

*Neuro- und Sinnesphysiologie
für Kognitionswissenschaftler*

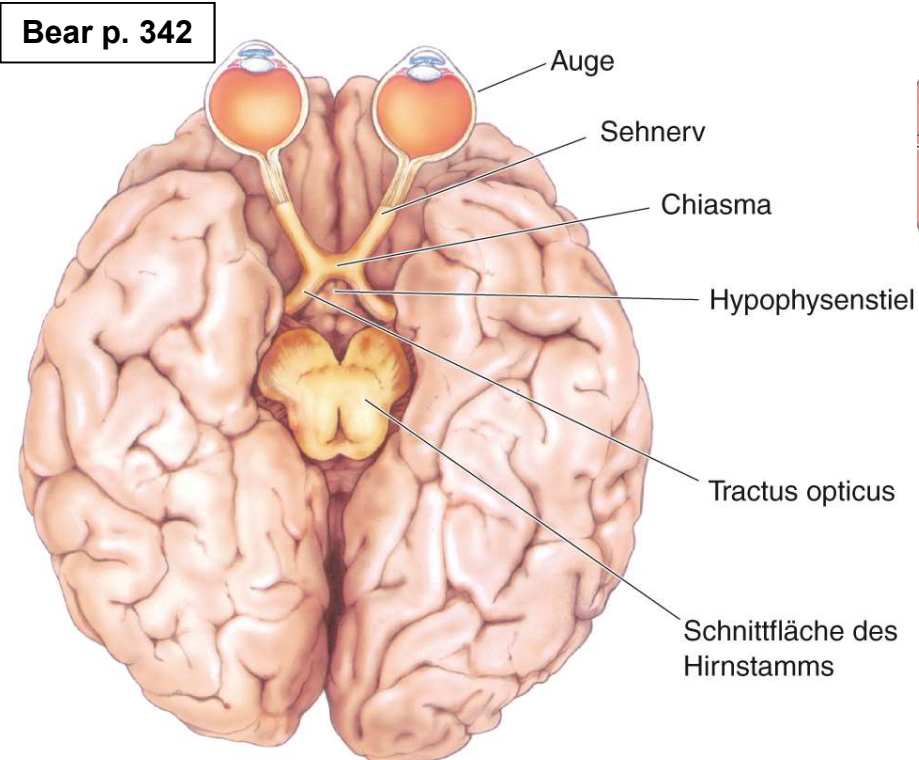
*VII Sehbahn und
zentrale Verarbeitung
visueller Information*

H. Mallot, Inst. Neurobiologie, FB Biologie, Univ. Tübingen, WS2020/21



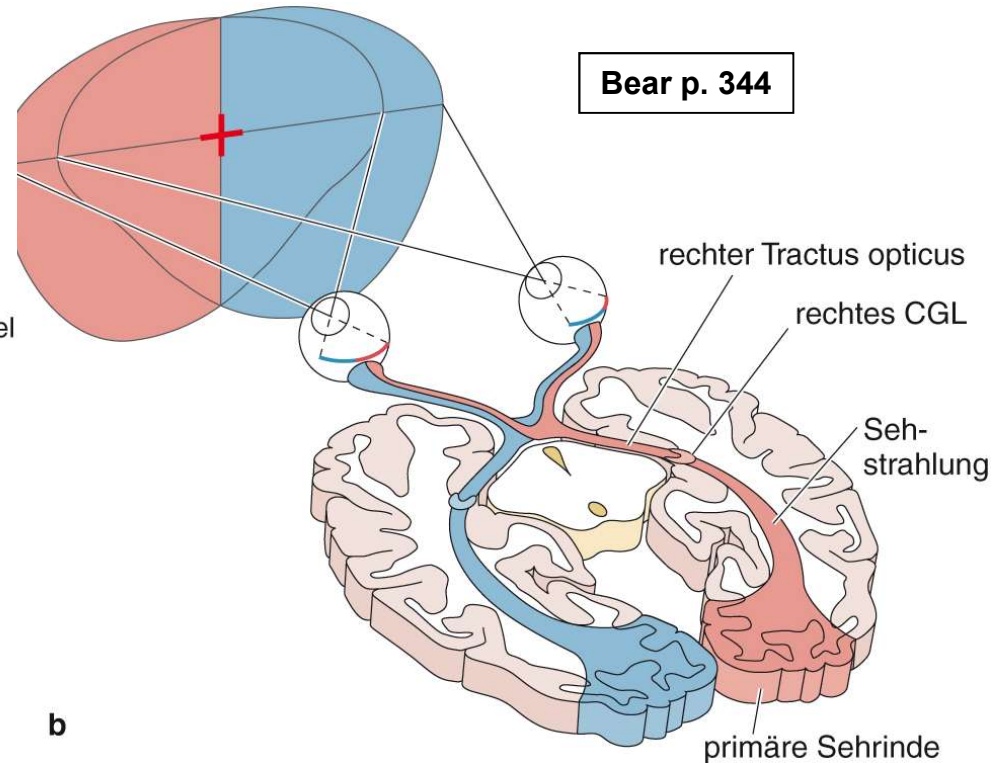
Chiasma opticum (Sehbahnkreuzung) beim Menschen

Bear p. 342



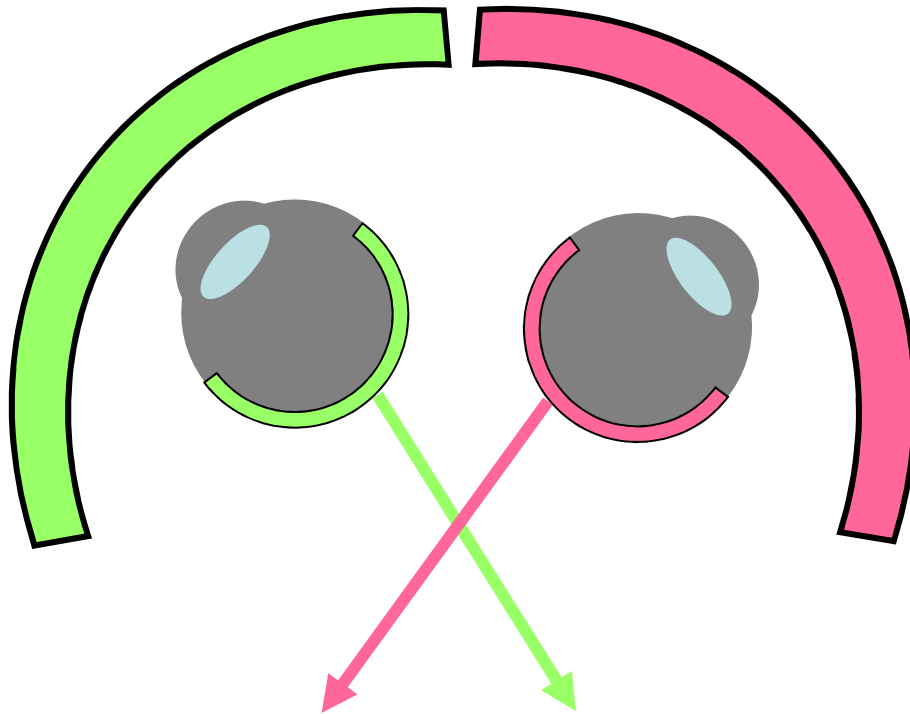
Gehirn von unten. Die Axone der retinalen Ganglienzellen bilden vor dem Chiasma den Sehnerv, danach den optischen Trakt.

Bear p. 344



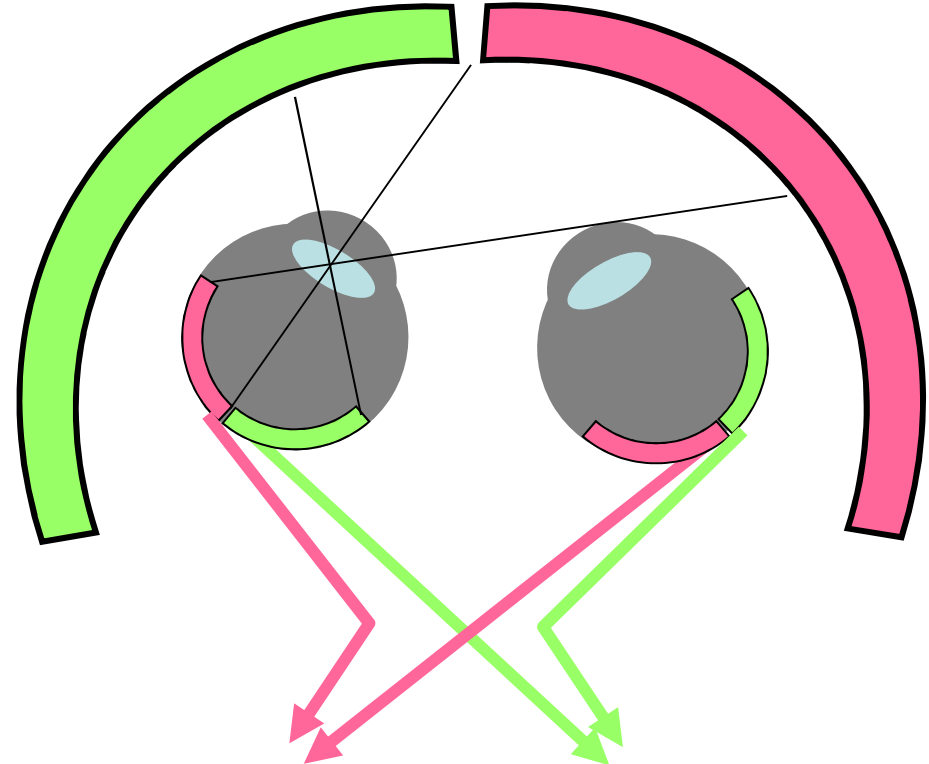
Im unvollständigen Chiasma des Menschen kreuzen die nasalen Fasern zur anderen Seite, während die temporalen (schläfenseitigen) Bahnen auf der jeweiligen Seite bleiben. Dadurch werden die Fasern beider Augen, die die rechte Gesichtsfeldhälfte betreffen, im linken Cortex zusammengeführt und umgekehrt.

Vollständiges und unvollständiges Chiasma



Vollständiges Chiasma bei
fehlender Gesichtsfeld-
überlappung.

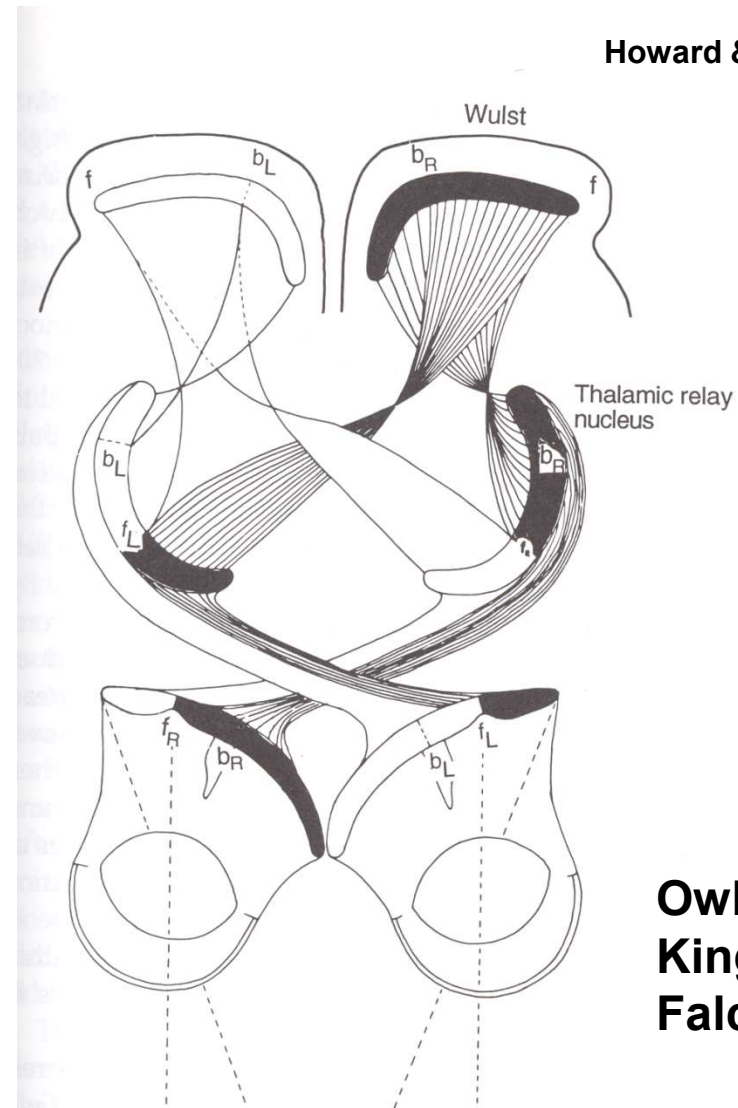
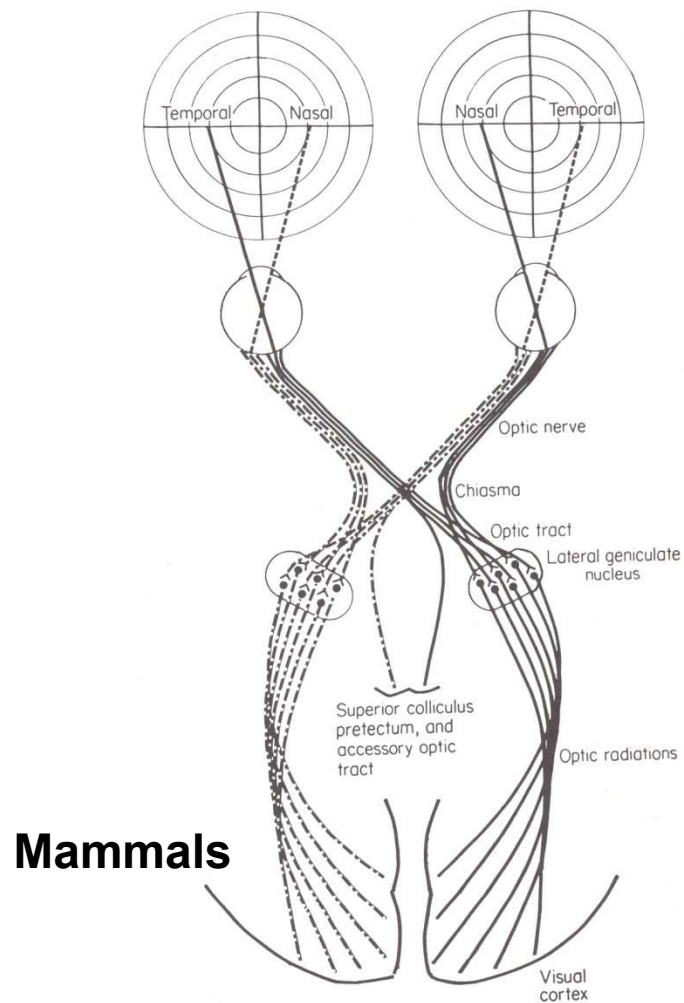
Fische, Amphibien, Vögel



Unvollständiges Chiasma bei
großer Gesichtsfeldüberlappung.
Nasale Seite kreuzt.

Mensch, viele Säuger

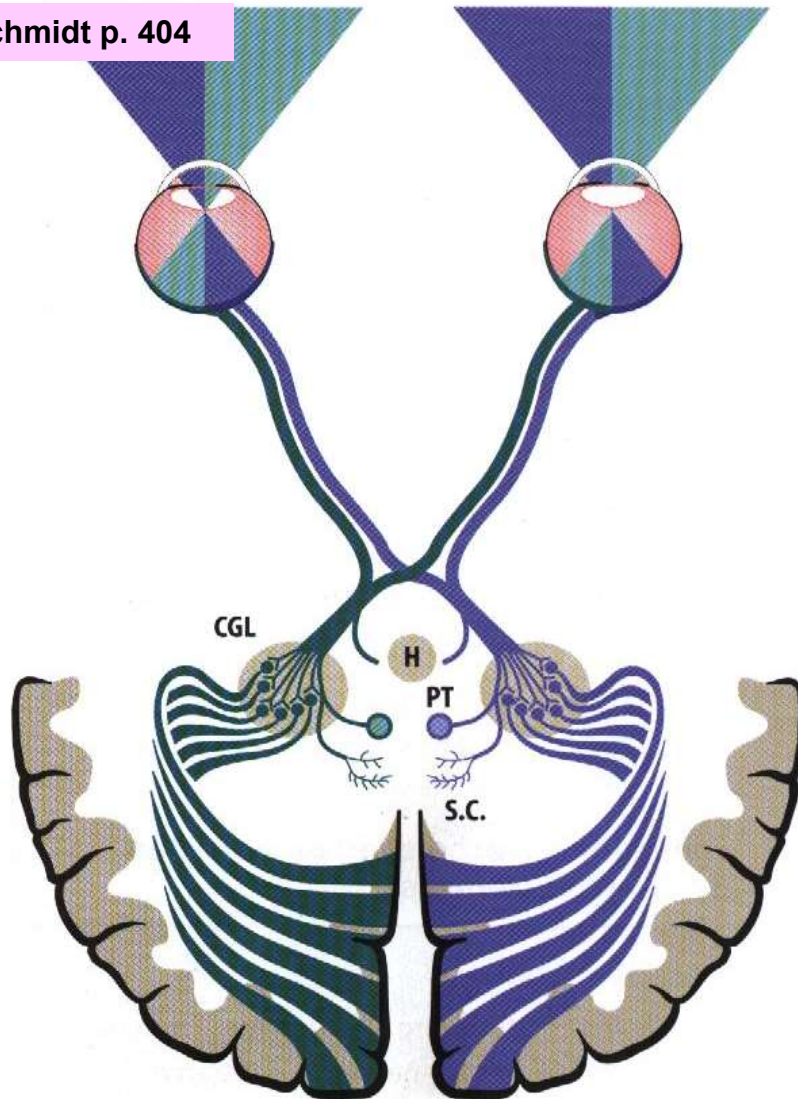
Visual Pathways in Vertebrates



Howard & Rogers, 1995

Sehbahn (Mensch)

Schmidt p. 404



Retina

Chiasma opticum
(Sehbahnkreuzung)

CGL: Corpus
geniculatum
laterale

H: Hypothalamus

PT: Area
praetectalis

SC: Colliculus
superior

Optische Radiation

Visueller Cortex

**Dience-
phalon
(Zwischen-
hirn)**

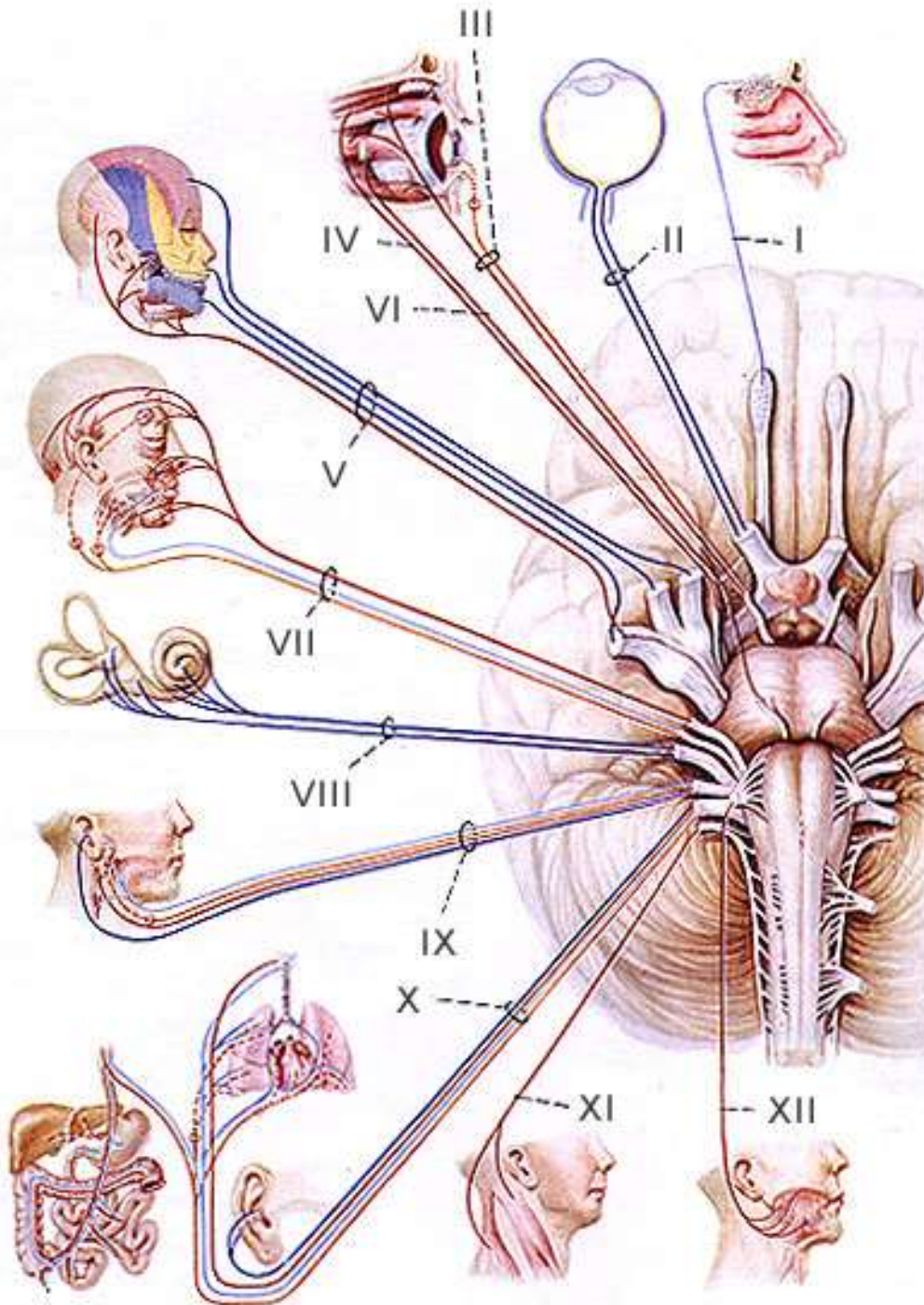
**Mesence-
phalon
(Mittel-
hirn)**

**Telence-
phalon
(Großhirn)**

Gehirnnerven

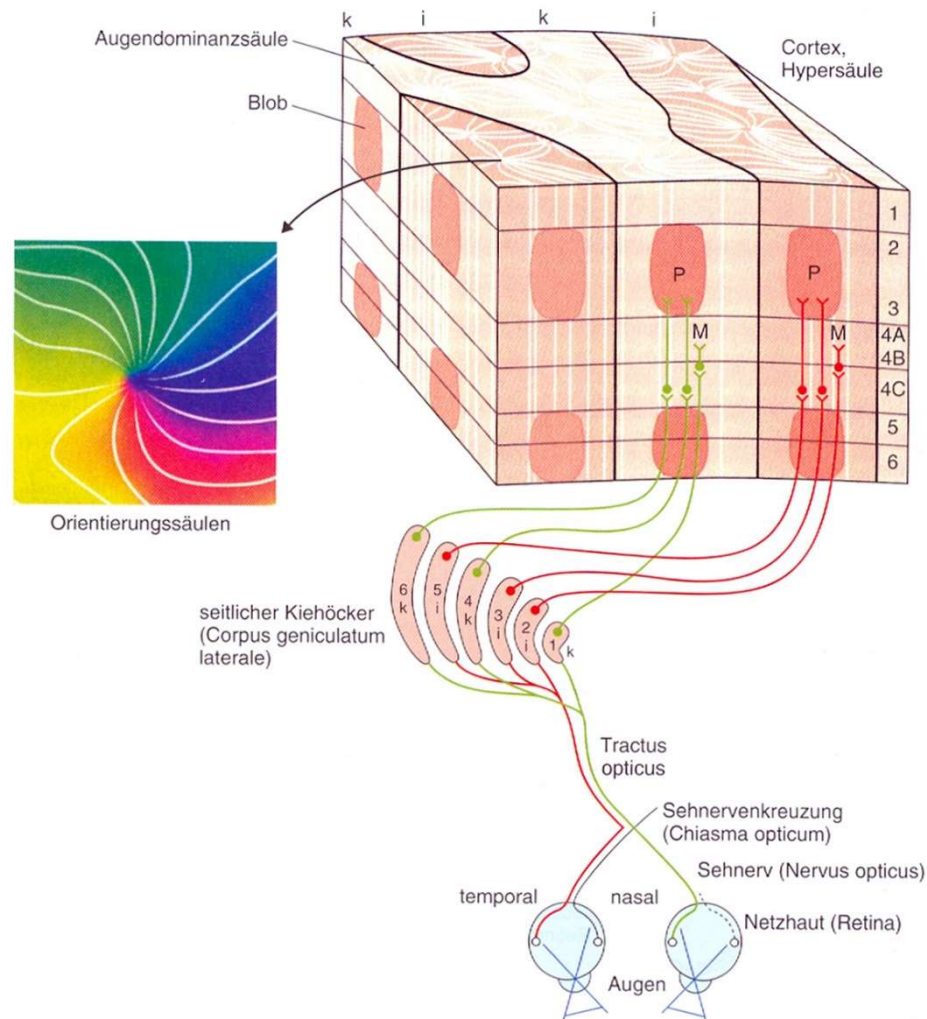
Sehnerv = Nervus
opticus = Nervus II
(Retina bis Chiasma)

Tractus Opticus:
Chiasma bis LGN. Dort
erste Umschaltstelle.



www.neurophys.com/EMG/Cranial_Nerves

Sehbahn der Primaten: Verschaltung



Retina: Gesichtsfeldteilung an der Decussatio optica

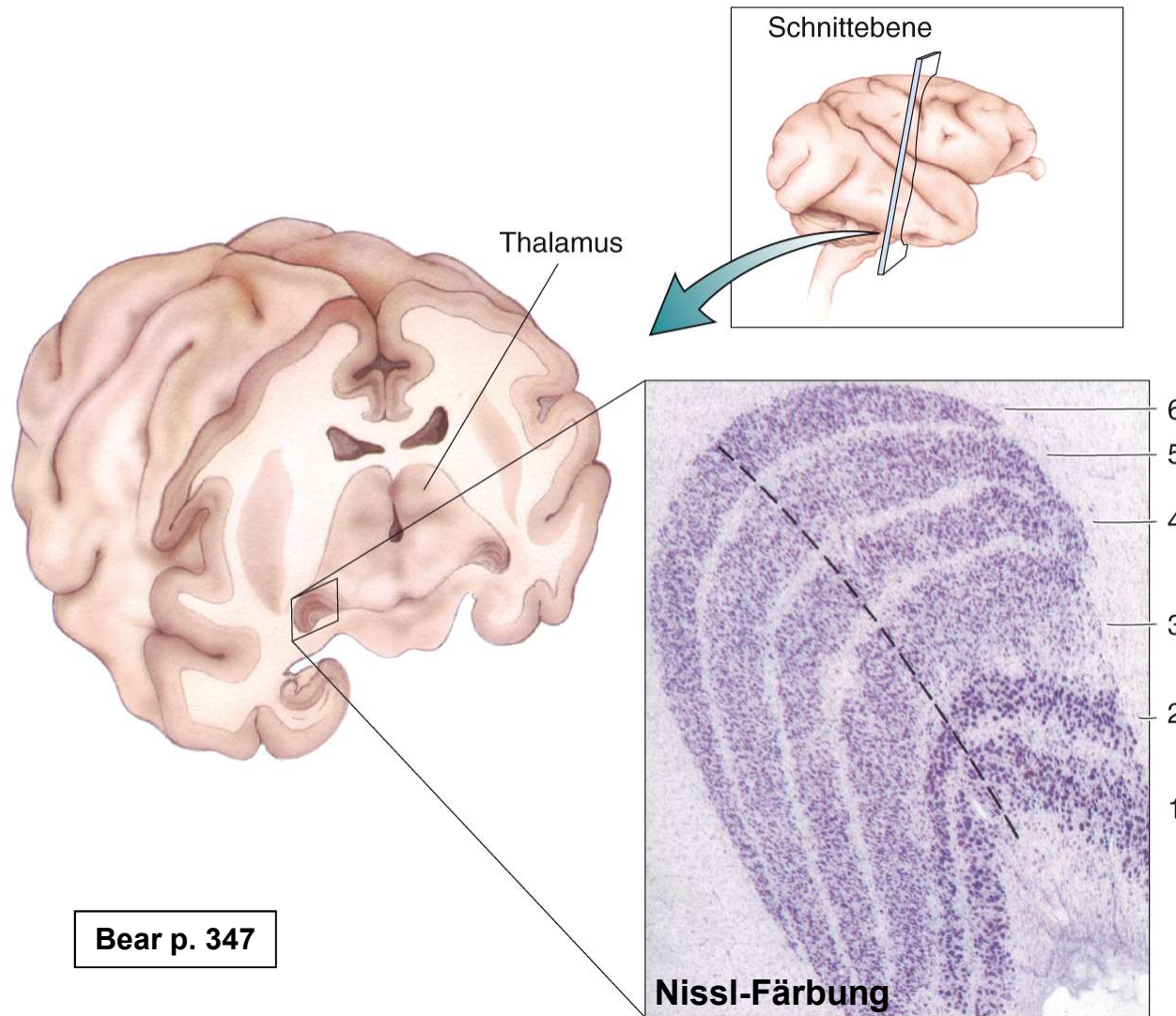
Chiasma: Information vom contralateralen Gesichtsfeld wird im optischen Trakt vereinigt.

LGN: Schichtung sortiert nach magno/parvo und contra- / ipsilaterales Auge.

Visueller Cortex: Eingang in Schicht 4, differenzierte Verarbeitung durch ca 10.000 Zellen pro Eingangsfasern.

Penzlin p 706

Corpus geniculatum laterale (= lateral geniculate nucleus, LGN)



Bear p. 347

Bei Säugern enden die Axone der Ganglien-zellen im LGN, einem Teil des Thalamus (Zwischenhirn).

6 Schichten:

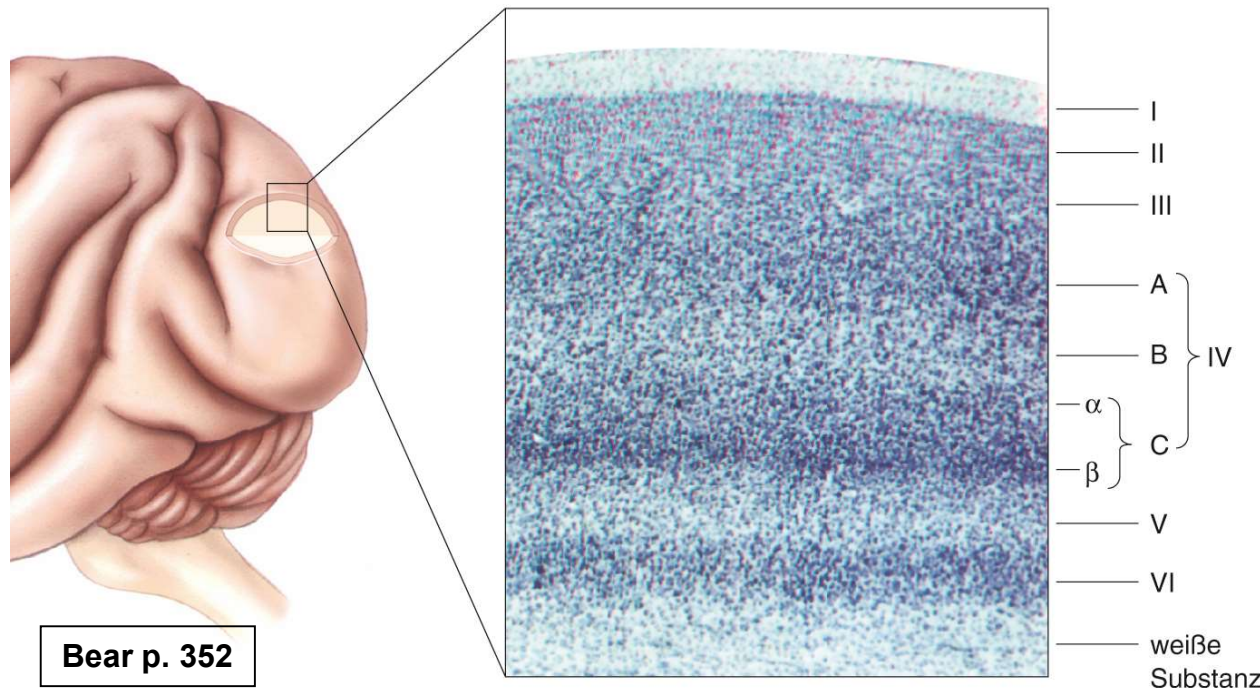
2, 3, 5 ipsilateral;
1, 4, 6 contralateral aber
keine Verschaltung
korrespondieren-der
Netzhautpunkte.

Rotationssymmetrische
rezeptive Felder ähnlich
denen der Retina

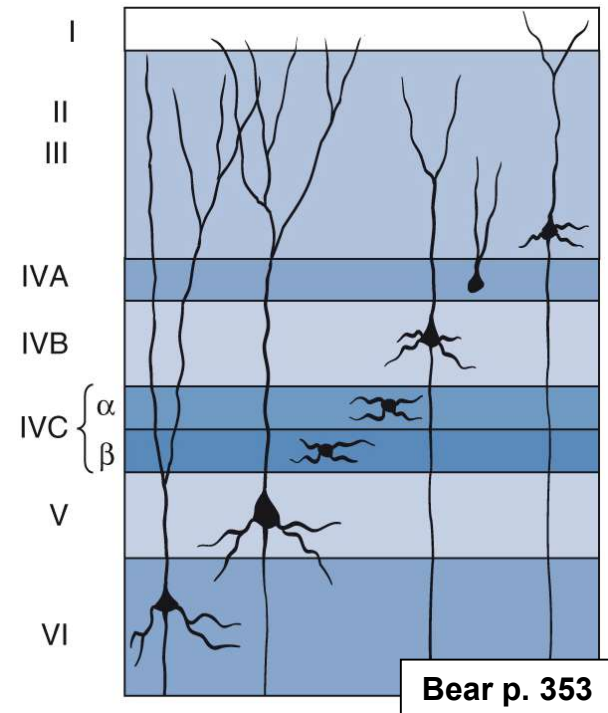
(*ipsilateral: gleichseitig,
ungekreuzt*

*contralateral: gegenseitig,
gekreuzt*)

Primärer Visueller Cortex (V1, Brodmann Area 17)



Die Neurone des LGN projizieren in den primären visuellen Cortex (V1). V1 zeigt die typische geschichtete Struktur des Neocortex. Der Eingang erfolgt in Schicht IVC α ("Gennari-Streifen", daher auch V1=Area Striata)



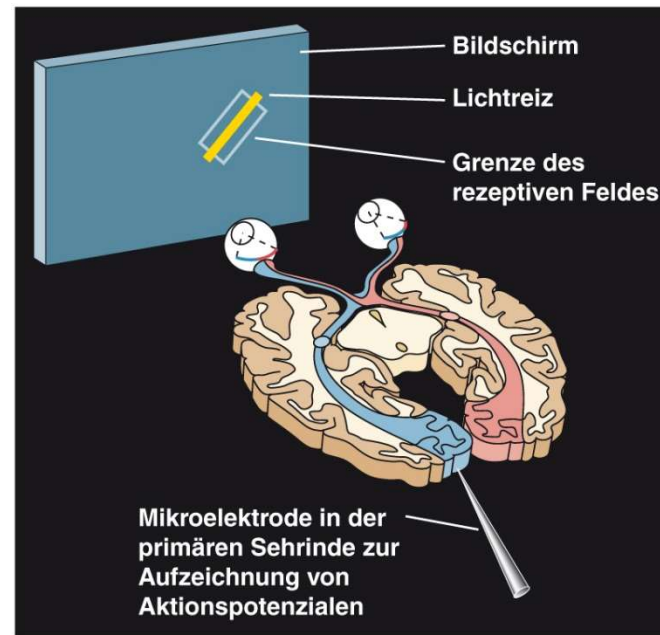
V1 enthält neben den typischen Pyramidenzellen auch sog. Sternzellen und Korbzellen mit kugeligen Dendritenbäumen. Eingänge von anderen Cortexarealen enden meist in Schicht II/III, Ausgänge in andere Cortexareale entspringen in Schicht V/VI.

Rezeptive Felder corticaler Neurone

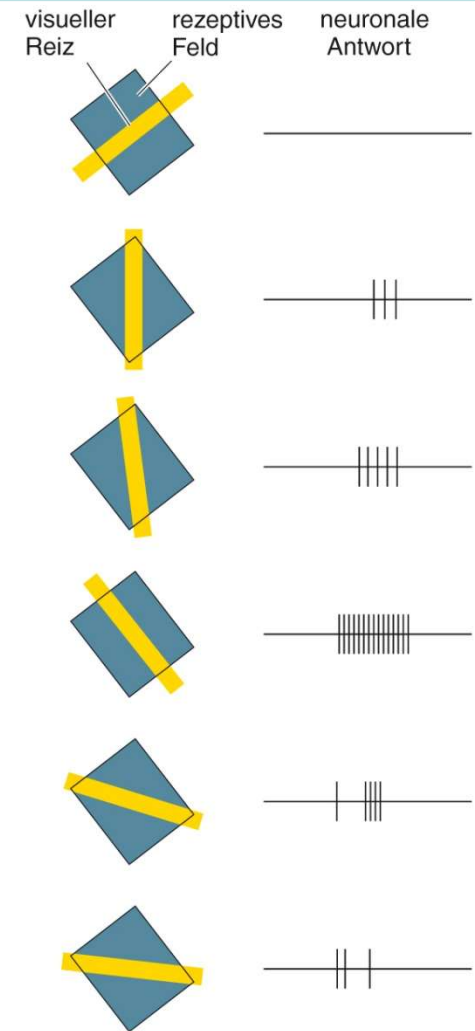
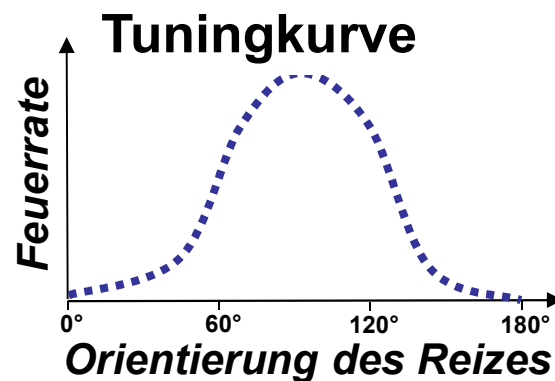
Die wichtigste Eigenschaft corticaler Neurone ist die **"Orientierungsspezifität"**.

Weitere Selektivitäten existieren für

- Bewegungsrichtung
- Okularität
- Stereoskopische Disparität
- Ortsfrequenz (Auflösung)



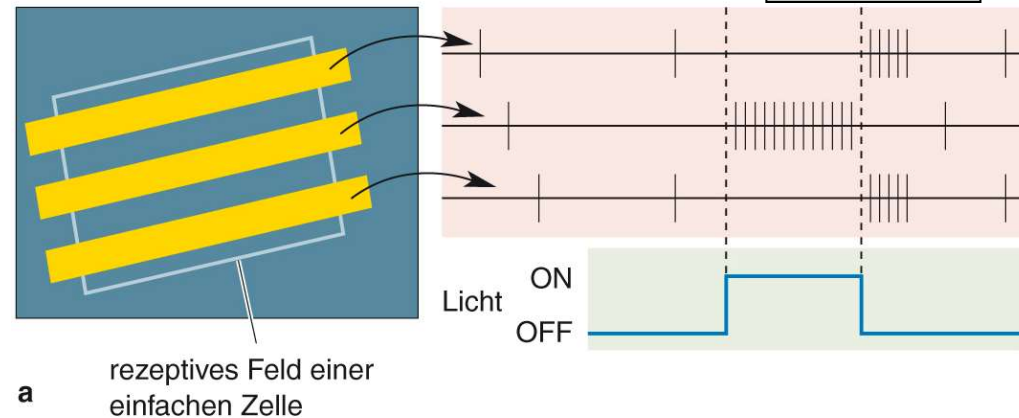
a



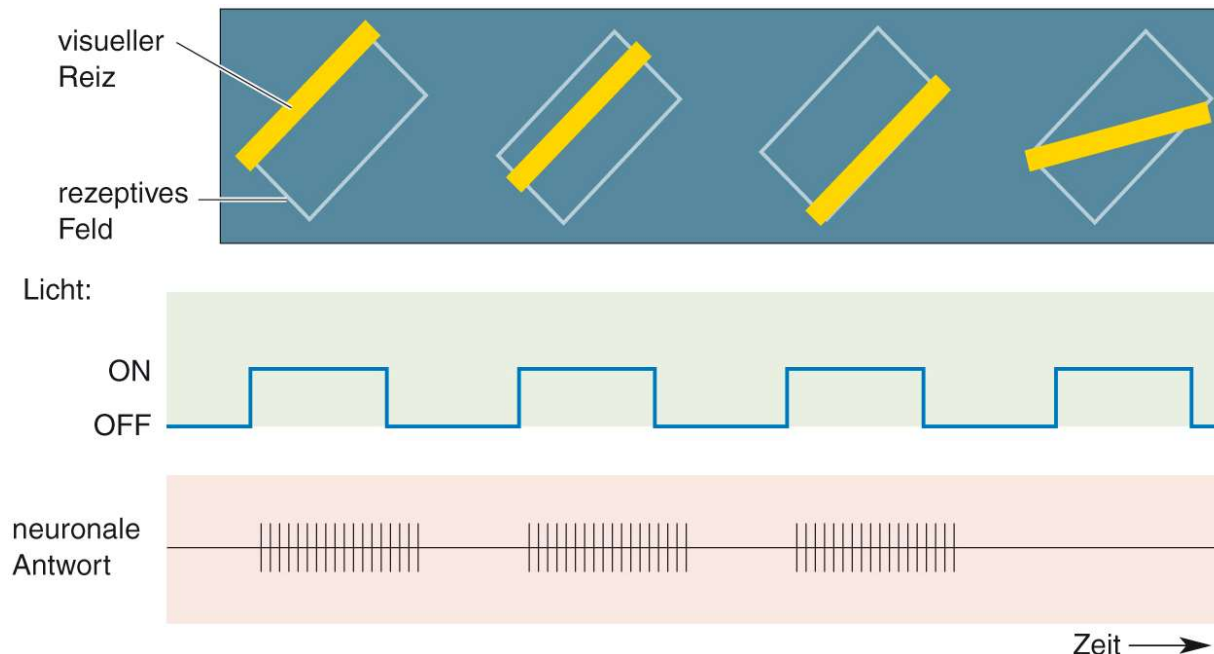
Bear p. 358

"Simple" und "Complex" Zellen

Rechts: **Simple cell**. Die Reaktion hängt von der Reizposition ab. Bei gleichzeitiger Präsentation mehrerer Reize ist die Reaktion die Summe der Einzelreaktionen (lineare Superposition).



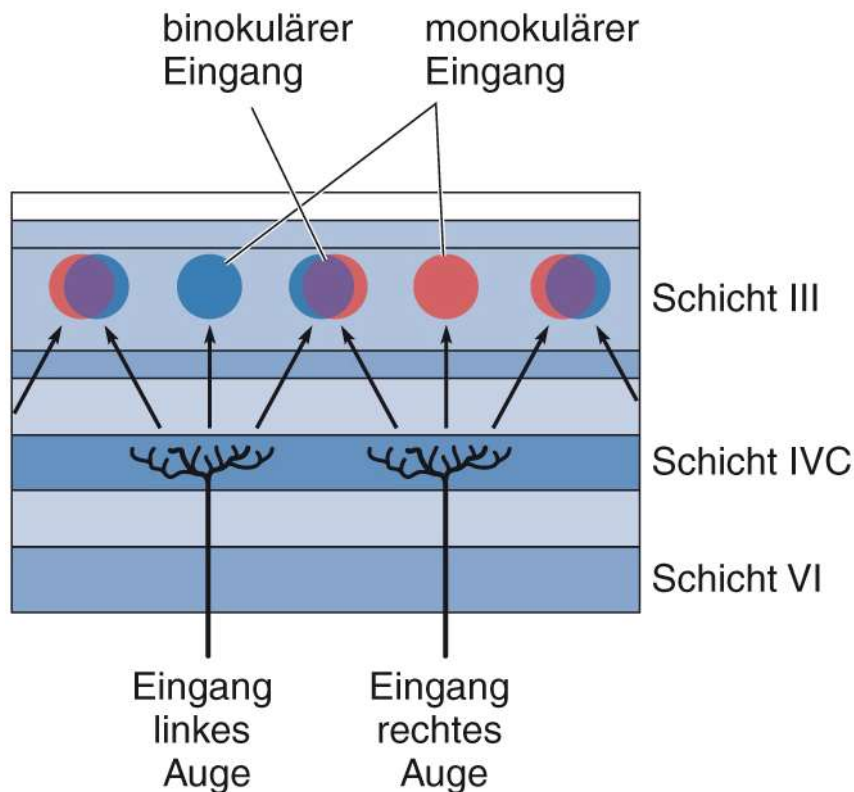
Links: **Complex cell**. Die Reaktion ist (in Grenzen) invariant gegen die Reizposition und folgt nicht dem Prinzip der linearen Superposition.



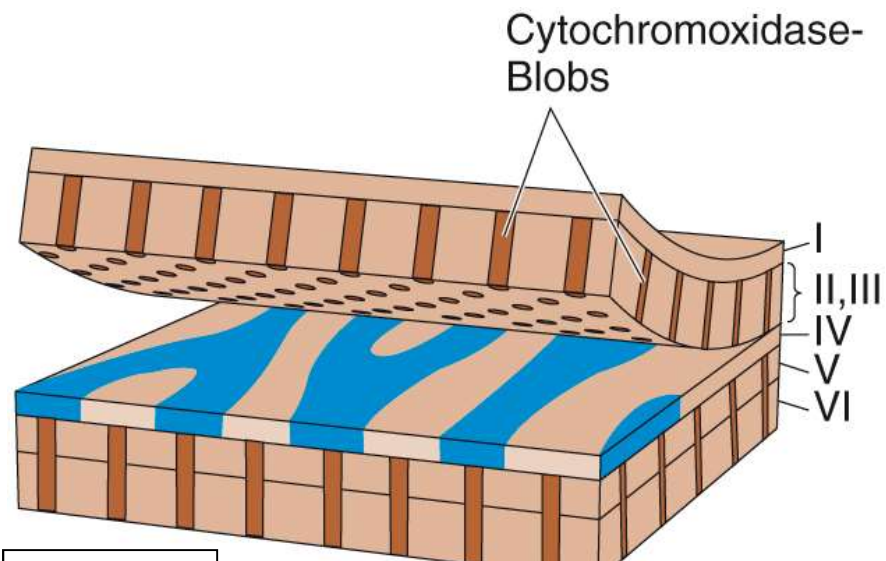
Bear p. 362

Okulardominanz

Bear p. 356

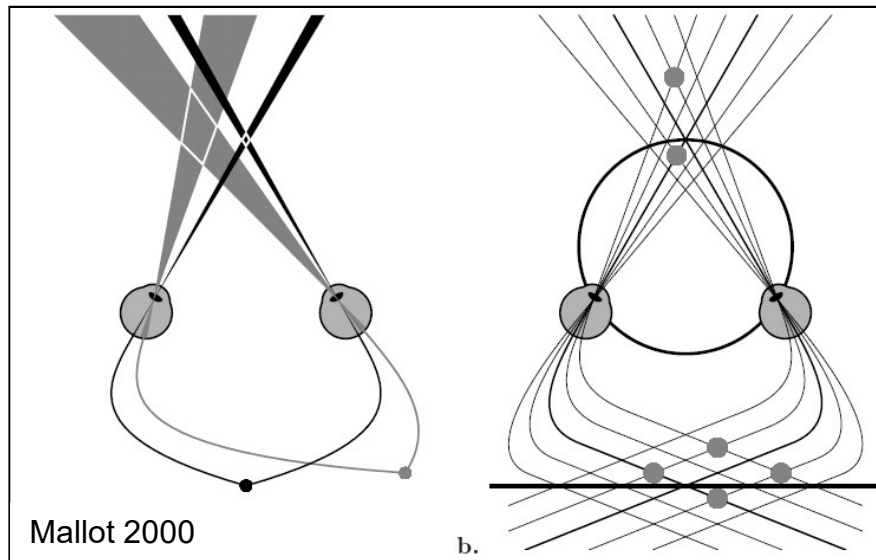


In der Eingangsschicht IVC sind die ipsi- und contralateralen Eingänge noch getrennt (Okulardominanzstreifen). In den übrigen Schichten gibt es Neuronen mit unterschiedlichen Graden von "Binokularität")

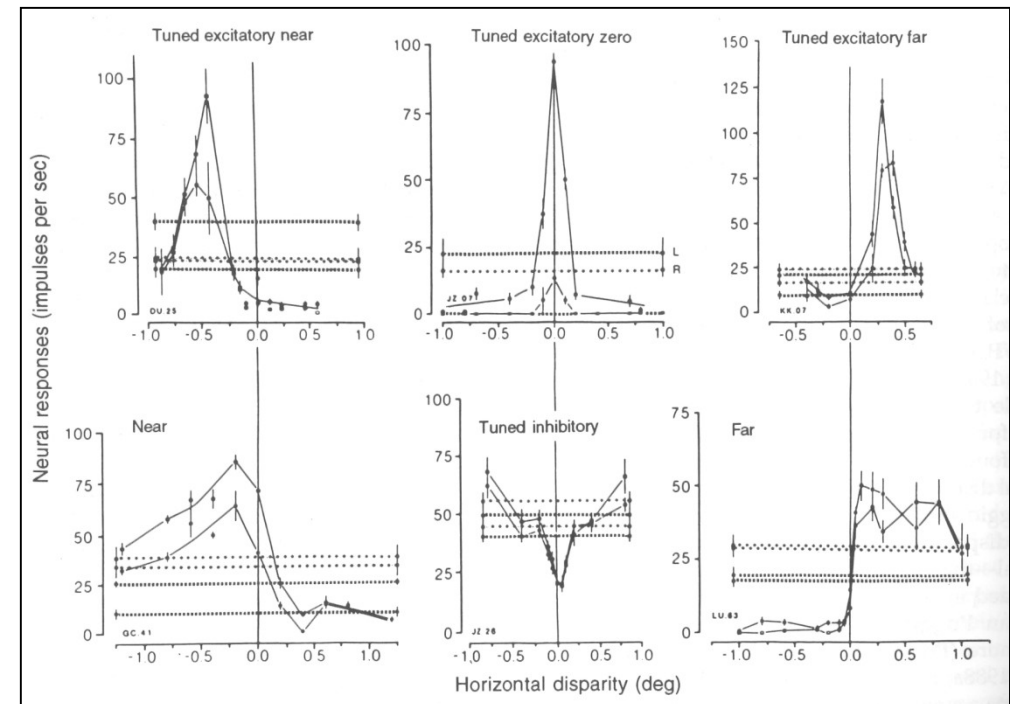


Bear p. 357

Disparitätsselektive Neurone



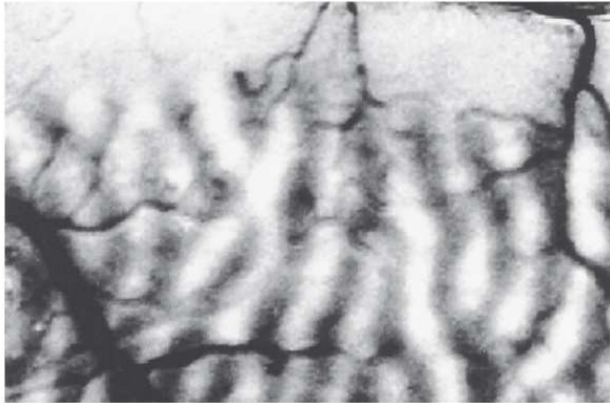
- a. Disparitätselektivität entsteht durch binokulare receptive Felder mit Positions­differenz (Disparität) in den beiden Augen.
- b. "Kepler Projektion,": hypothetische Anordnung von Neuronen, die für unterschiedliche Disparitäten selektiv sind.



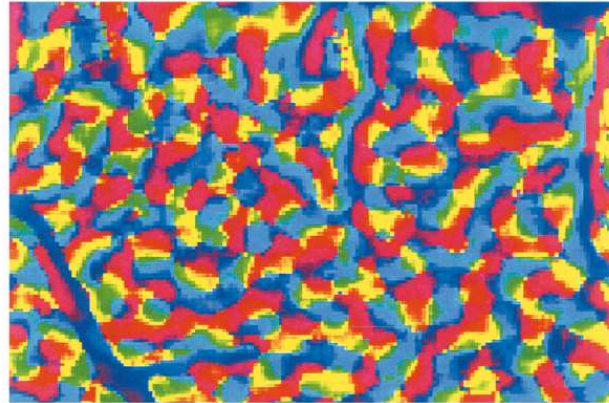
Tuningkurven für Disparität verschiedener Zelltypen. Die „tuned excitatory neurons“ tasten den Tiefenbereich von etwa ± 12 Bogenminuten ab („Panums Areal“).

Poggio GF, Gonzales F, Krause F.
The Journal of Neuroscience 1983

Columnäre Struktur und funktionelle Karten des primären visuellen Cortex (V1)



B Augendominanzsäulen.
(Ts'o et al., 1990, Abb. IB.)



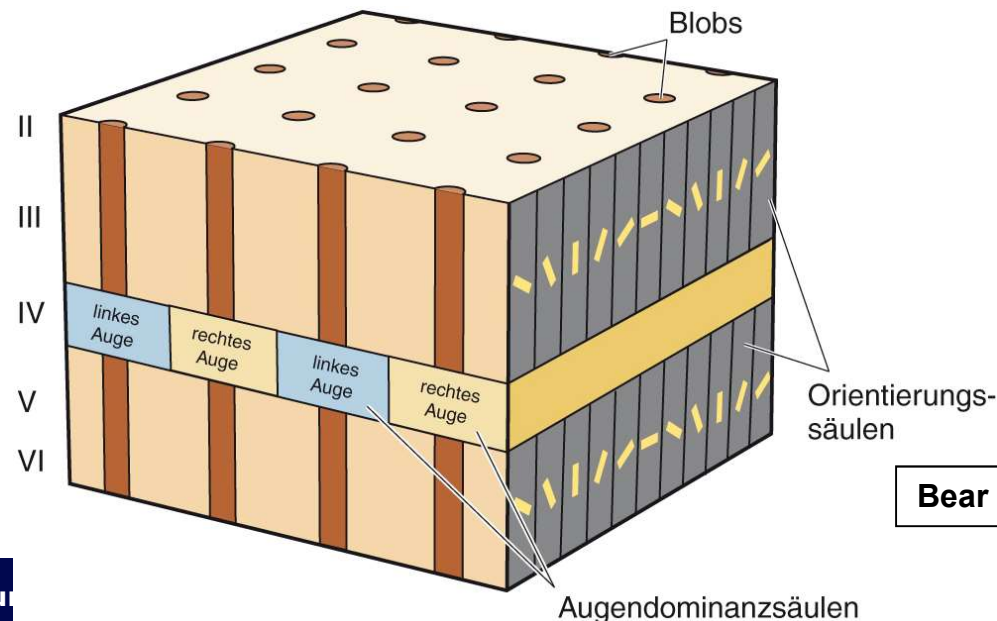
C Karte der Orientierungspräferenzen. (Ts'o et al., 1990, Abb. IC.)

Bear p. 359

Bestimmte neuronale Spezifitäten sind für Neurone in einer **senkrechten Säule** (relativ zur Cortex-oberfläche) konstant.

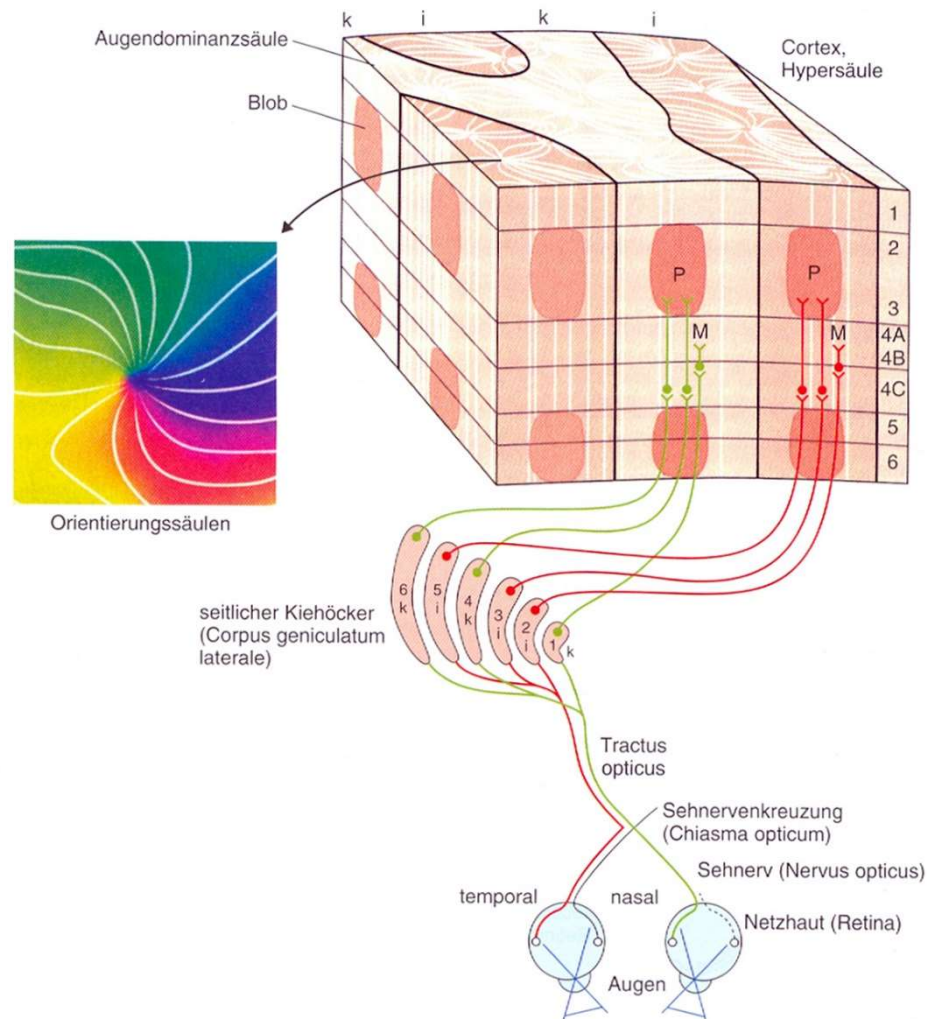
Oben: Okulardominanz und Orientierungsselektivitäten (farbcodiert)

Unten: Schema der Organisation von V1 mit okular spezifischem Eingang in Schicht IV und Orientierungssäulen. "Blobs" sind Gebiete mit erhöhtem Gehalt an Cytochrom C.



Bear p. 366

Sehbahn der Primaten: Verschaltung



Retina: Gesichtsfeldteilung an der Decussatio optica

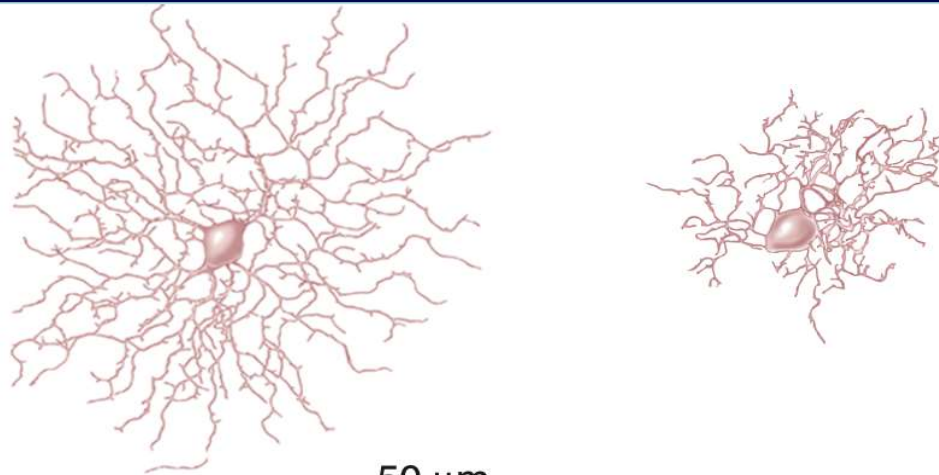
Chiasma: Information vom contralateralen Gesichtsfeld wird im optischen Trakt vereinigt.

LGN: Schichtung sortiert nach magno/parvo und contra- / ipsilaterales Auge.

Visueller Cortex: Eingang in Schicht 4, differenzierte Verarbeitung durch ca 10.000 Zellen pro Eingangsfasern.

Penzlin p 706

Parvo- und Magnozelläres System: Retina



Bear p. 334

M-Ganglienzelle
(ON-Zentrum)

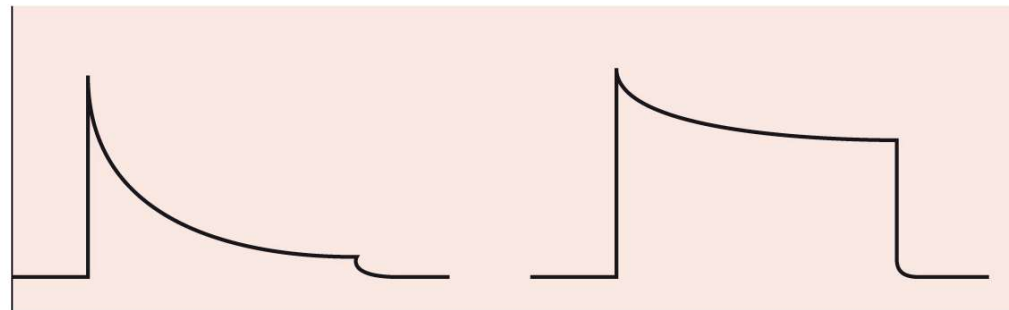
P-Ganglienzelle
(ON-Zentrum)

Licht im Zentrum
des rezeptiven
Feldes

An
Aus



Aktionspotenziale
pro Sekunde



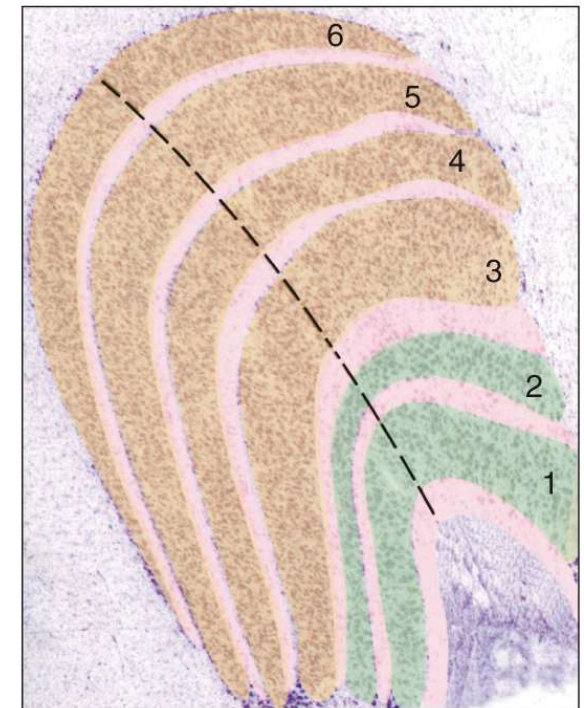
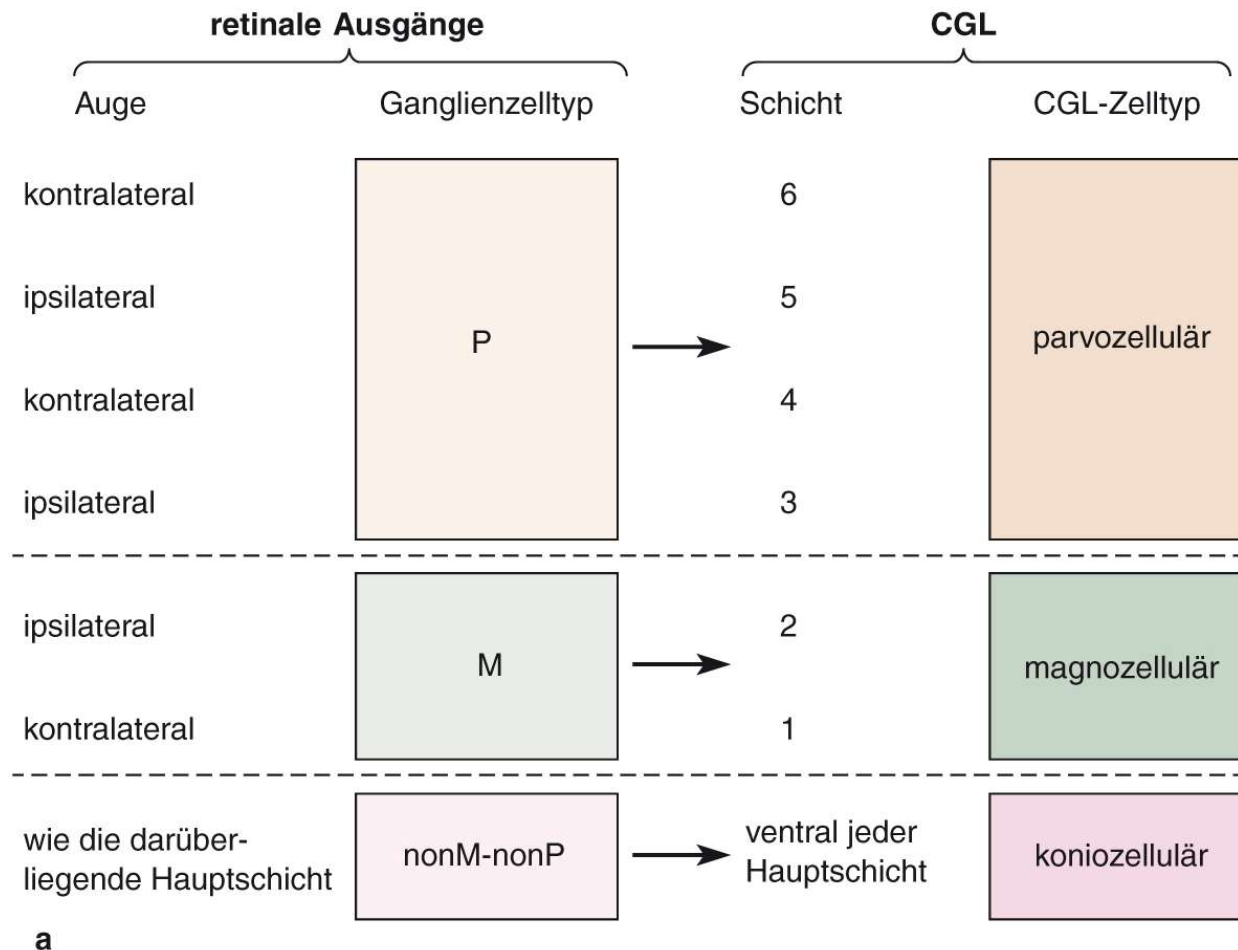
Morphologisch kann man zwei **Typen von Ganglienzellen** unterscheiden, große ("magnozelluläre") und kleine ("parvoz.")

Die Verarbeitungswege beider Typen lassen sich in der **Sehbahn** verfolgen.

Magnoz. System: Ortsauflösung gering, schnelle (phasische) Reaktion: Bewegungssehen

Parvoz. System: Ortsauflösung hoch, anhaltende (tonische) Reaktion, Form- und Farbsehen

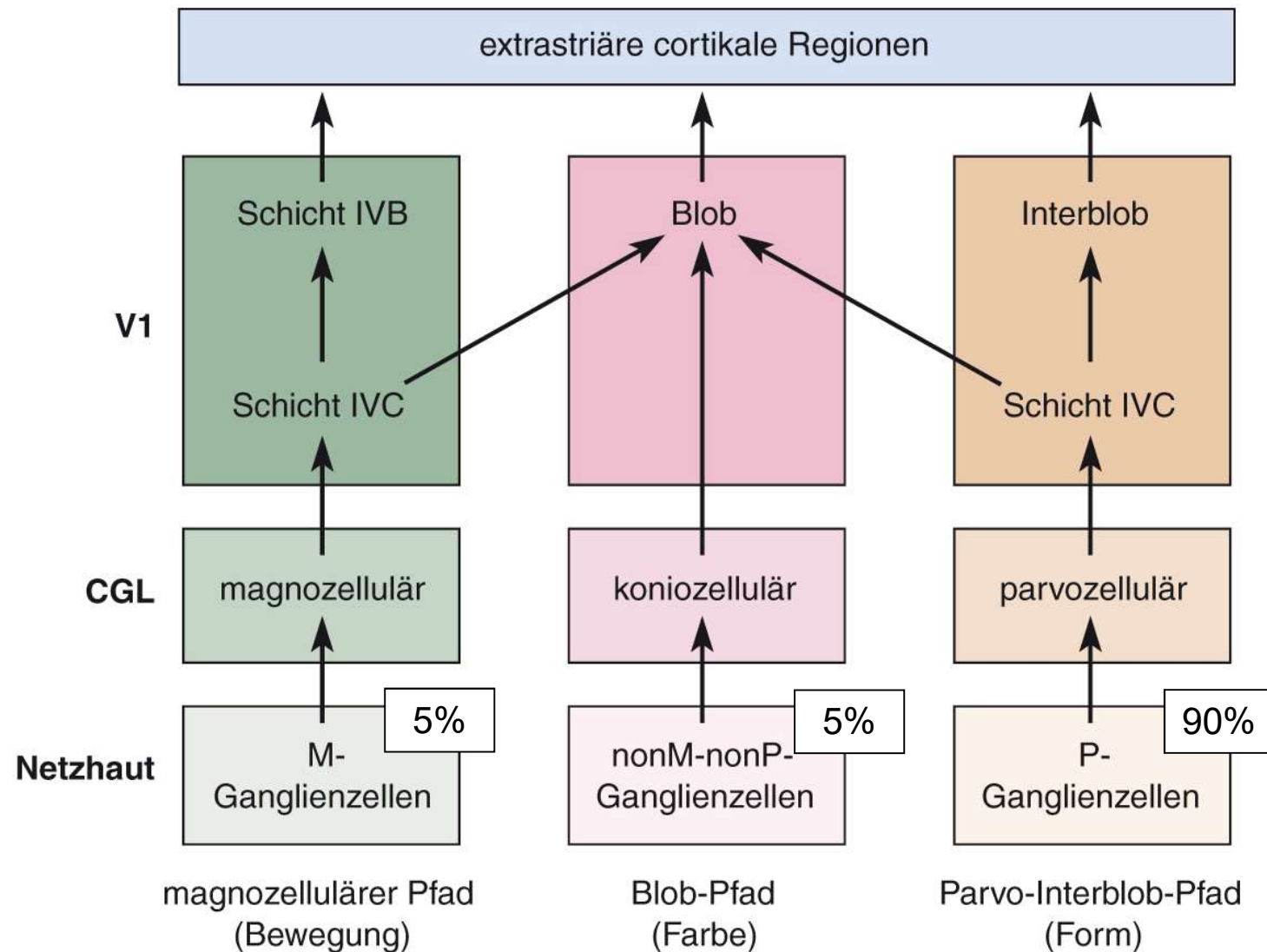
Parvo- und Magnozelläres System: LGN



Bear p. 349

Aus: Bear et al., *Neurowissenschaften*, 3. Aufl.
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2009

Parvo- und Magnozelluläres System: V1



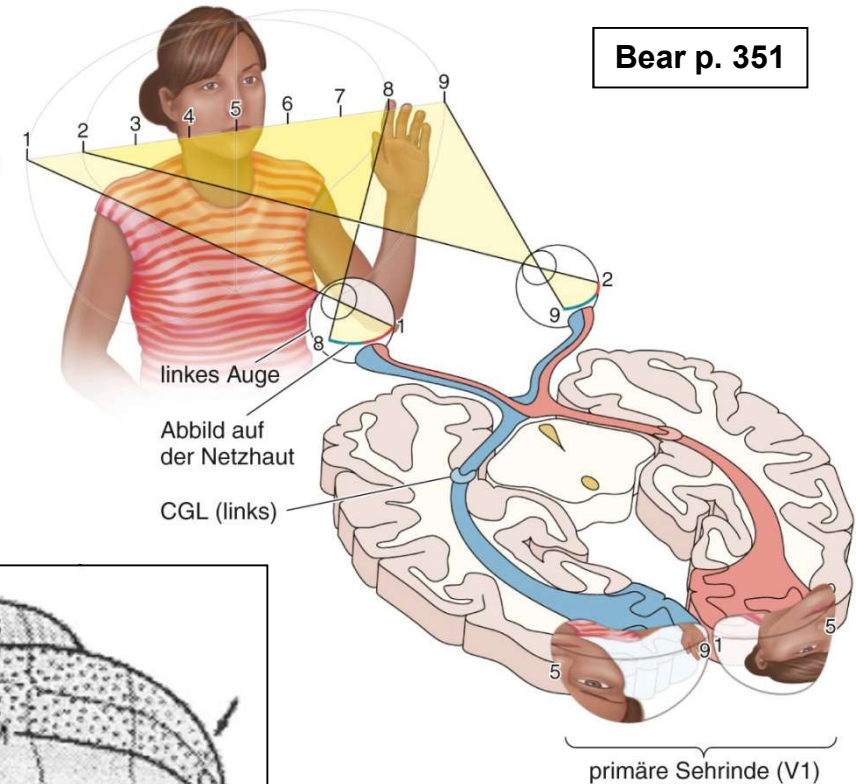
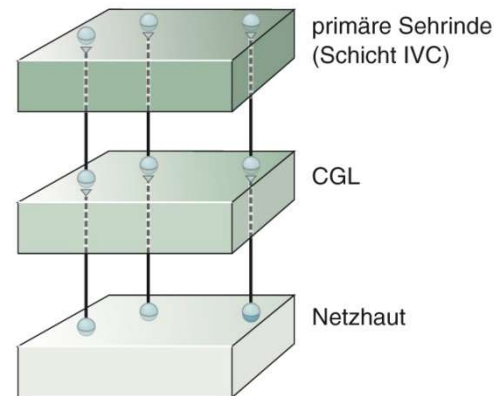
Bear p. 363

Retinotopie

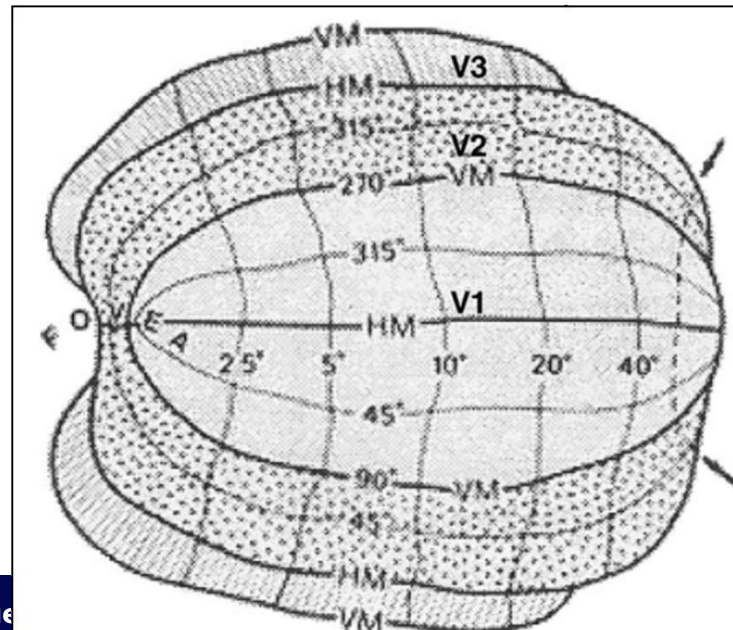
Die rezeptiven Felder benachbarter Neurone im LGN und im visuellen Cortex sind auch auf der Retina benachbart: Retinotopie.

V1 enthält rechts und links jeweils ein Abbild der kontralateralen Gesichtsfeldhälfte.

In den Arealen V2 und V3 gibt es weitere retinotopie Repräsentationen des Gesichtsfeldes

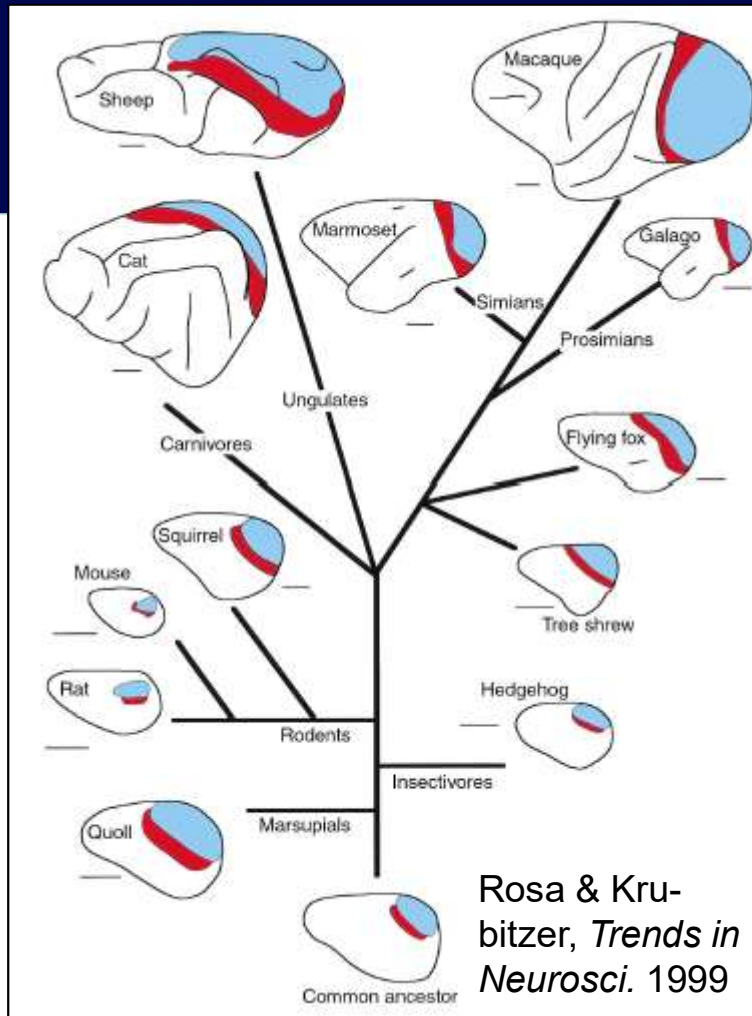


Aus: Bear et al., *Neurowissenschaften*, 3. Aufl.
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2009

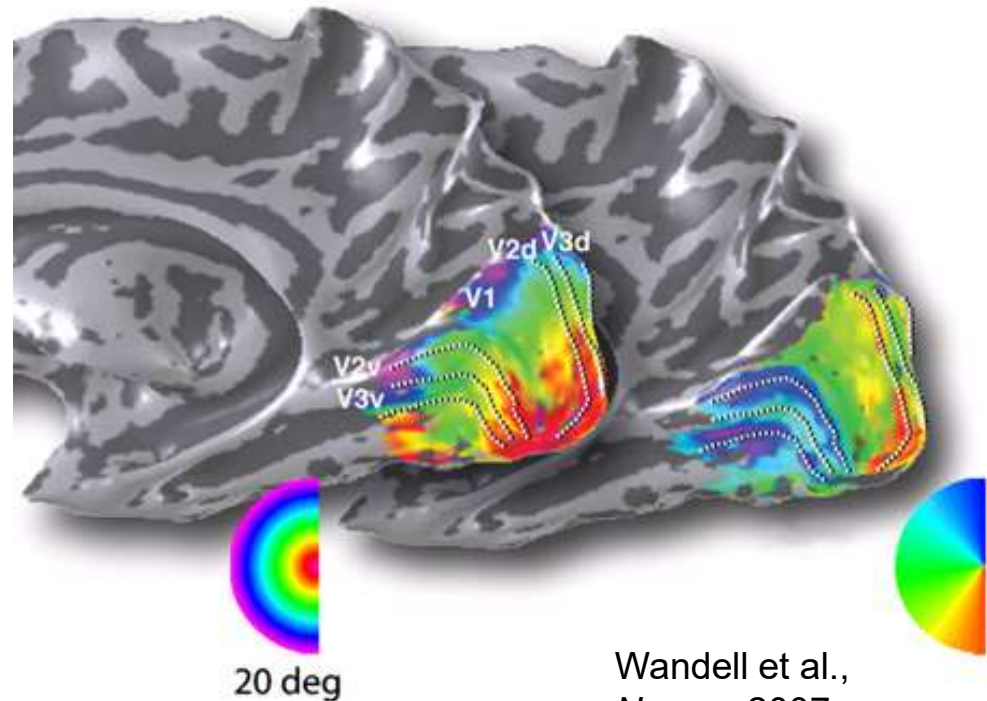


Horton & Hoyt,
*Archives of
Ophthalmology* 1991

Multiple visuelle Areale

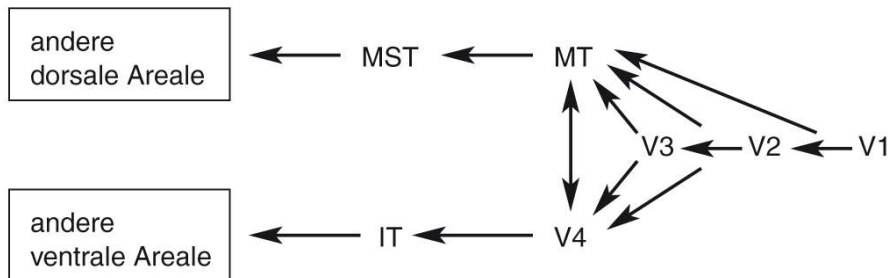
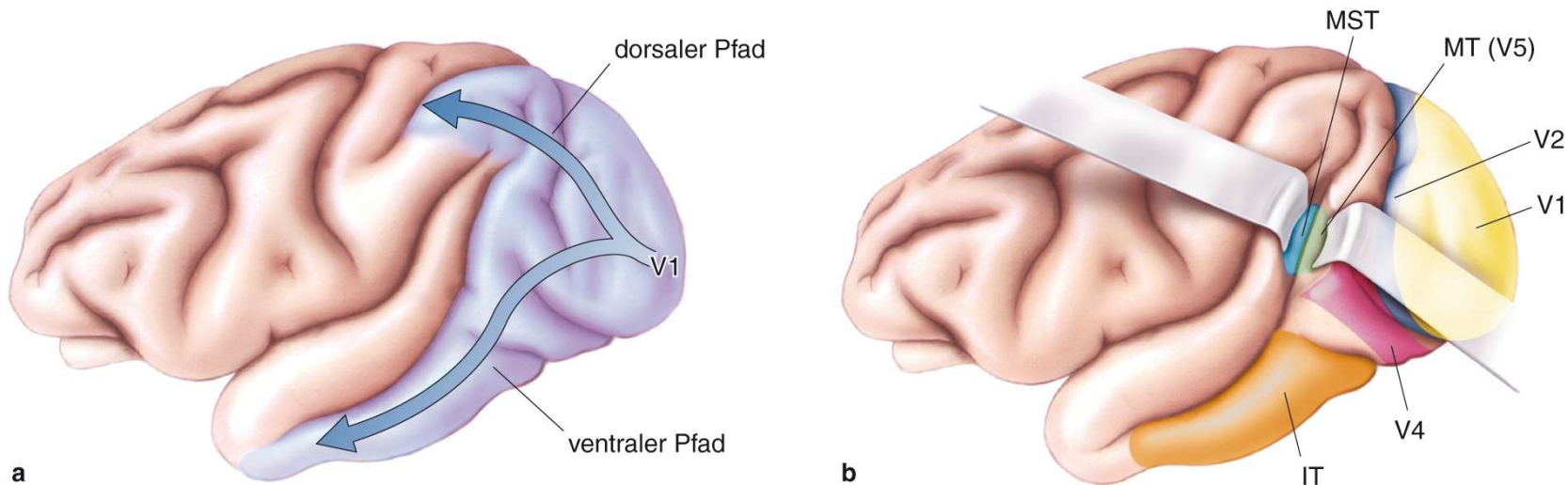


Die parallele Verarbeitung in (mindestens) zwei visuellen Arealen (V1, V2) ist ein gemeinsames Merkmal aller Säuger



V1, V2 und V3 beim Menschen nach fMRI-Daten, mediale Ansicht der rechten Hemisphäre. Links: Radiale Kodierung, Rechts: Tangentiale Codierung

Höhere Zentren der Sehbahn; dorsaler und ventraler Pfad



Bear p. 367

Weitere visuelle Areale (am Beispiel eines Makaken-Gehirn)

- V2, V3, V4: extrastriater visueller Cortex
- MT: mediotemporaler Cortex
- IT: inferotemporaler Cortex

Zusammenfassung

- Die Sehbahn verläuft bei Fischen und Amphibien von der Retina ins **Tectum opticum**. Bei Säugern dominiert eine neuere Bahn über den Thalamus (**LGN**) in den **visuellen Cortex**
- Je nach Grad der Gesichtsfeldüberlappung ist die Sehbahnkreuzung (**Chiasma opticum**) vollständig oder unvollständig ausgebildet.
- Die Axone der Ganglienzellen enden im **LGN** im Zwischenhirn. Das LGN enthält unverbundene **Schichten** mit ipsi- und contralateraler Projektion. Die rezeptiven Felder sind kreissymmetrisch.
- Vom LGN zieht die optische Radiation in die Schicht IVc des **primären visuellen Cortex, V1**.
- Selektivitäten **corticaler Neurone**: Position, Orientierung, Bewegungsrichtung, Okularität. Simple- und complex Typ der Ortssummation.
- Im Millimeterbereich kann man **funktionelle Karten** für Ocularität, Orientierung und Richtung angeben; im cm-Bereich findet man **retinotope** Karten.
- Ausgehend von verschiedenen Ganglienzelltypen unterscheidet man ein **parvozelluläres** und ein **magnocelluläres System**.
- Der Cortex enthält ca. 20 **weitere visuelle Areale**.

lesen Sie zu diesem Kapitel...



MF Bear, BW Connors, MA Paradiso.
*Neurowissenschaften. Ein grundlegendes Lehrbuch für
Biologie, Medizin und Psychologie.*
Spektrum Verlag, 3. Auflage 2009

Kapitel 10: Das zentrale visuelle System

Weitere verwendete Literatur

- Howard IP, Rogers BJ, *Binocular vision and stereopsis*. Oxford UK: Oxford University Press 1995
- Mallot HA, *Computational Vision: Information processing in perception and visual behavior*. Cambridge MA: The MIT Press 2000
- Penzlin H, *Lehrbuch der Tierphysiologie*. 8. Auflage, Springer Spektrum, 2015
- Schmidt RF, Lang F, Thews G, *Physiologie des Menschen*. 29. Auflage, Heidelberg: Springer 2005
- Wehner R, Gehring W, *Zoologie*. 27. Auflage, Stuttgart: Thieme, 2007