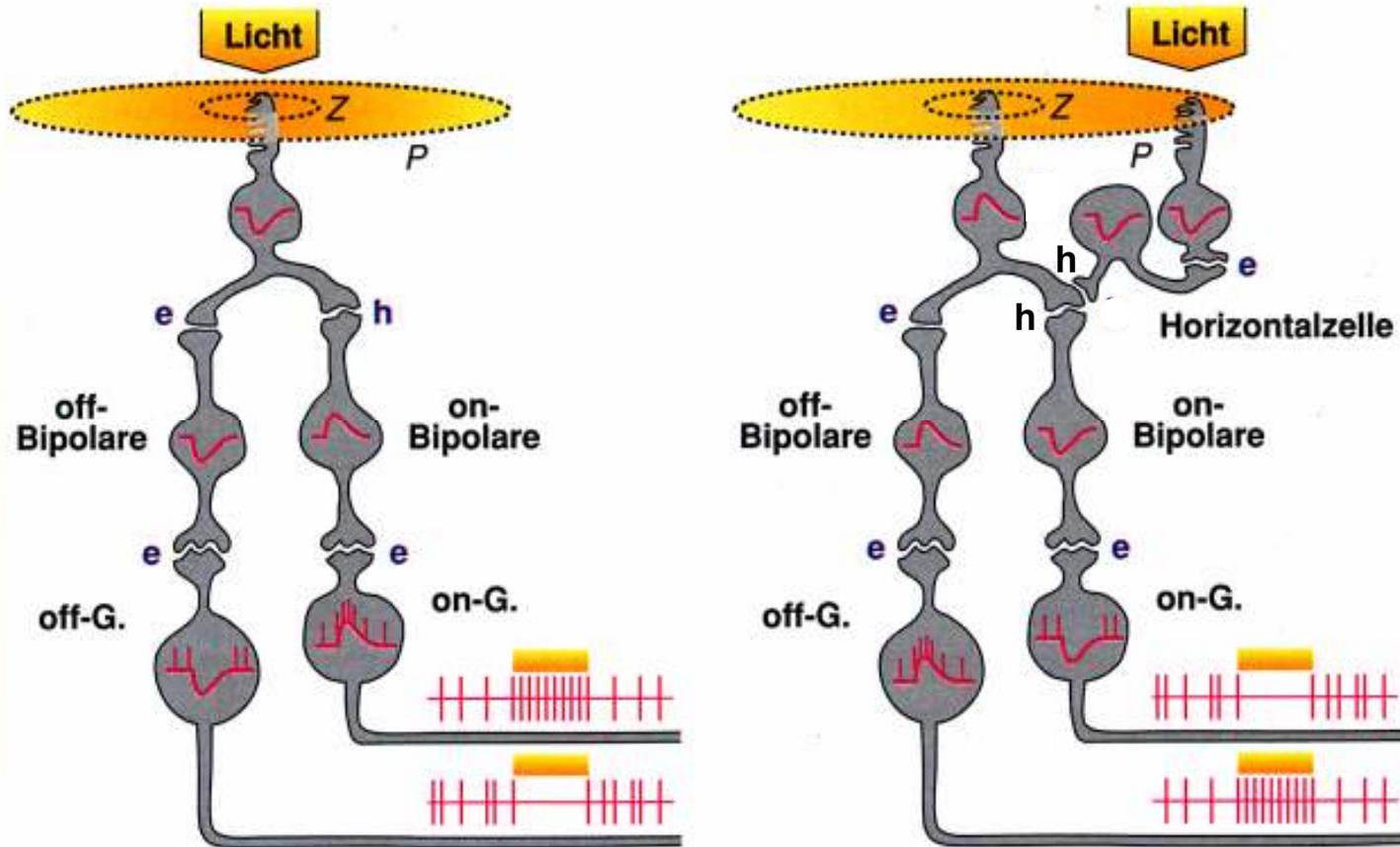
## Retina: 2 Verarbeitungsebenen



# Rezeptives Feld



# Retina: laterale Hemmung

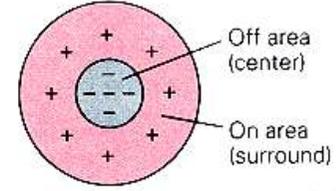
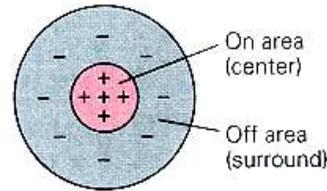


# Konzentrische Rezeptive Felder von Ganglienzellen

## On-center

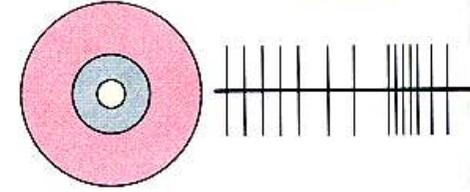
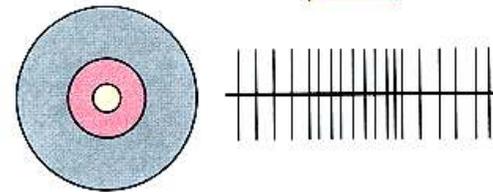
## off-center

Lichtpunkt  
im Zentrum

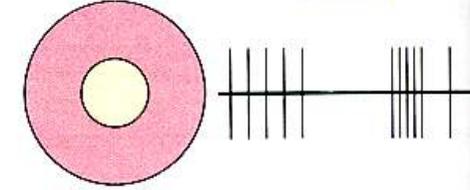
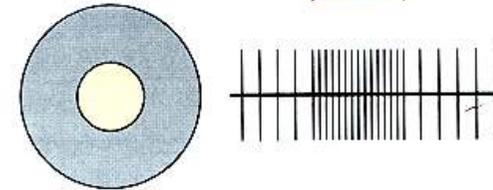


Light on

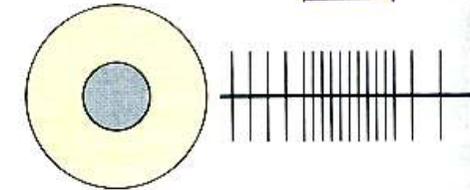
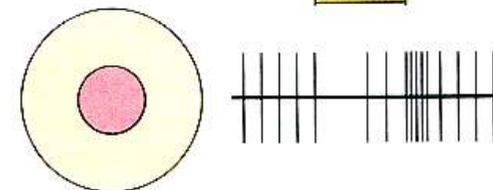
Light on



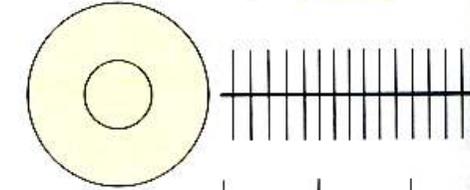
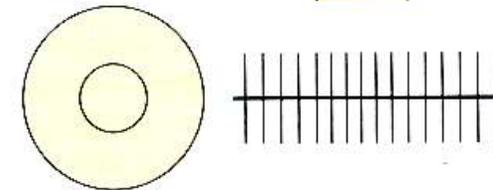
Zentrale  
Belichtung



Umfeld  
Belichtung

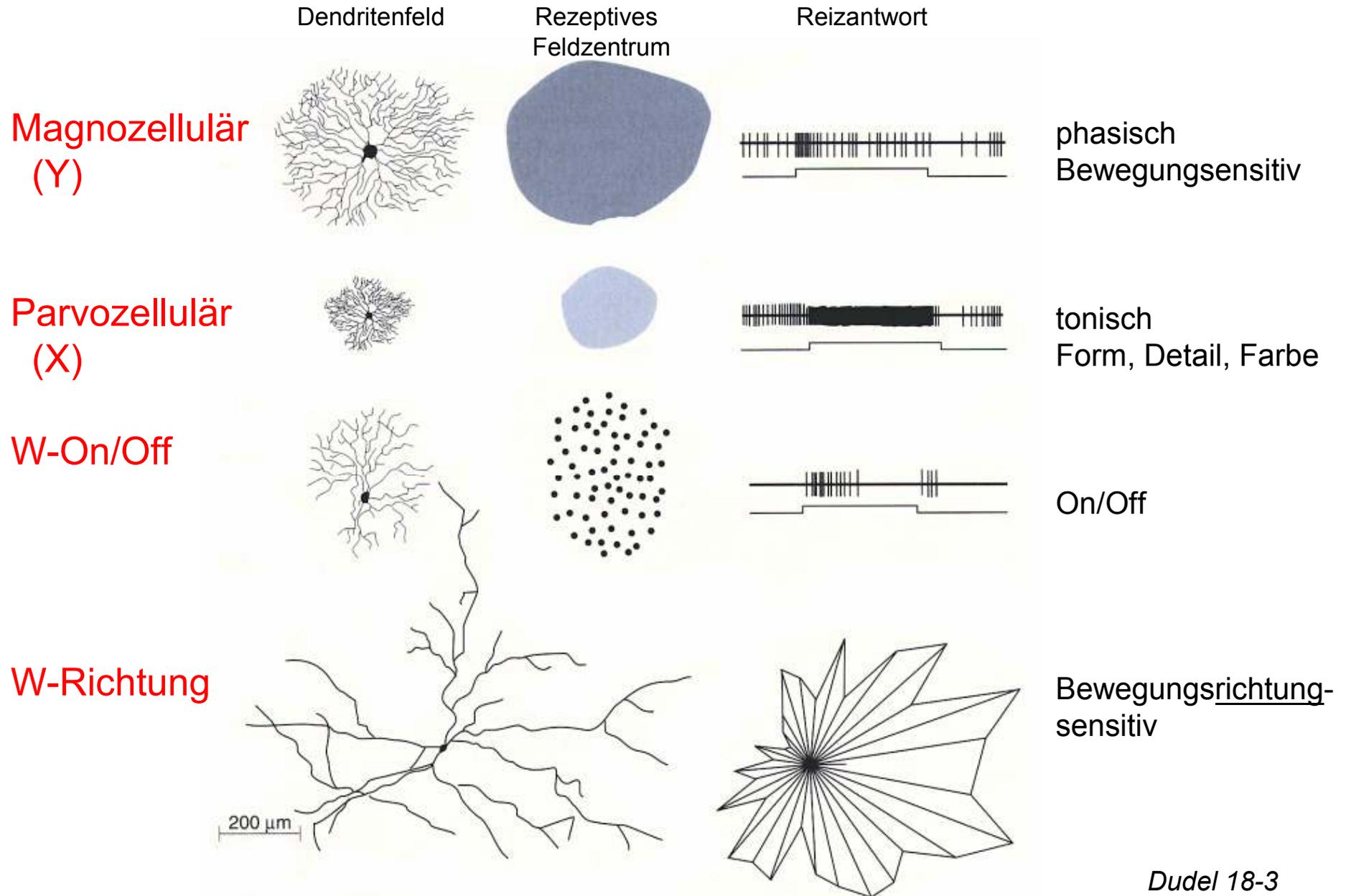


Diffuse  
Belichtung

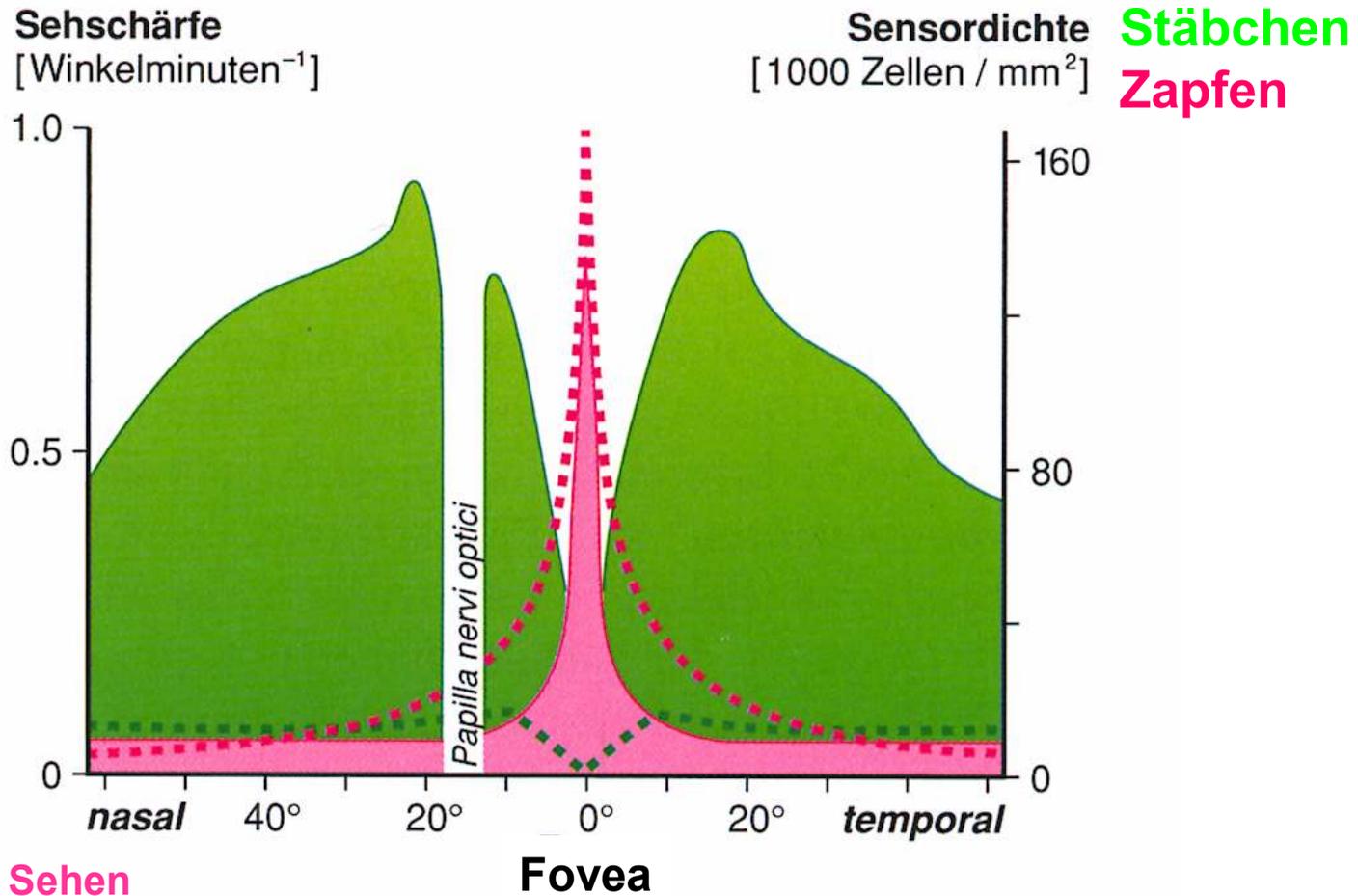


0 0.5 1.0  
T (ms)

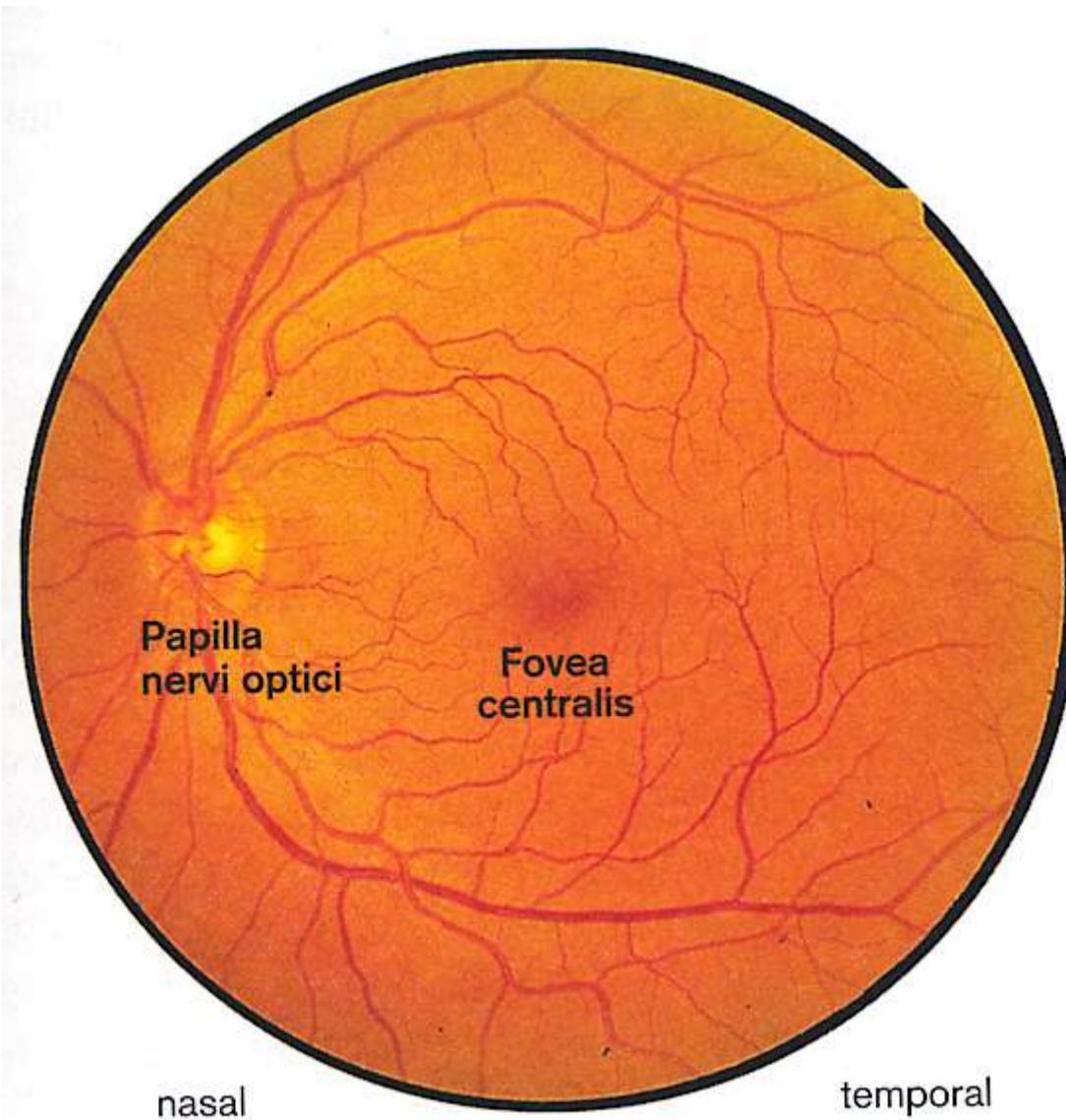
# Unterschiedliche Ganglionzelltypen



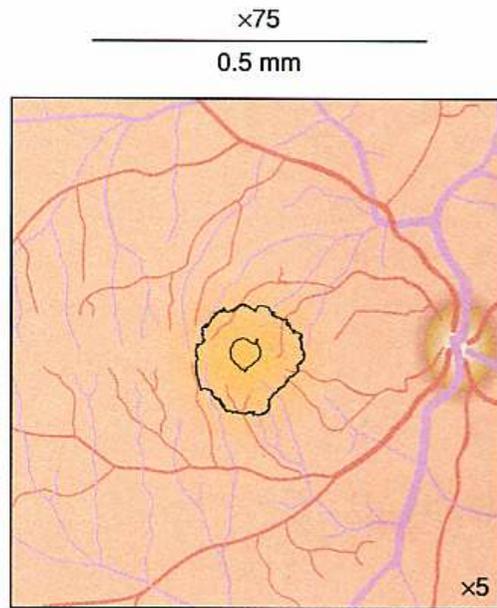
# Fovea: Stelle schärfsten Sehens



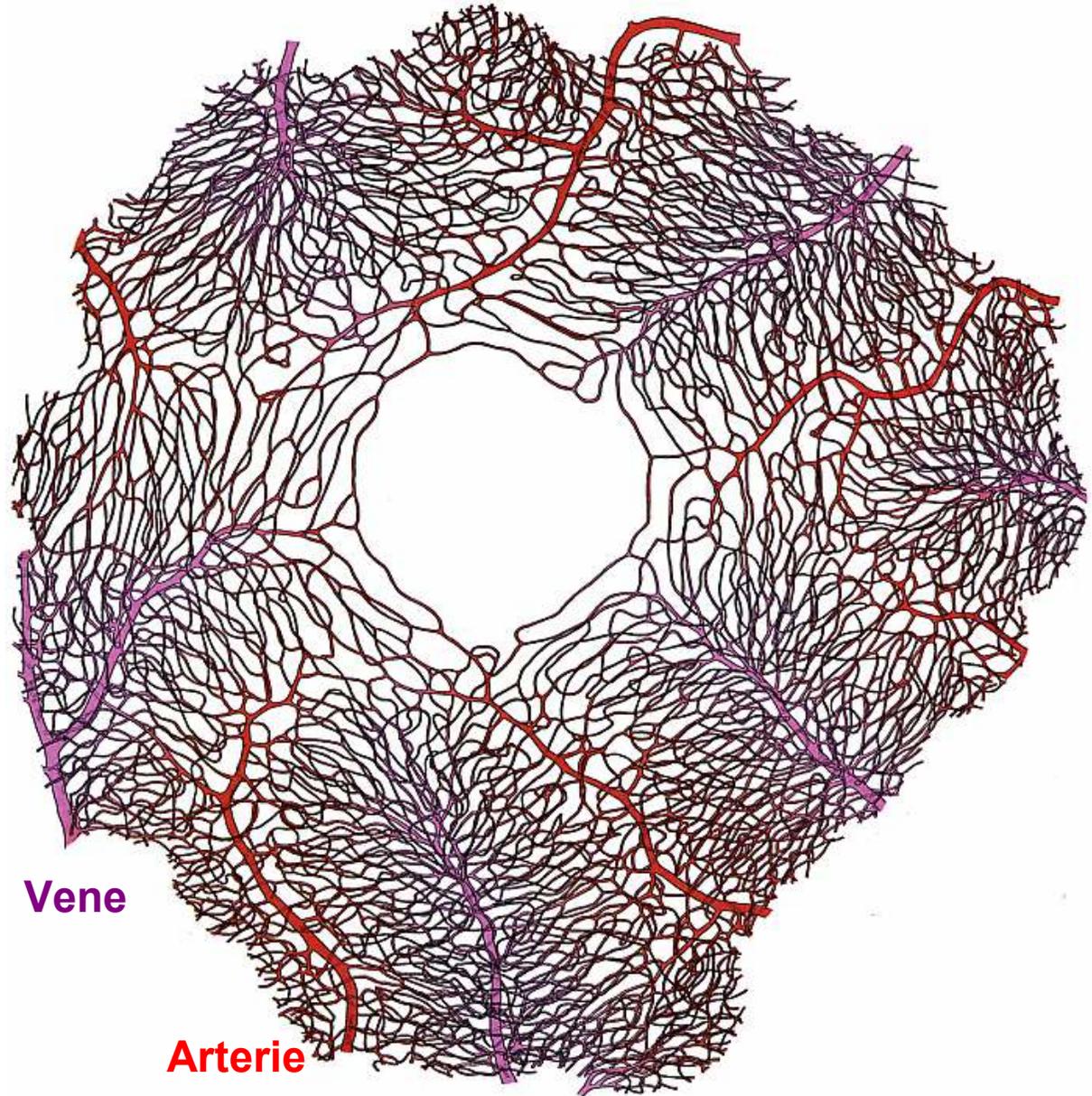
photopisches Sehen  
(Tageslicht) - - -  
skotopisches Sehen  
(Dämmerung) - - -



# Blutversorgung der Fovea



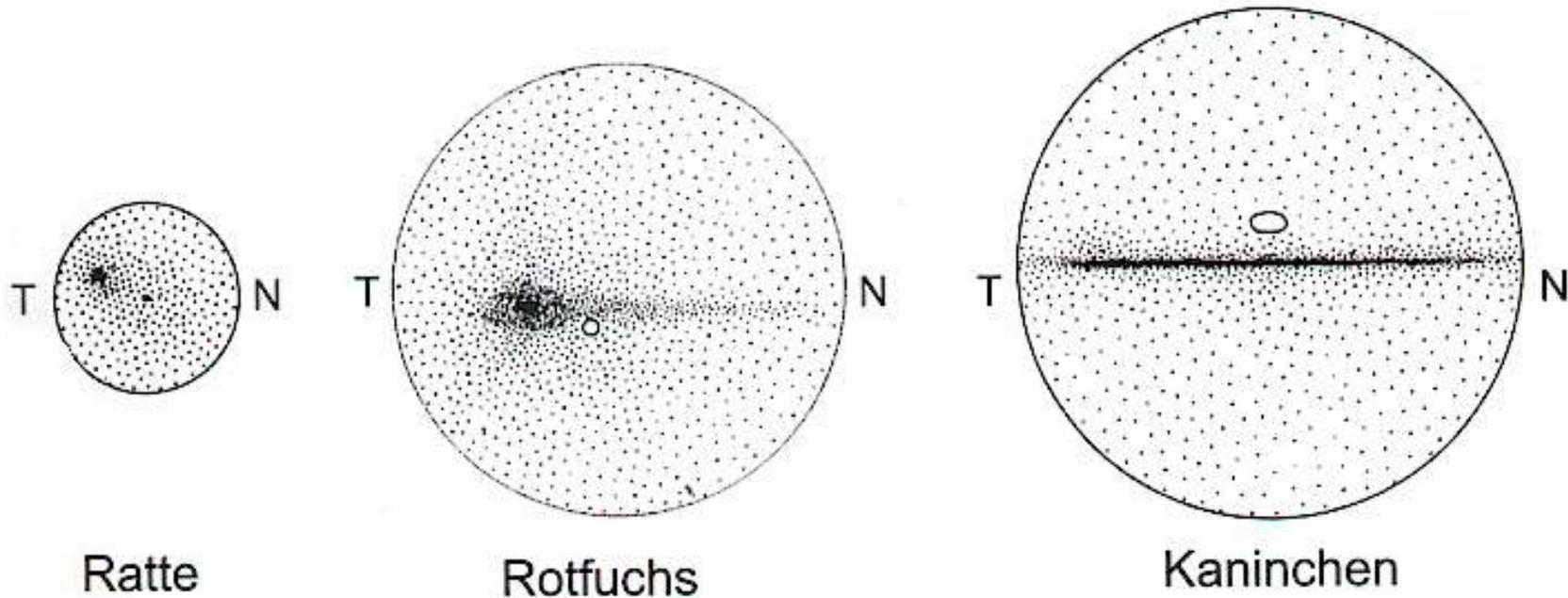
after Snodderly et al., 1992



Vene

Arterie

## *Erhöhte Ganglionzellendichte in der Fovea*



10 mm

**area centralis  
= Fovea**

**Horizontalstreifen**

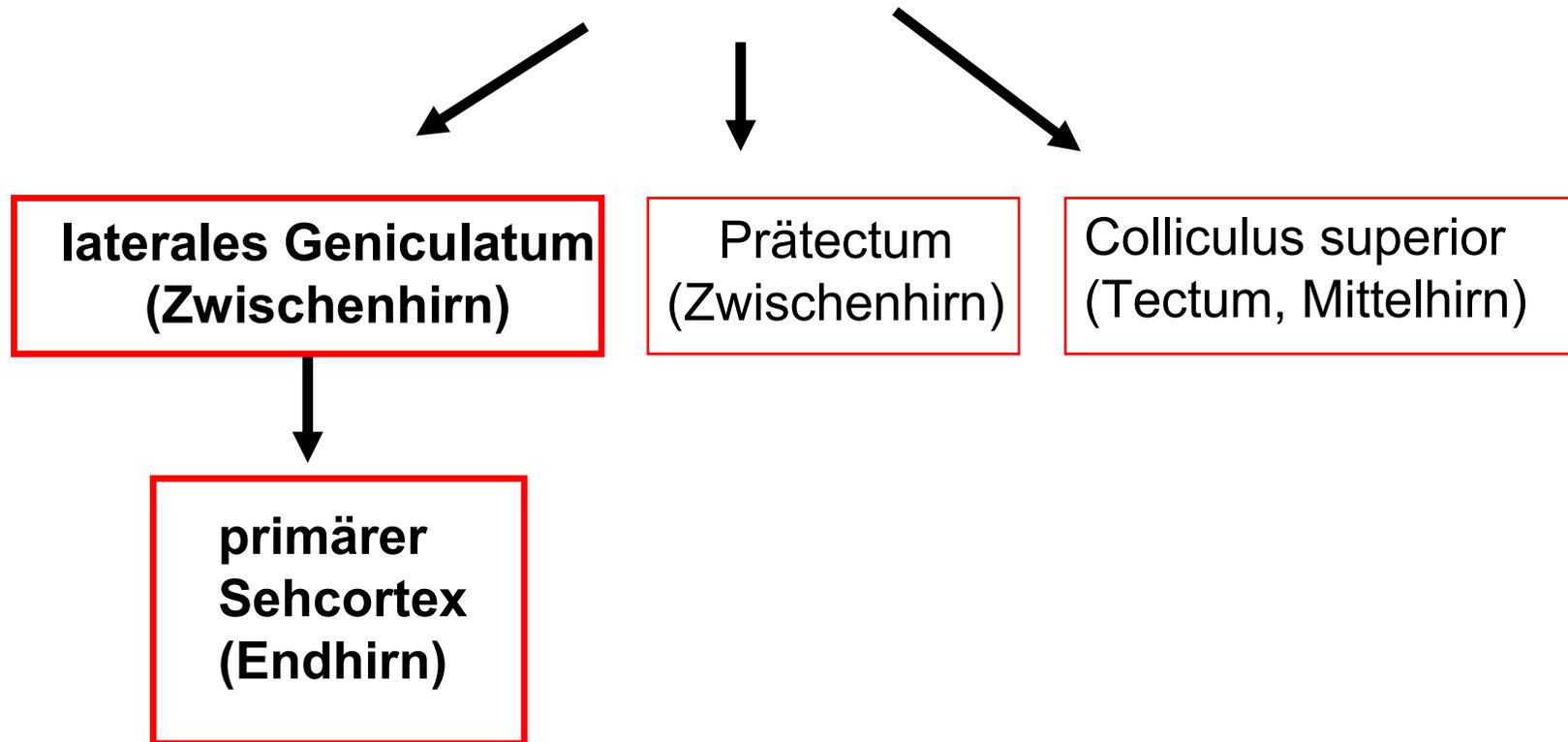
## Zusammenfassung: **Retina**

- Vertikale Verschaltung:     Rezeptorzelle → Bipolarzelle → Ganglionzelle  
Horizontale Verschaltung:   Horizontalzellen, Amakrinzellen
- **Off-Kanal** (erregende RZ-BiPol Synapse) **On-Kanal** (Hemmende glutaminerge Synapse, mGluR6)
- Rezeptives Feld mit **antagonistischer** Verschaltung Zentrum/Peripherie (z.B. on/off) aufgrund von Inhibition durch Horizontalzellen
- **X, Y, W** Ganglionzellen
- **Fovea** und Horizontalstreifen

# **Zentrale Sehverarbeitung**

# Sehbahn

Retina

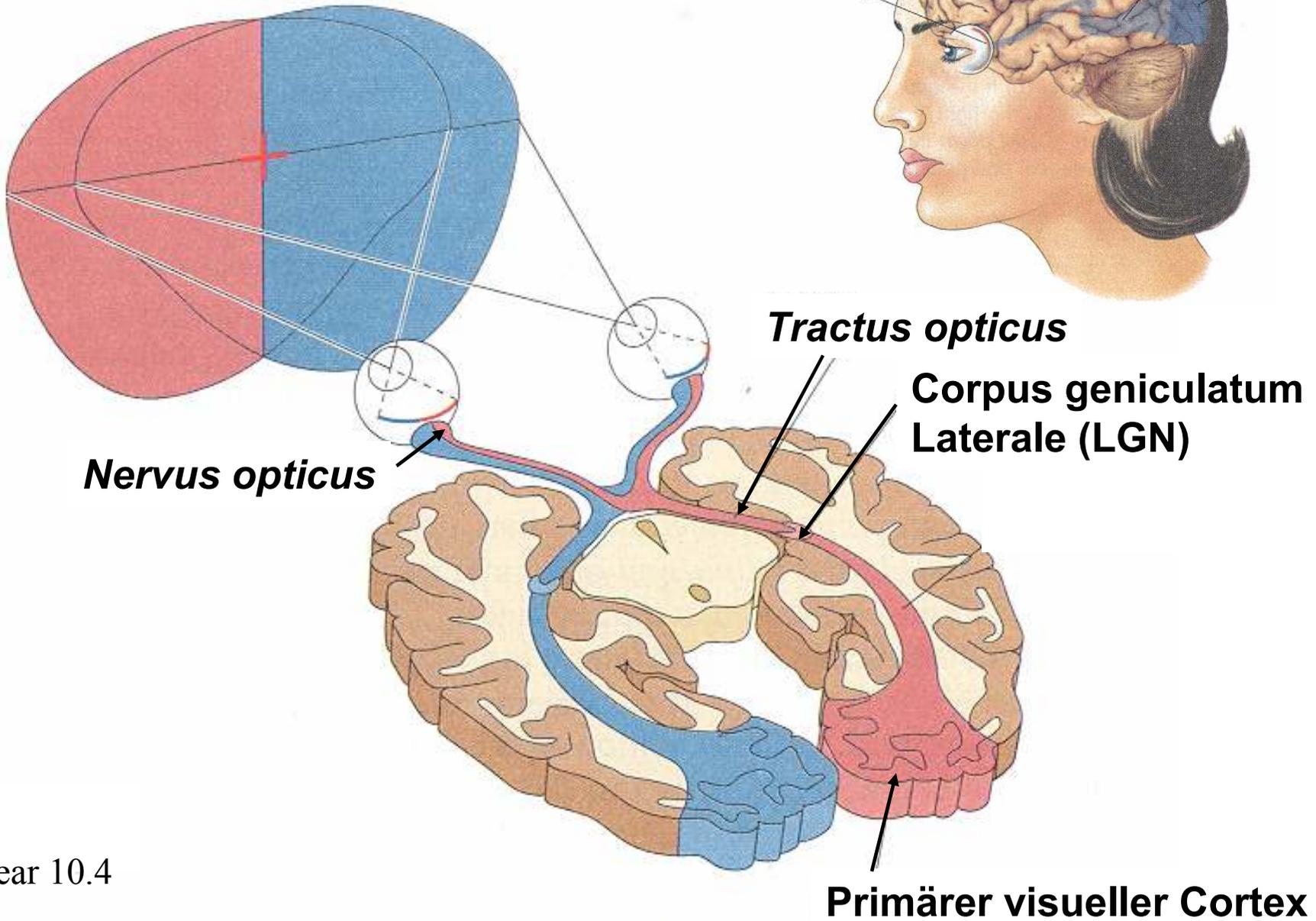


**Perzeption**

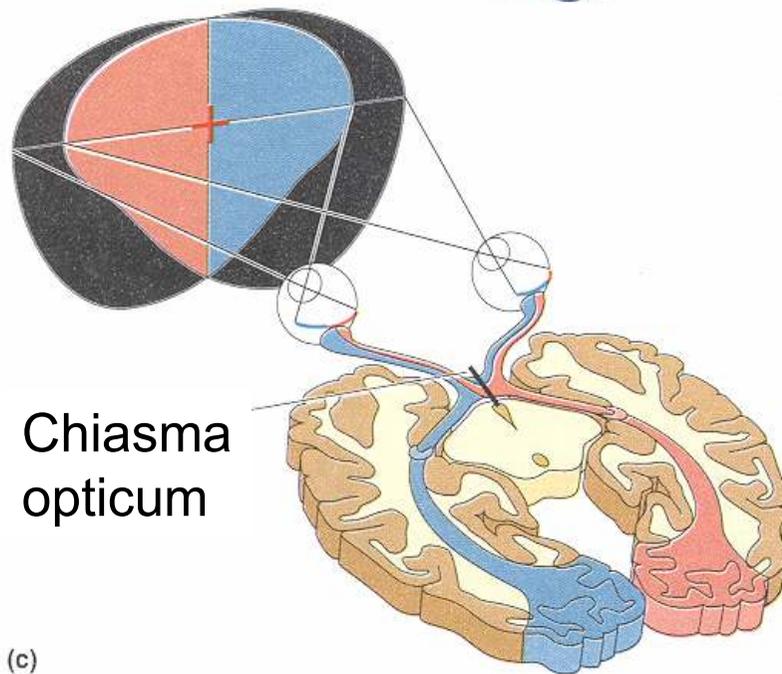
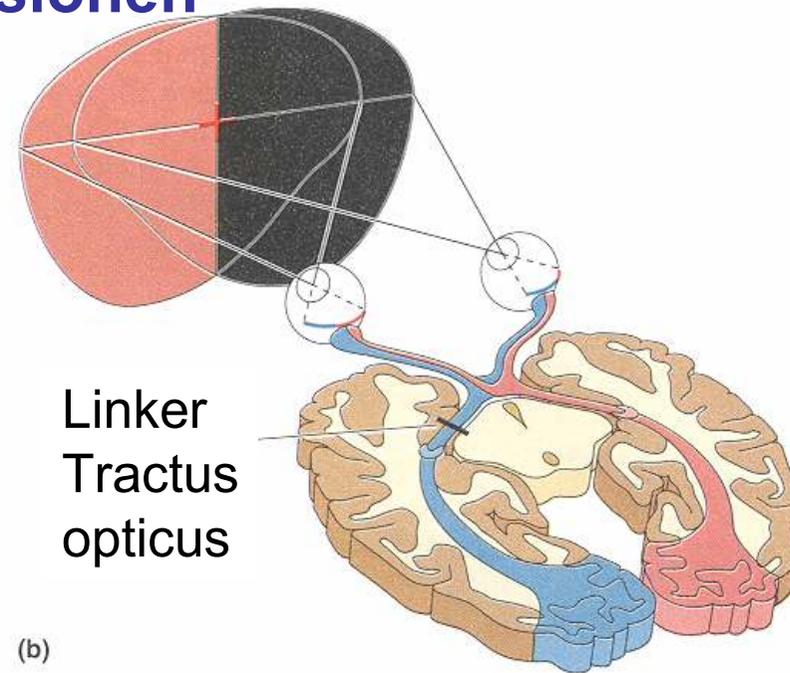
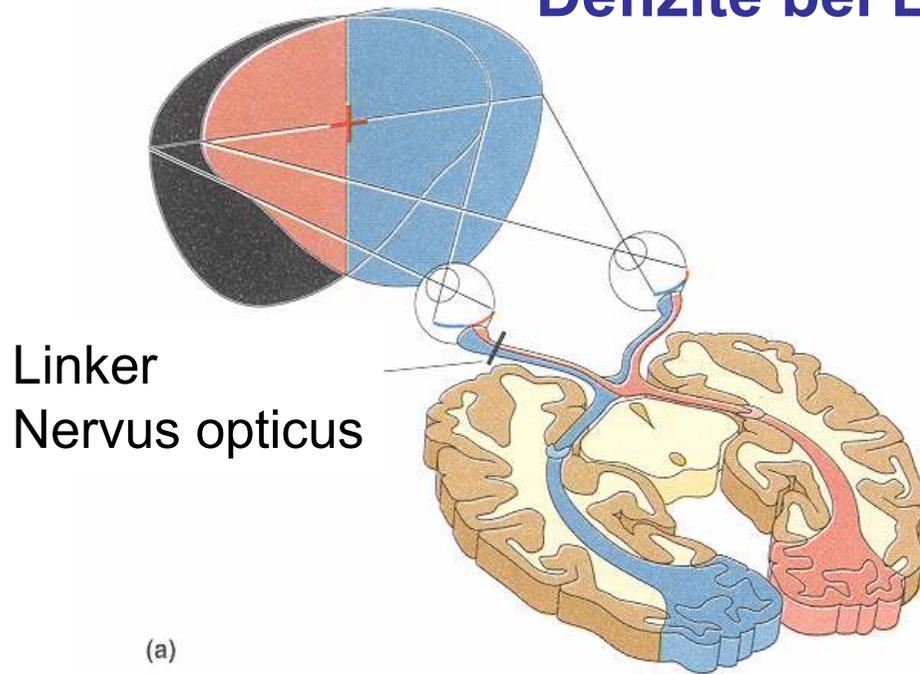
Pupillenreflex  
circad. Rhyth.

Augenbewegung

# Sehbahn

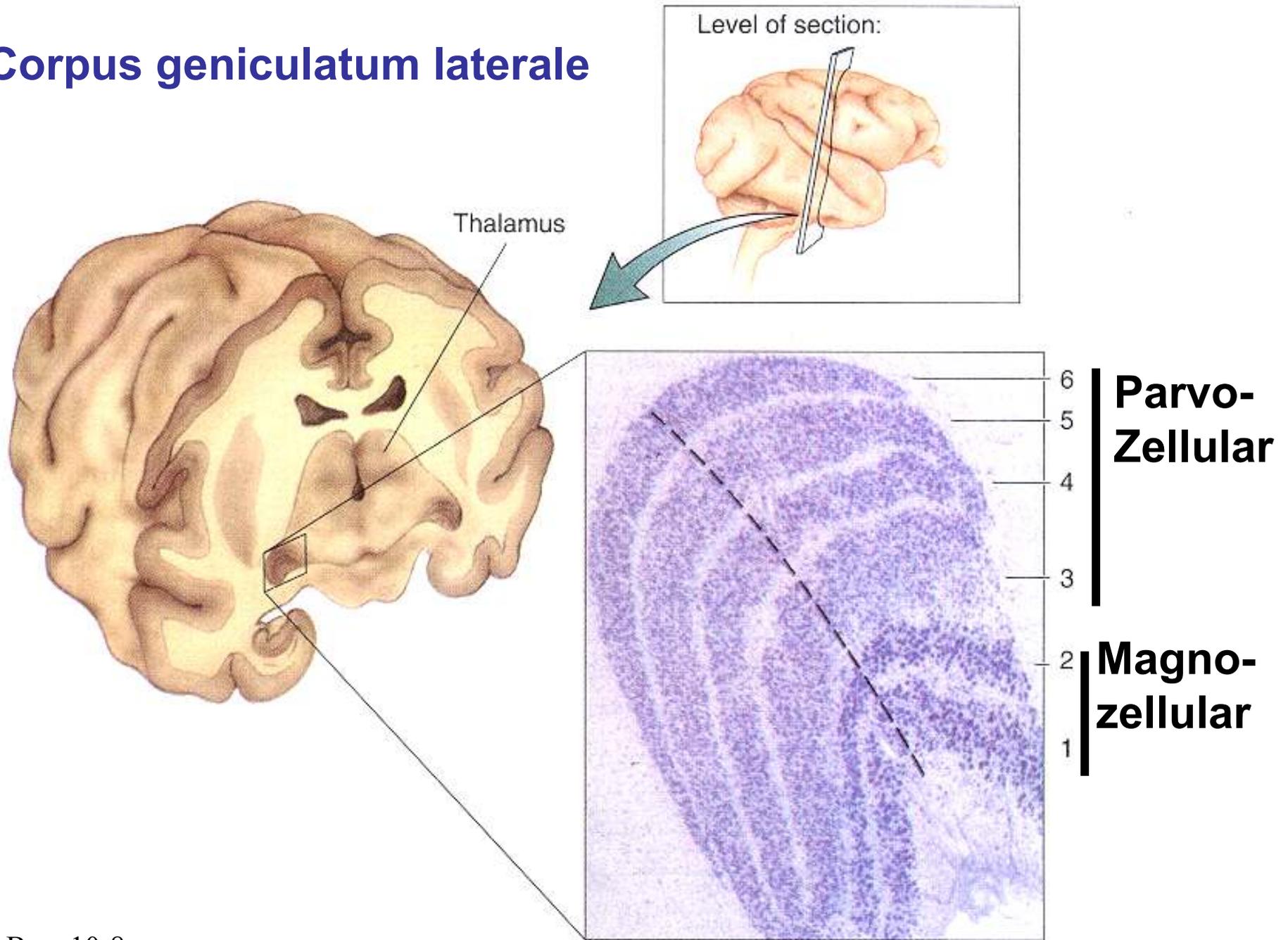


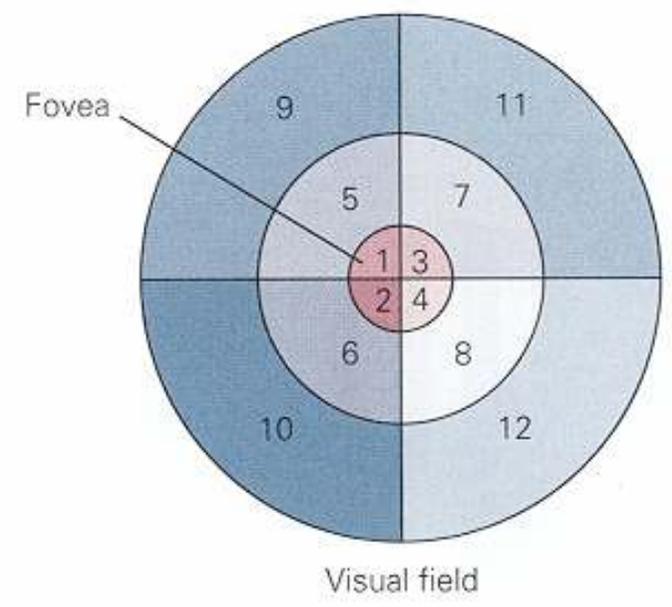
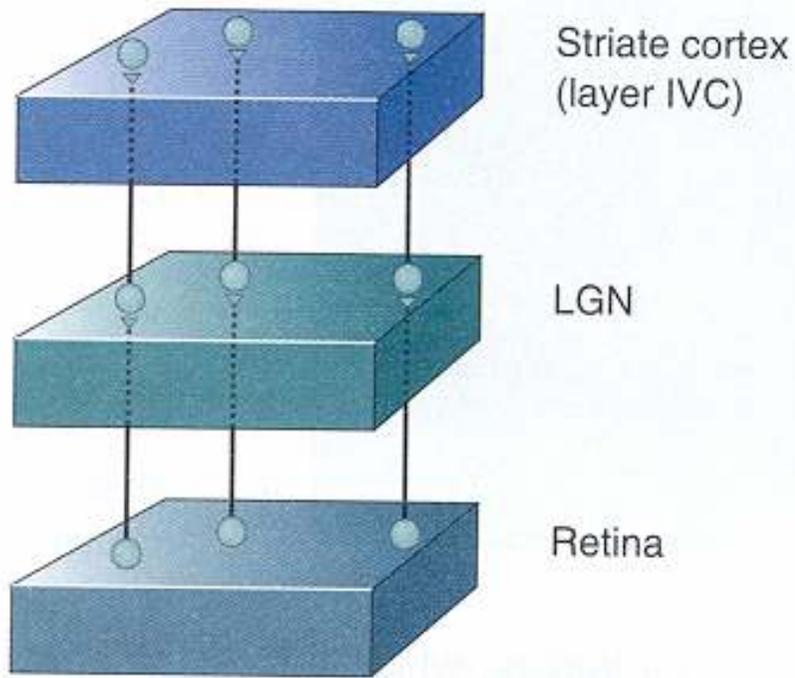
## Defizite bei Läsionen



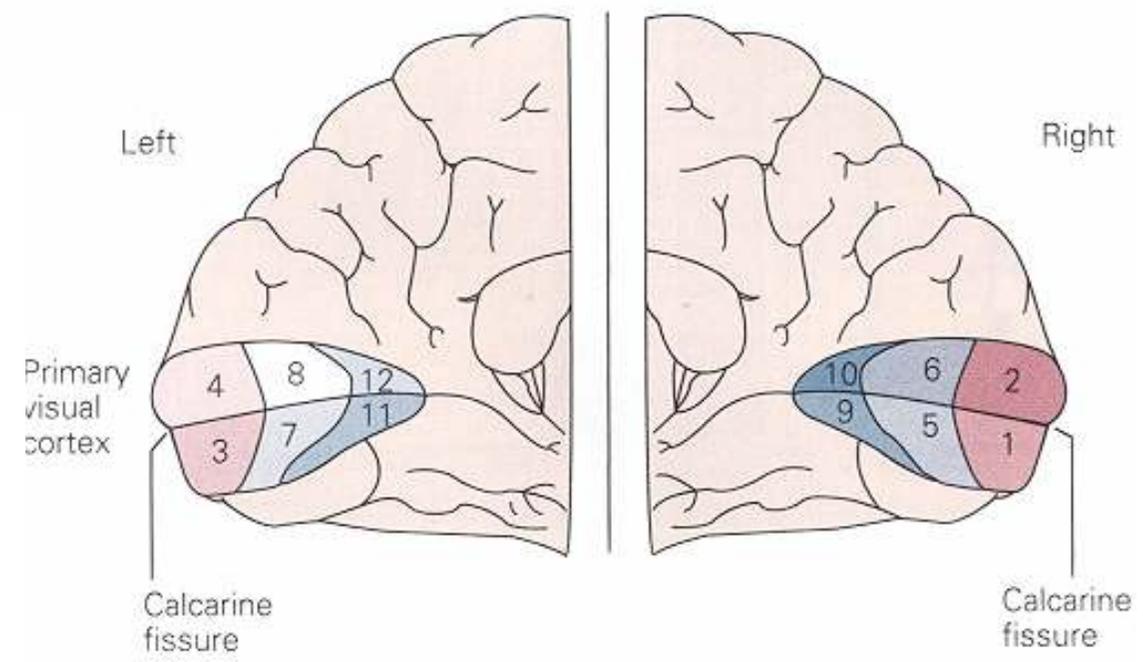
1. **Linker Nervus opticus:** Sehverlust im linken Auge
2. **Linker Tractus opticus:** Ausfall rechtes Gesichtsfeld beider Augen
3. **Chiasma opticum:** kreuzende Fasern, peripheres Gesichtsfeld beider Augen. Tunnelsicht

# Corpus geniculatum laterale



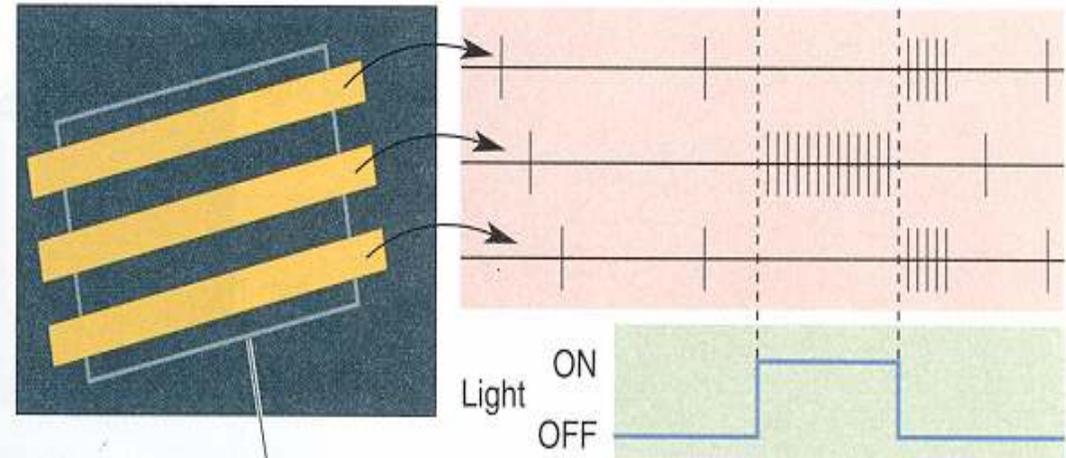
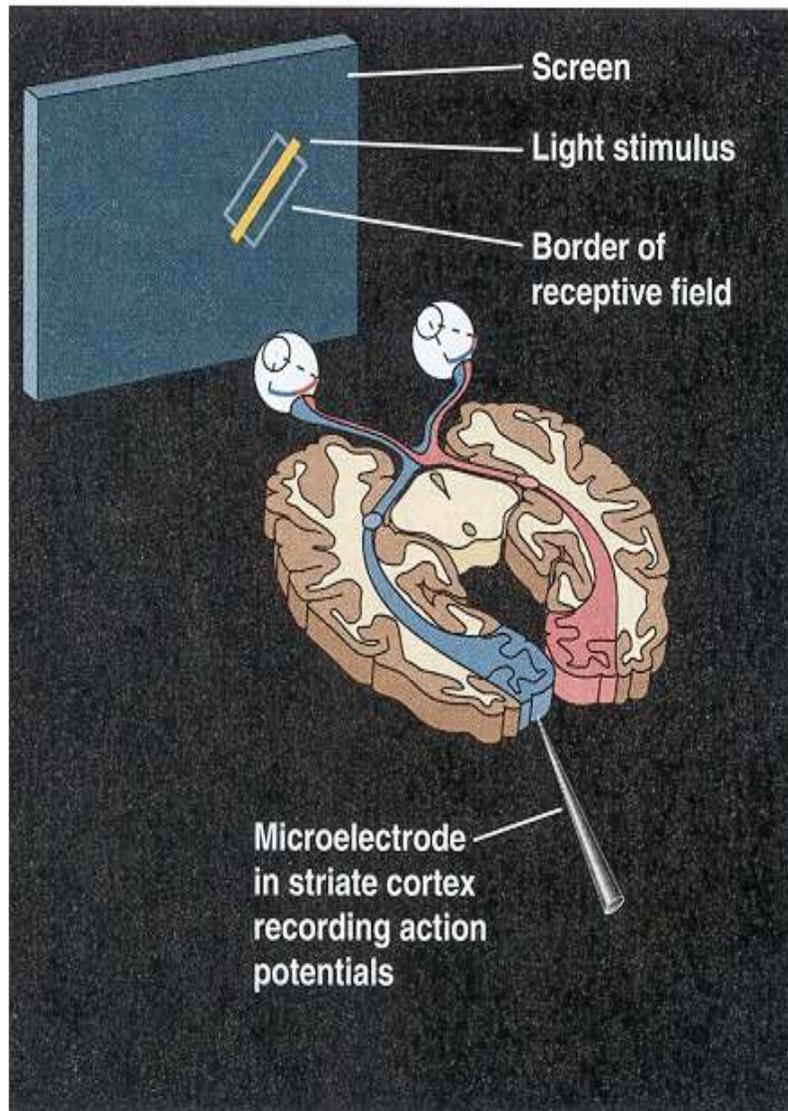


# Aufrechterhaltung der Retinotopie



Bear 10.14; Kandel 27-9

# Antwortcharakteristik einer „Simple cell“



## Rezeptives Feld:

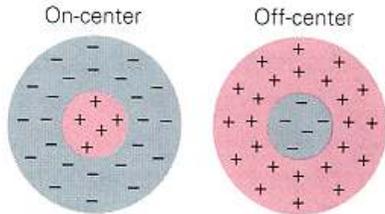


**Bevorzugte Antwort auf Lichtbalken  
Bestimmter Orientierung**

(a)

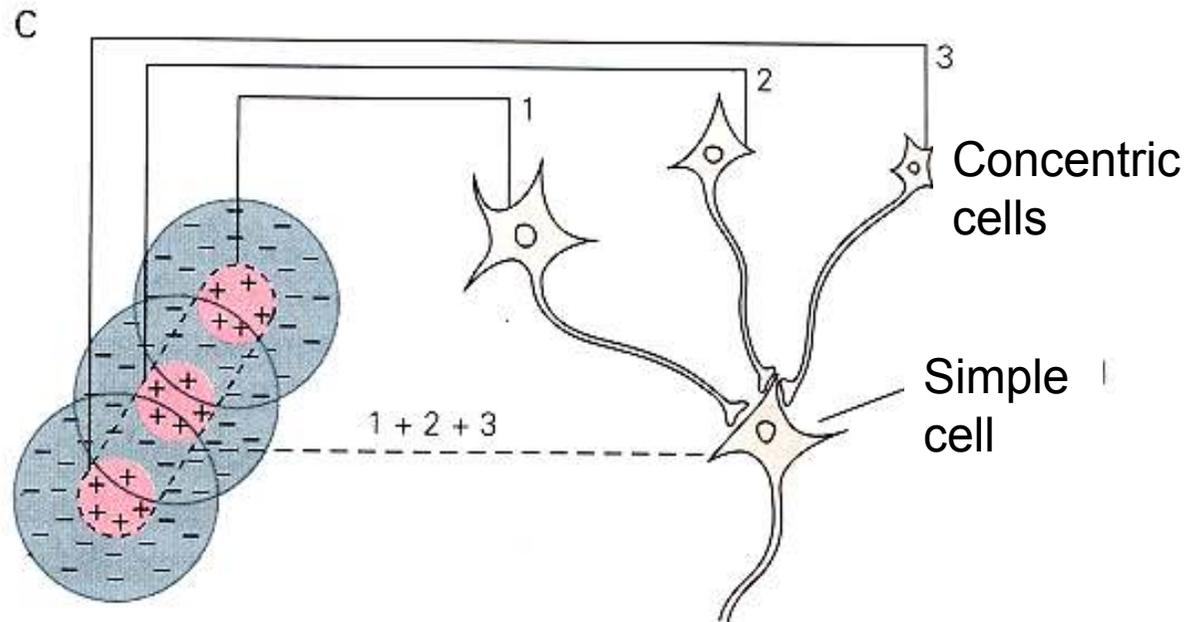
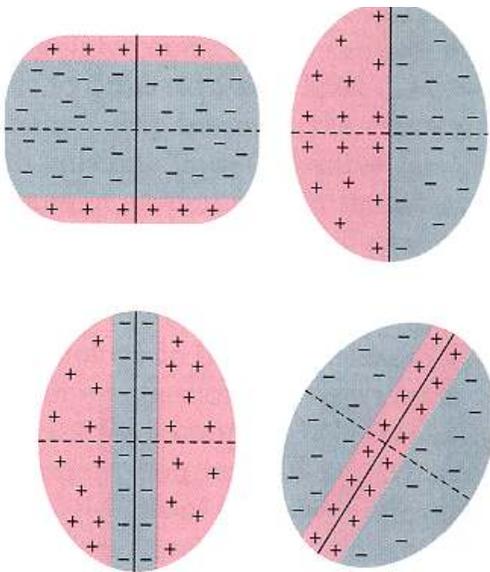
Bear 10.21

## Retina + LGN

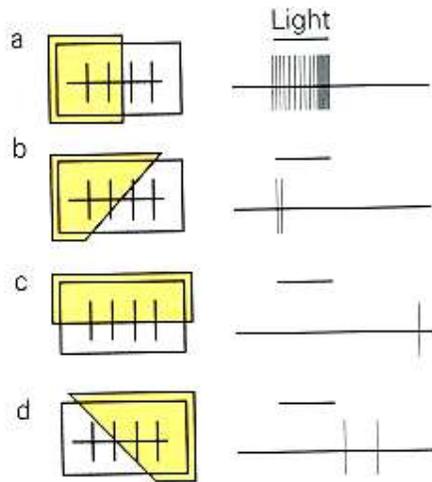


Konstruktion der simple cell  
rez.Felder durch **Konvergenz**  
von LGN-eingängen mit  
konzentrischen rez. Feldern

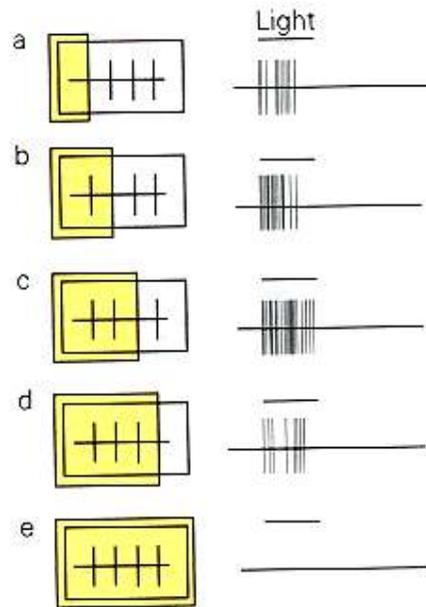
## Simple cells V1



## Orientierungssensitiv

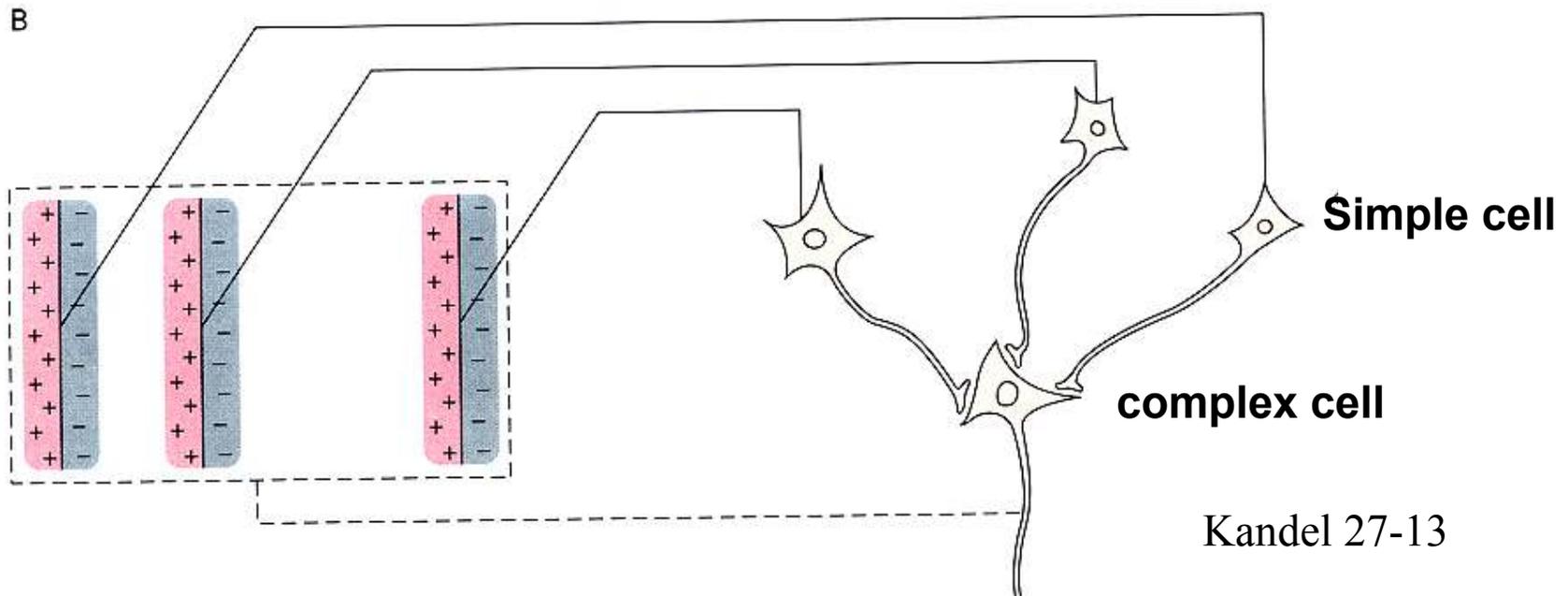


## Positionsunabhängig

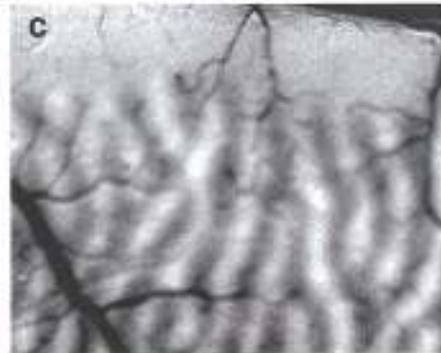
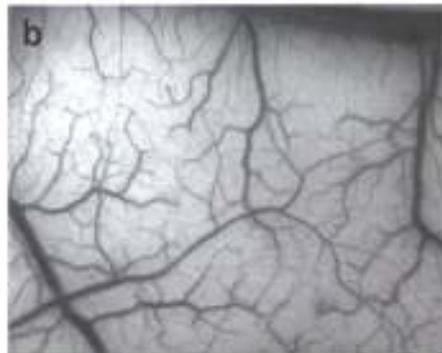
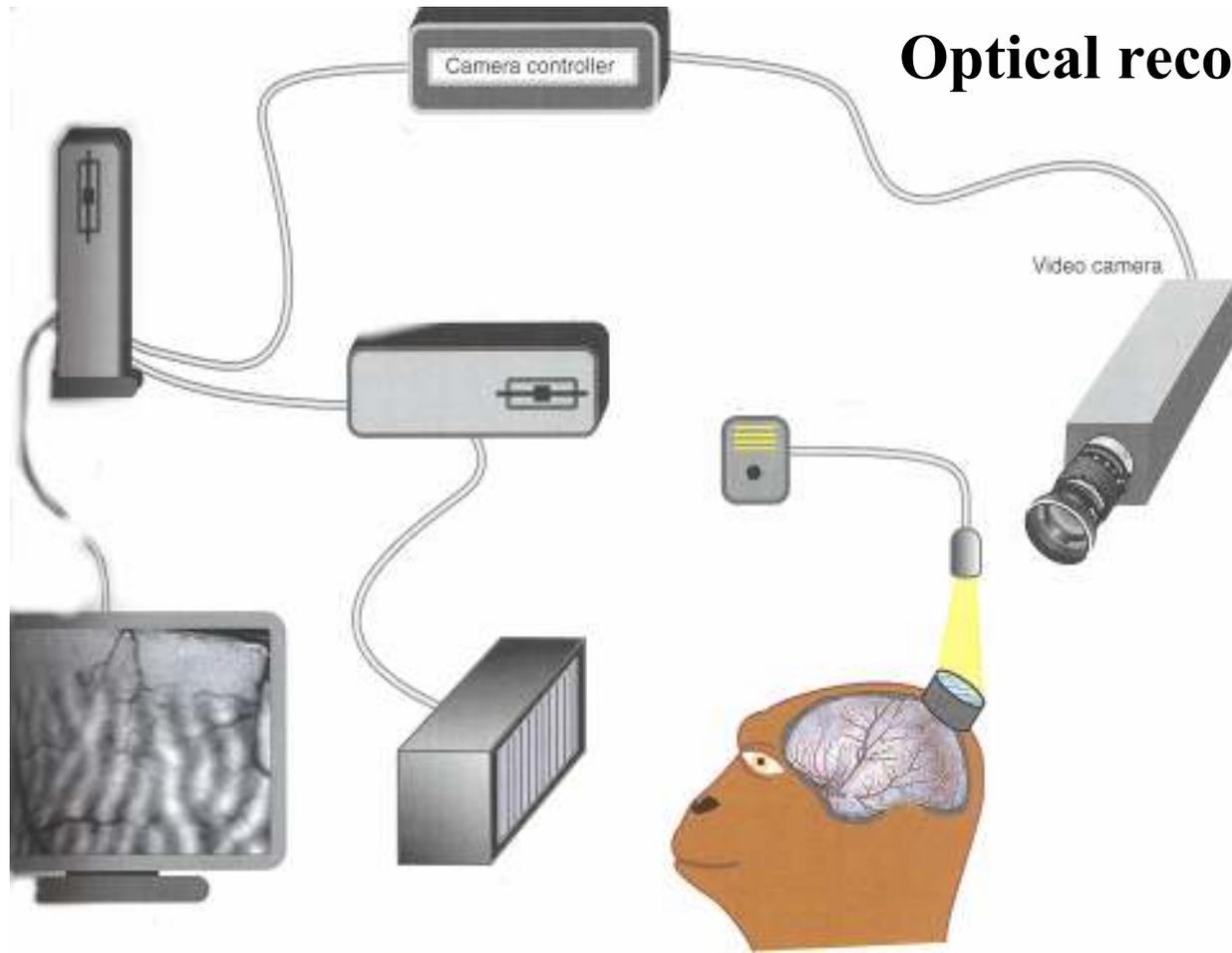


## Complex cells:

Rez.Felder groß; keine  
Klaren On-Off Regionen;  
Konvergenz von  
Simple cells

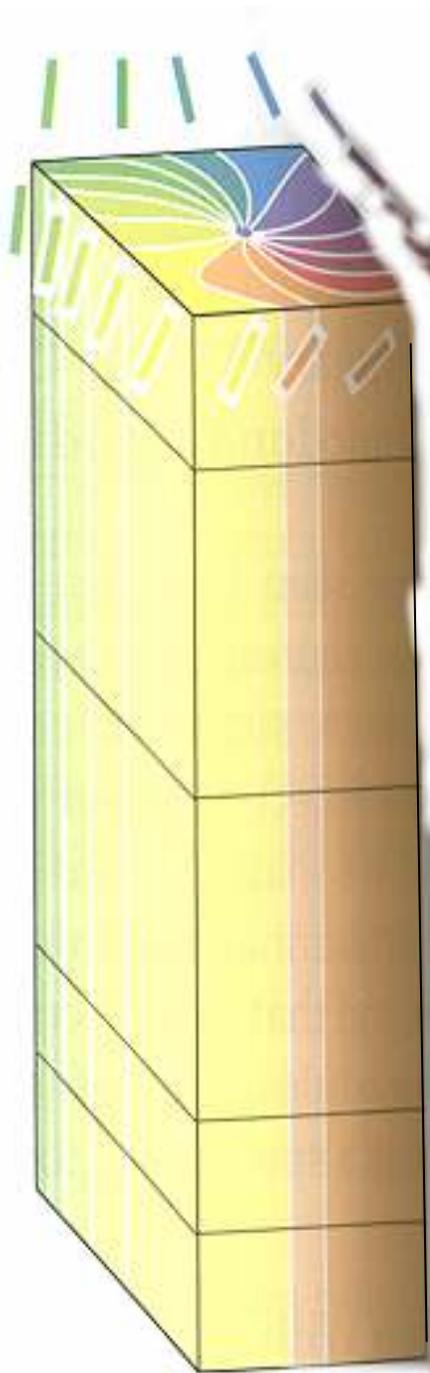


# Optical recording

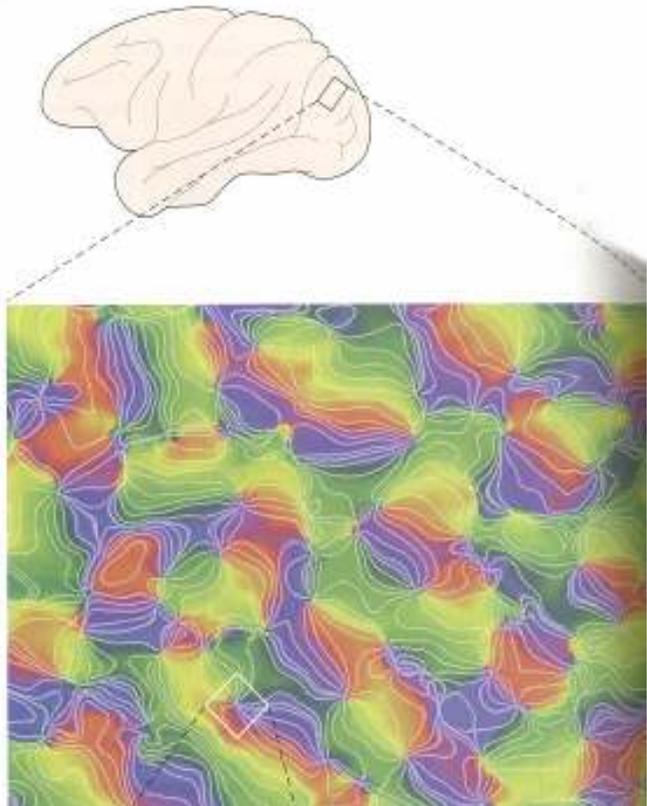
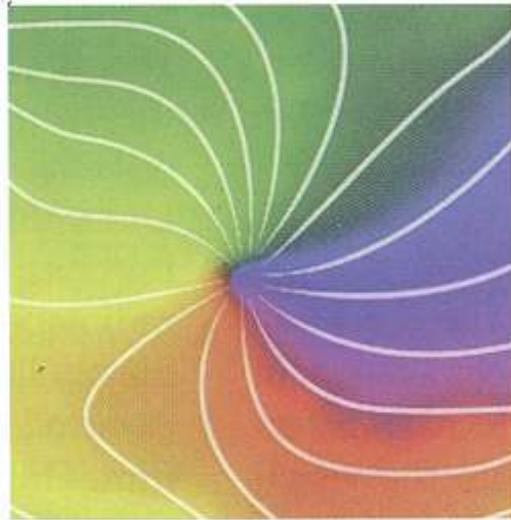


# Orientierungssäulen

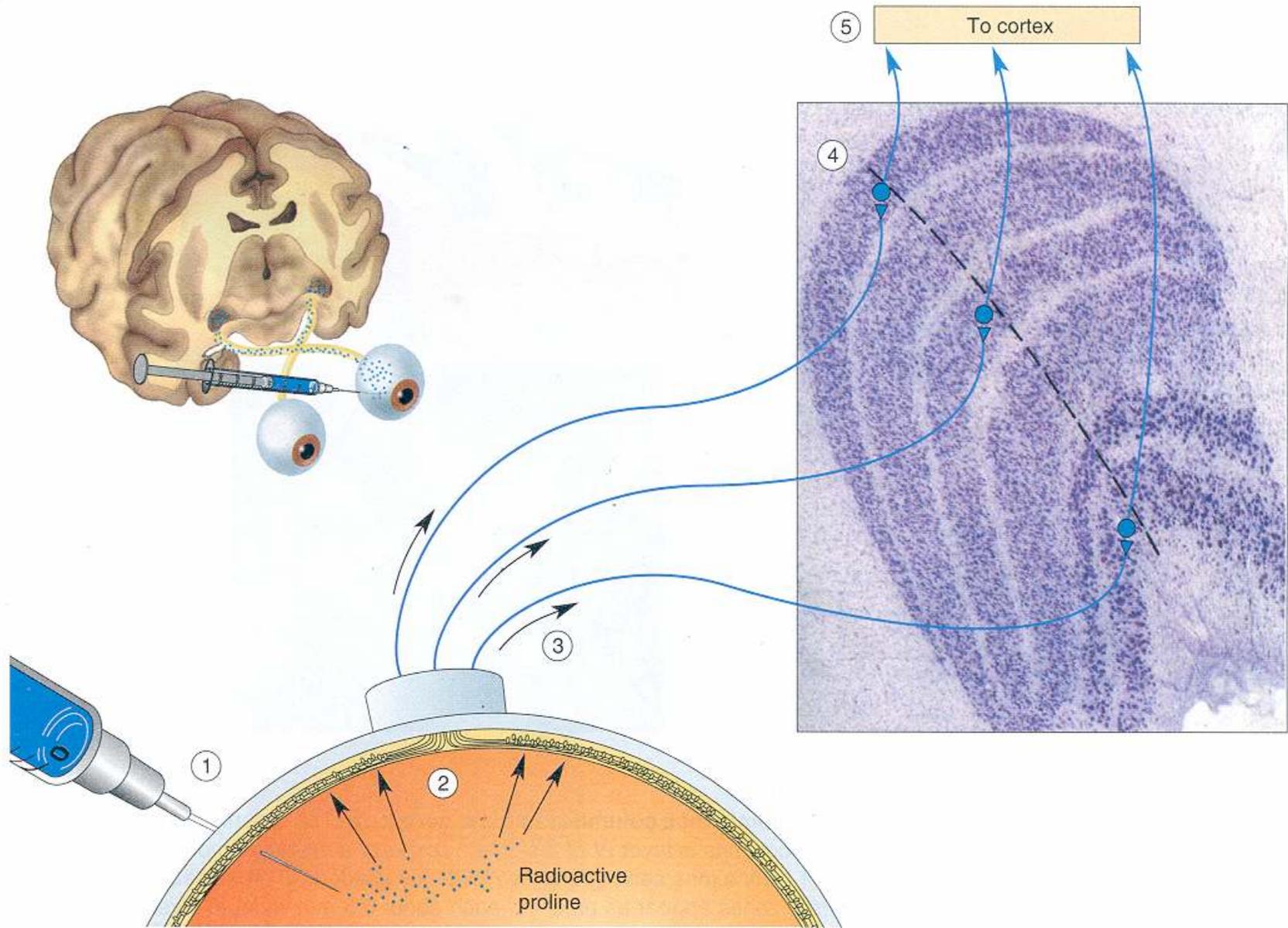
C



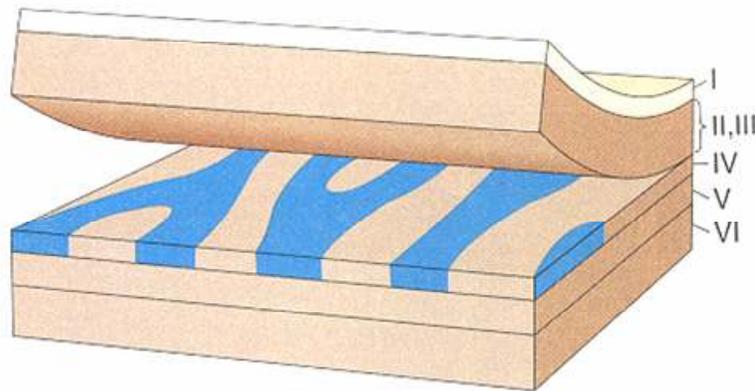
B



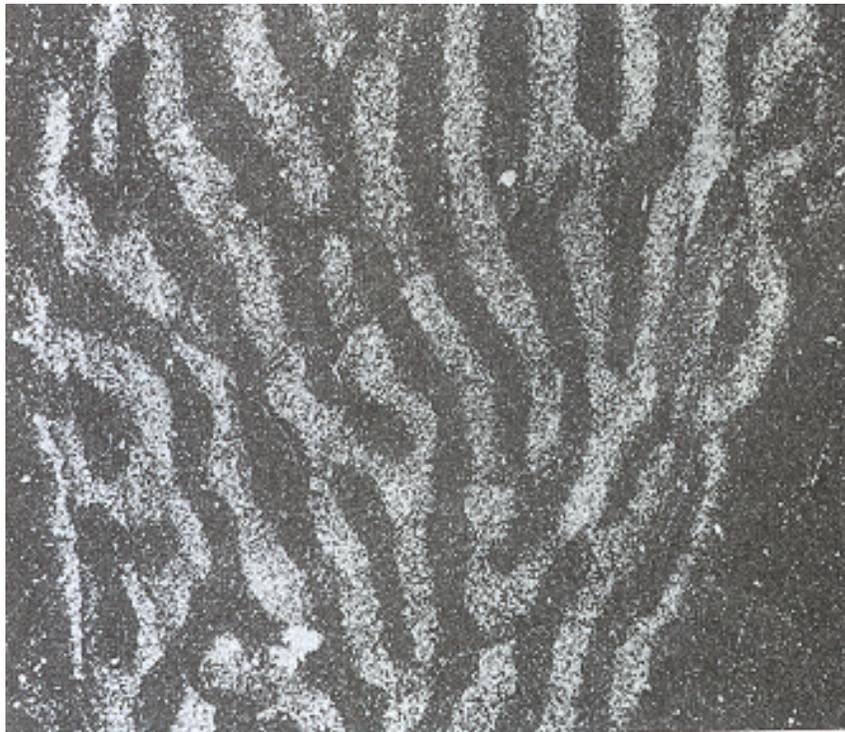
Kandel 27-14



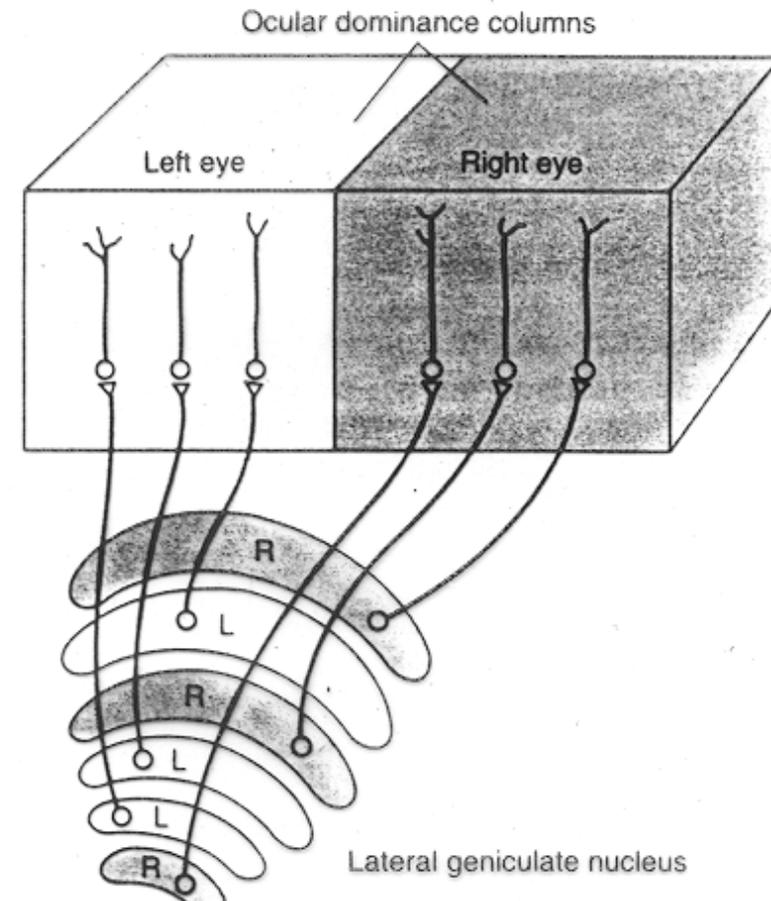
Bear 10.17

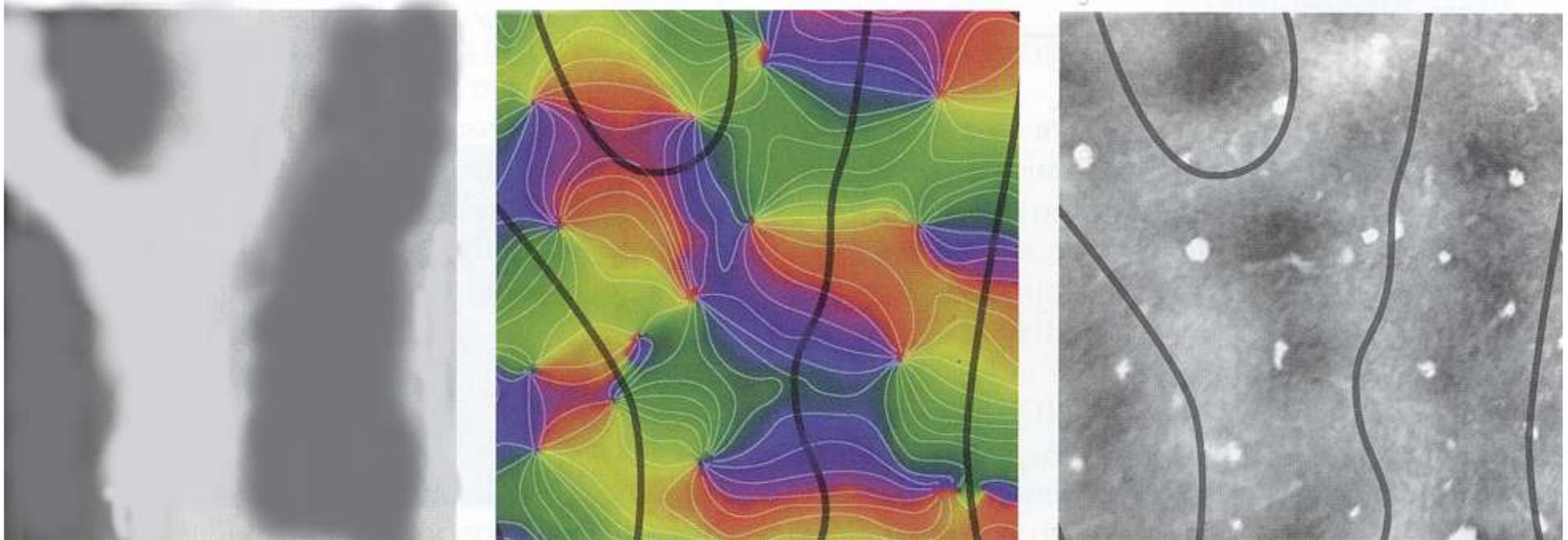


## Okulardominanzsäulen im Visuellen Cortex (Autoradiographie)



**Eingänge vom LGN in Schicht  
Ivc sind räumlich segregiert**

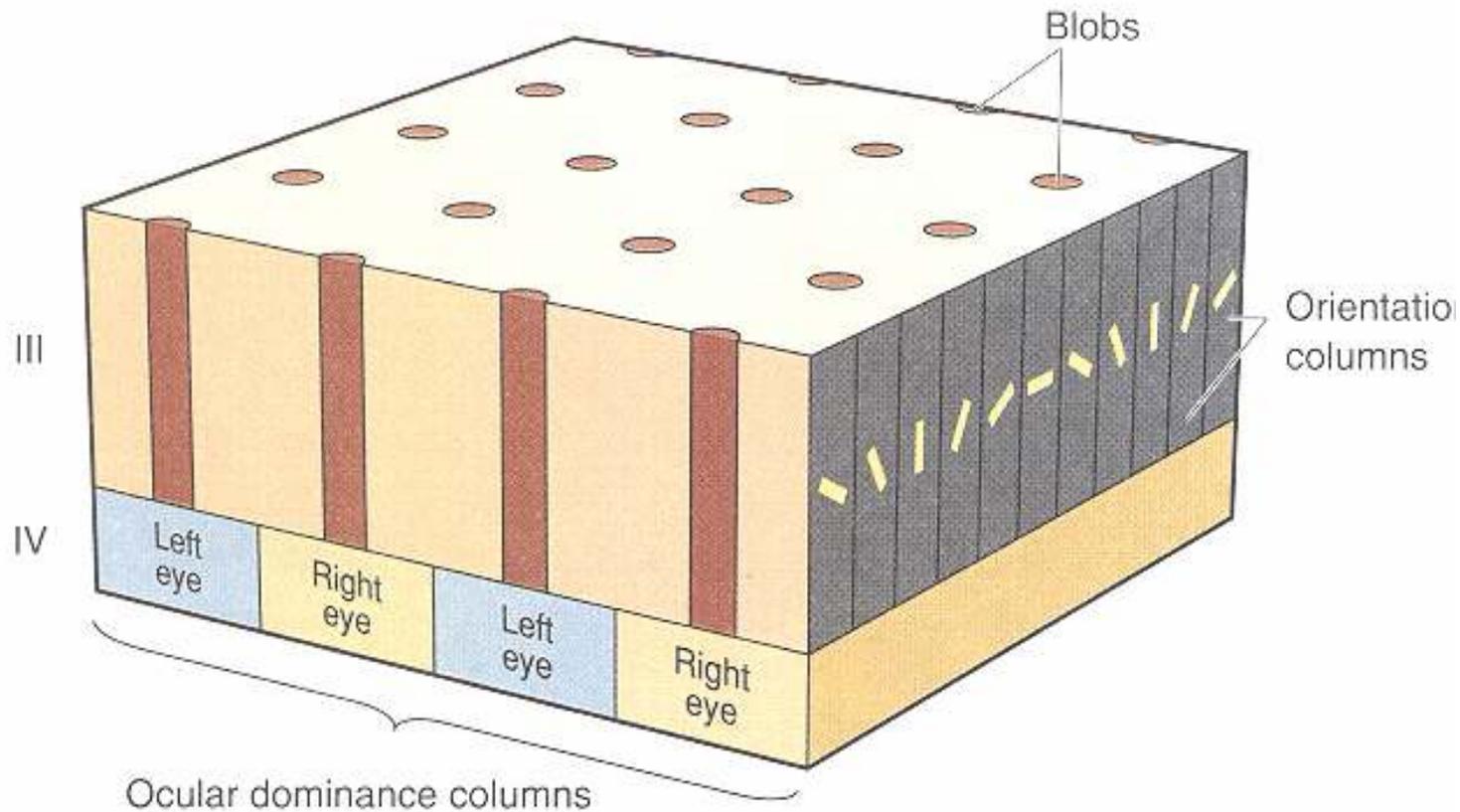




## Okulardominanzsäulen, Orientierungssäulen und Blobs

Wie fügt sich das Puzzle zusammen?

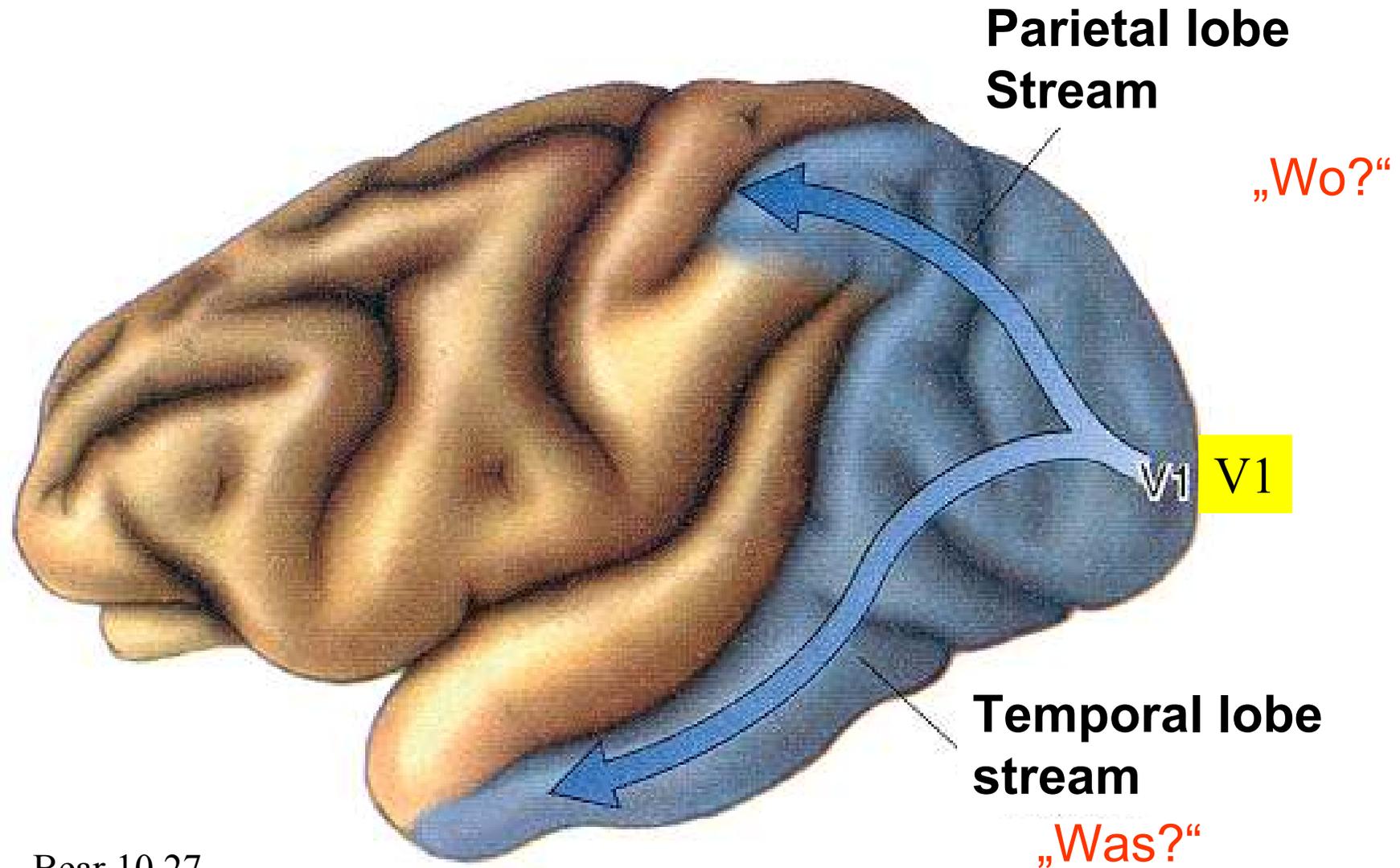
## Cortikaler Modul (Hypercolumn)



1 mm<sup>2</sup> Cortexgewebe: Verantwortlich für die Analyse eines kleinen Ausschnitts des Gesichtsfelds = elementarer Verarbeitungsmodul.  
2 Sets Okulardominanzsäulen, 16 blobs und komplettes Muster an Orientierungssäulen

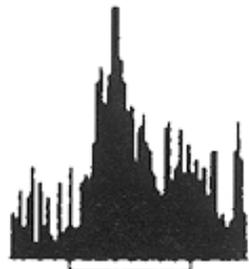
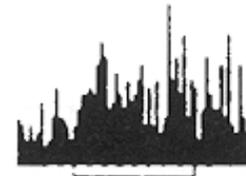


# Höhere visuelle Areale



Bear 10.27

WAS-Bahn



# Gesichtsspezifische Neurone im Inferior temporalen Cortex

Kandel 23.19

