

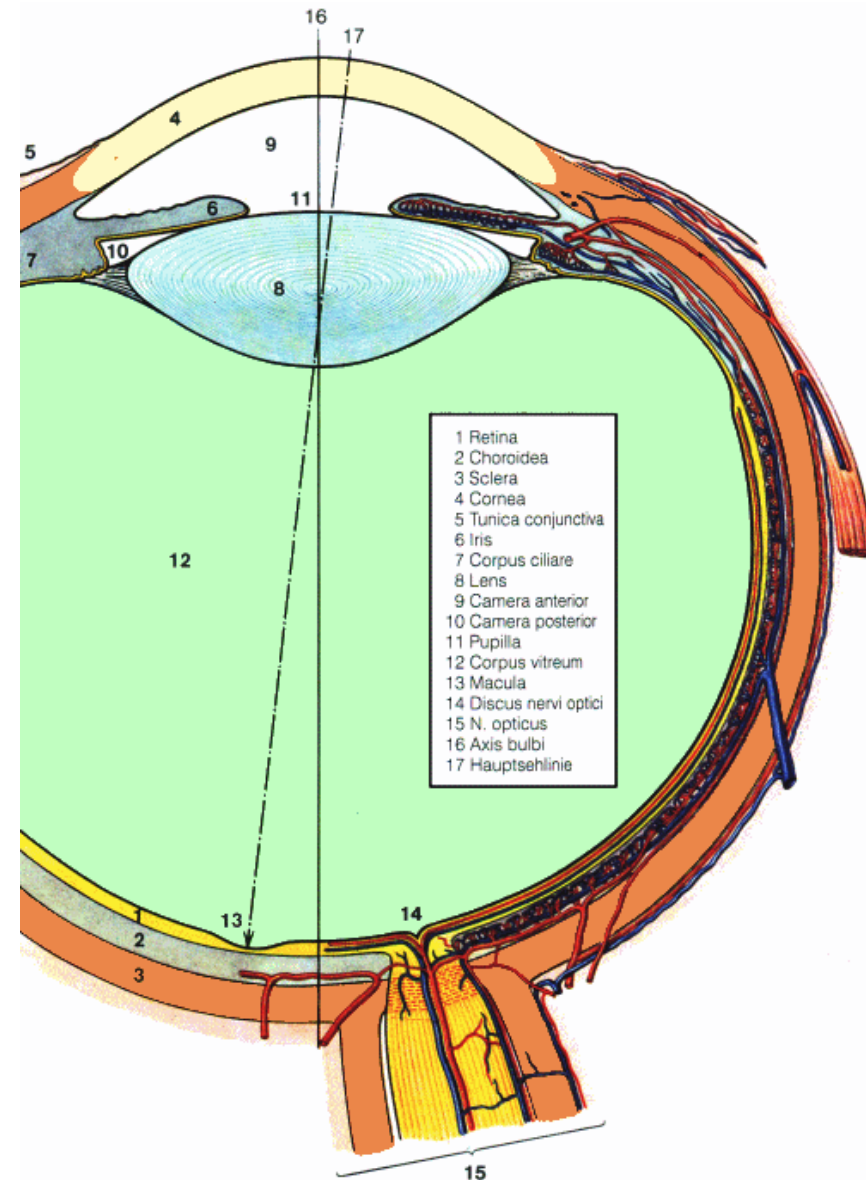


Das Auge

Lutz Slomianka
Anatomisches Institut
Universität Zürich
42 J 22

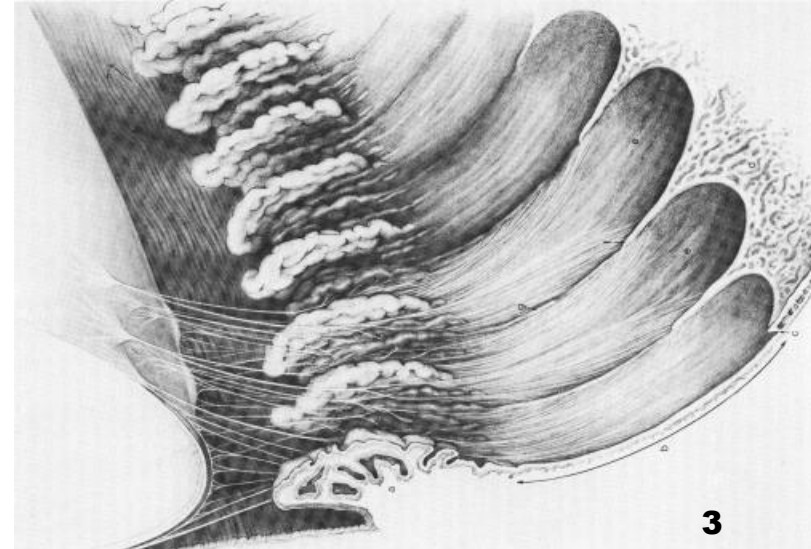
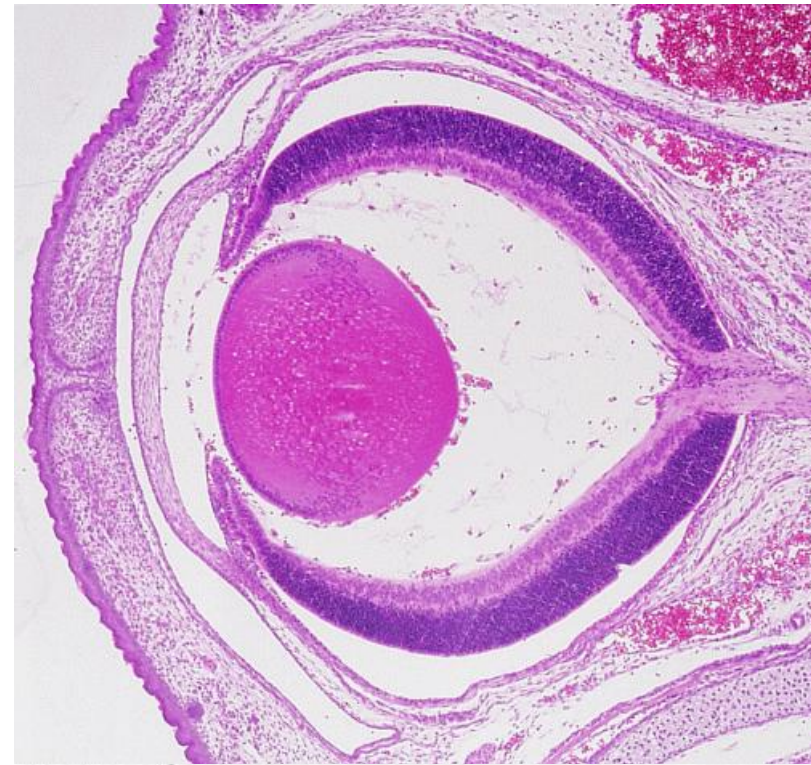
Augenhäute

- äussere Augenhaut
 - Tunica fibrosa bulbi
 - Hornhaut (Cornea) und Lederhaut (Sklera)
- mittlere Augenhaut
 - Tunica vasculosa bulbi
 - Iris, Ziliarkörper (Corpus ciliare) und Aderhaut (Choroidea)
- innere Augenhaut - Retina
 - Tunica interna bulbi
 - photorezeptiver Teil der Retina (neuronale Retina oder Pars Optica)
 - blinder Teil der Retina: Pars ciliaris und Pars iridica retinae
- jede der Augenhäute trägt mit ihren Komponenten zur Struktur, Versorgung und zu den optischen Funktionen des Auges bei



Innere Augenhaut: Retina

- entwickelt sich aus dem Augenbläschen / -becher, zweischichtig
- blinder Teil der Retina
 - bekleidet die Oberflächen von Ziliarkörper und Iris zur hinteren Augenkammer
- neuronale Retina
 - das äussere Blatt der Retina bleibt als einschichtiges Pigmentepithel erhalten
 - Proliferation und Differenzierung der Zellen des inneren Blattes führen zur Bildung des photosensitiven Teils der Retina
- Übergang von der neuronalen zur blinden Retina im Bereich der Ora serrata



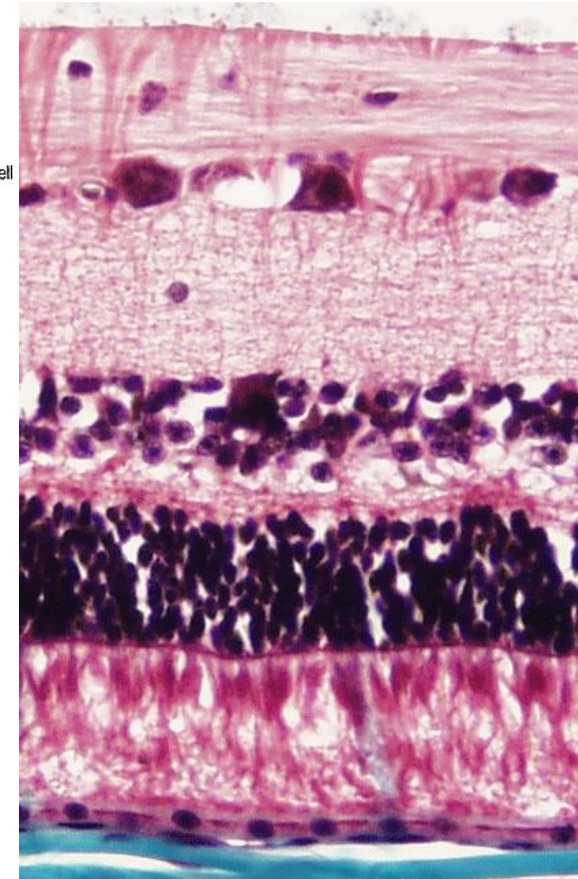
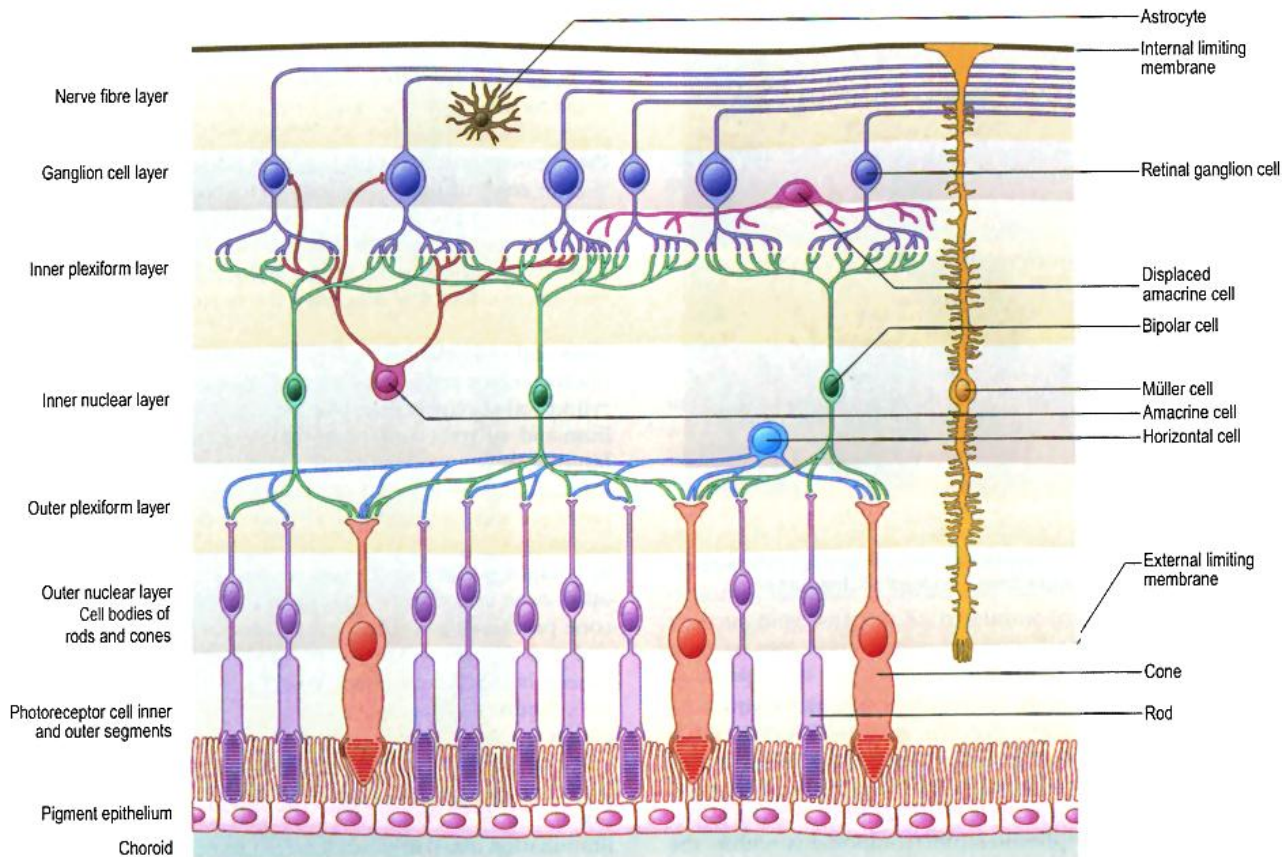
Neuronale Retina I

- 10 Schichten
- Pigmentepithel
 - einschichtig, kubisches Epithel
 - Basalmembran = Bruch-Membran, elastische Komponente
 - Phagozytose der apikalen Teile der Photorezeptoren
 - Stofftransport zwischen Choroidea und Photorezeptoren
- Photorezeptoren
 - Zapfen: Farbsehen, konzentriert im zentralen Bereichs der Retina > 140000/mm² (Fovea centralis, Foveola 0,4 mm²), sonst ~5000/mm²
 - Stäbchen: S/W-sehen, sehr lichtsensitiv (bei hellem Tageslicht übersättigt), ausserhalb der Fovea ~160000/mm², Dämmerungssehen
 - Verhältnis Stäbchen zu Zapfen ~25:1
- äussere Grenzschicht gebildet von Müller-(Glia-)Zellen
- äussere Körnerschicht
 - Zellkerne und Perikarya der Stäbchen und Zapfen
- äussere plexiforme Schicht
 - Verschaltung der Fortsätze von Stäbchen und Zapfen mit den Fortsätzen der Nervenzellen in der

Neuronale Retina II

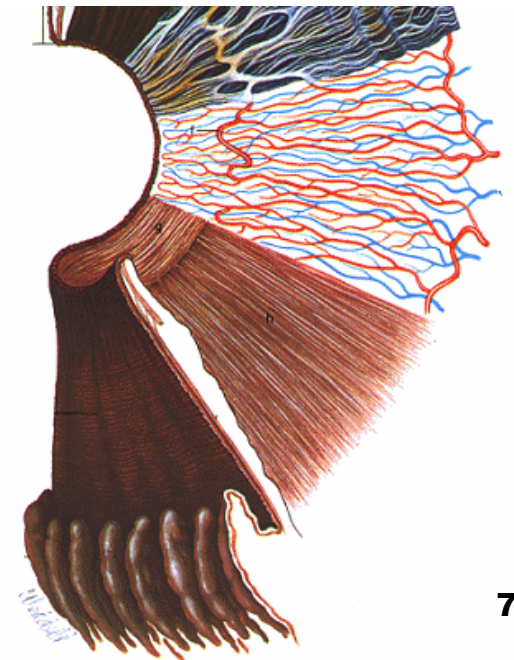
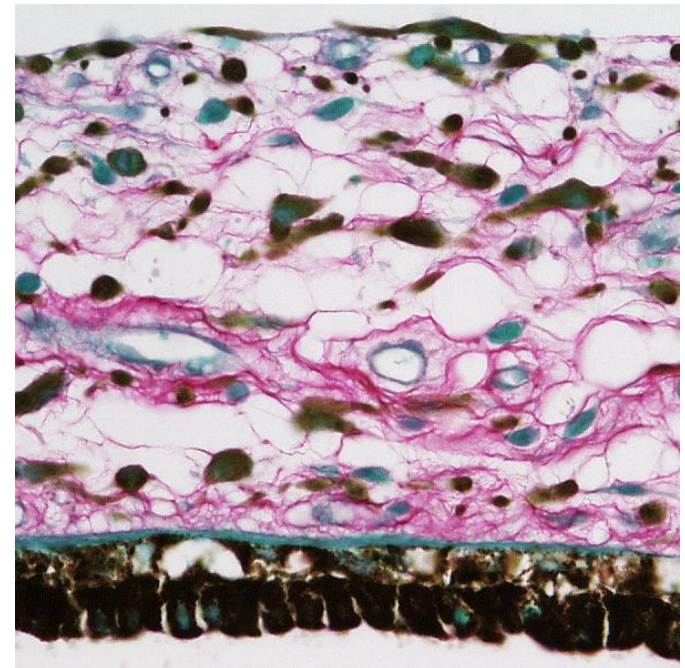
- inneren Körnerschicht
 - Neurone: Horizontal-, Bipolar-, Amakrin- und Interplexiformzellen
 - Glia: Müller-Zellen
- innere plexiforme Schicht
 - Fortsätze und Verschaltung der Zellen der inneren Körnerzellschicht untereinander und mit den Ganglienzellen
- Ganglienzellschicht
 - viele Ganglienzelltypen (on, off, on/off), einige selbst photosensitiv
 - Dendritenbaum definiert das rezeptive Feld
 - deplazierte Neurone der inneren Körnerzellschicht
- Nervenfaserschicht
 - Stratum neurofibrarum
 - Axone der Ganglienzellen en route zur Sehnervenpapille
 - zunehmende Dicke von der Peripherie zur Sehnervenpapille
 - Axone peripherer Ganglienzellen 'umgehen' die Fovea
 - Astrozyten
- innere Grenzschicht
 - Endfüsschen der Müller-Zellen und Basalmembran als Abrenzung gegen den Glaskörper

Neuronale Retina III

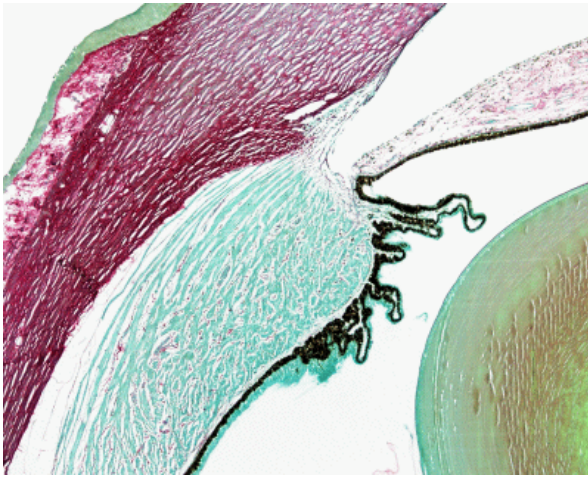


Mittlere Augenhaut: Iris

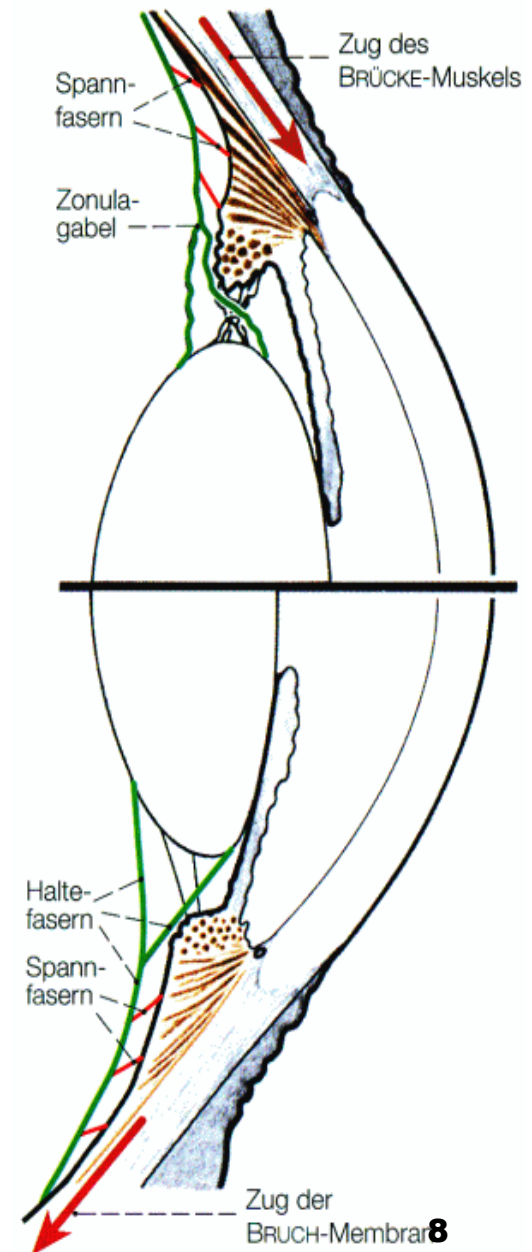
- zwischen Linse und Hornhaut
- bildet die Grenze zwischen der vorderen und hinteren Augenkammer
- seitlich am Ziliarkörper und Sklera befestigt
- der freie Rand der Mitte der Iris bildet die **Pupille**
- keine Endothelbekleidung der vorderen Oberfläche, bindegewebige Grenzschicht
- **Irisepithel** (Pars iridica retinae) bekleidet die hintere Oberfläche
- reich vasularisiertes Stroma mit Melanozyten (Augenfarbe)
- Irismuskulatur
 - **M. dilatator pupillae**: Fortsätze von Myoepithelzellen des Irisepithels, sympatische Innervation, **Mydriasis**
 - **M. sphincter pupillae**: zirkuläres dünnes Muskelband um die Pupille, auch aus Zellen der Retina, parasympatische Innervation, **Miosis**



Mittlere Augenhaut: Ziliarkörper

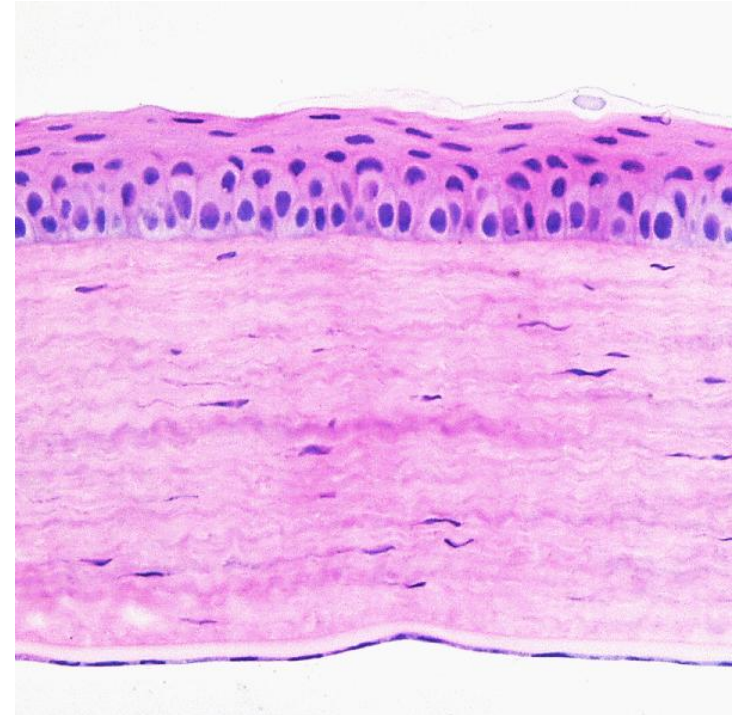


- Ziliarmuskel
 - **Akkommodation**: Erhöhung der Brechkraft der Linse beim Nahsehen
 - Anspannung des Ziliarmuskels, primär longitudinale Fasern des Brücke-Muskels, entspannt Zonulafasern
 - Eigenelastizität der Linse (vermindert im Alter) für zur Rundung der Linse
- bekleidet von Pars ciliaris retinae
 - 'zweischichtig', innere Schicht pigmentiert
 - liegt auf einem dünnen Stratum vasculosum
- **Produktion des Kammerwasser** (Ziliarzotten)
 - Ansatz für die Zonulafasern



Äussere Augenhaut: Hornhaut

- anteriores Epithel
 - mehrschichtiges Plattenepithel
 - Bowman-Membran = Lamina fibroreticularis der Basalmembran
- Substantia propria
 - Lamellen paralleler, sehr feiner (30 nm), gleichmässig grosser Kollagenfibrillen
 - Fibroblasten (Keratozyten)
- posteriores Endothel
 - Descemet-Membran = Lamina fibroreticularis der Basalmembran
- sehr dichte sensorische Innervation
- frei von Blut- und Lymphgefässen
 - Gefässe in der Konjunktiva, O₂ aus der Luft, O₂ & Nährstoffe aus dem Kammerwasser
- geht am Rand direkt in Sklera und Konjunktiva über



Sklera, Choroidea & Glaskörper

■ Sklera

- äussere Augenhaut
- macht den grössten Teil der Wand des Augapfels aus, > 90%
- Substantia propria: dichtes Netz kollagener Fasern, wenig Grundsubstanz, wenige Zellen, 'Skelett' des Auges
- keine scharfe Grenze zur
- Konjunktiva: bekleidet den sichtbaren Teil der Sklera (Augenweiss)

■ Choroidea

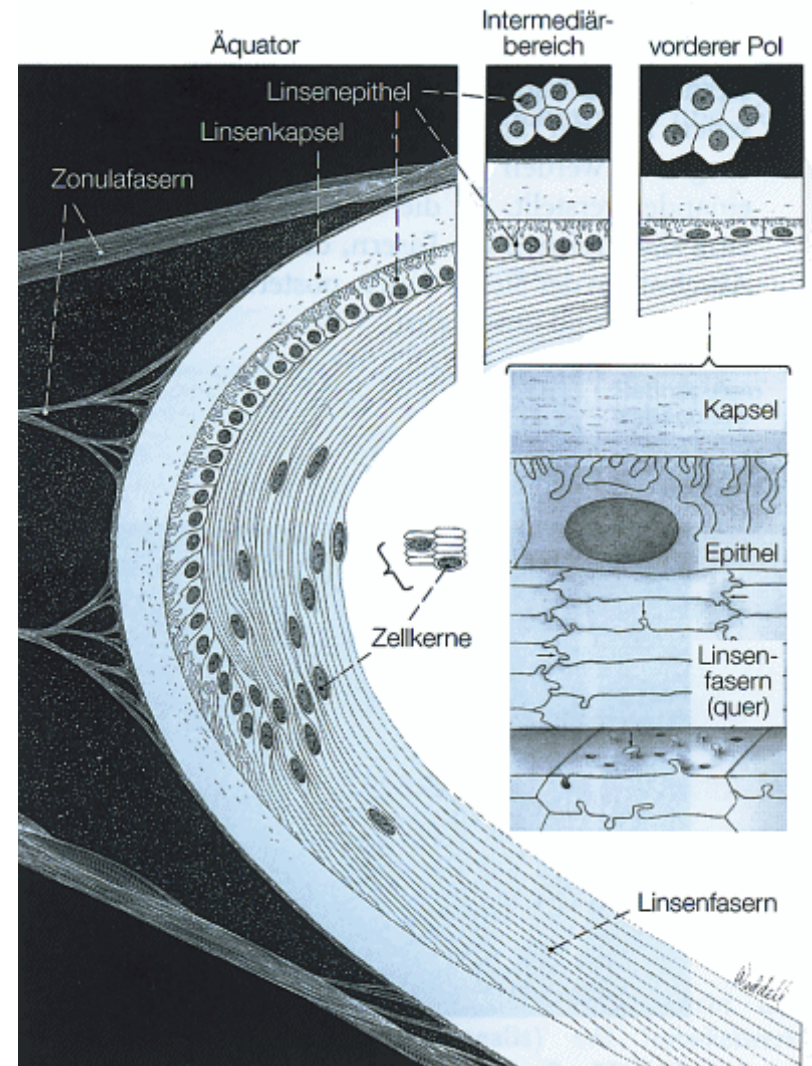
- mittlere Augenhaut
- kollagene Fasern, Bindegewebszellen und zahlreiche Melanozyten
- Lamina vasculosa mit grösseren Gefässen
- Lamina choroidocapillaris direkt unter dem Pigmentepithel, dichtes Netz weitlumiger Kapillaren

■ Glaskörper

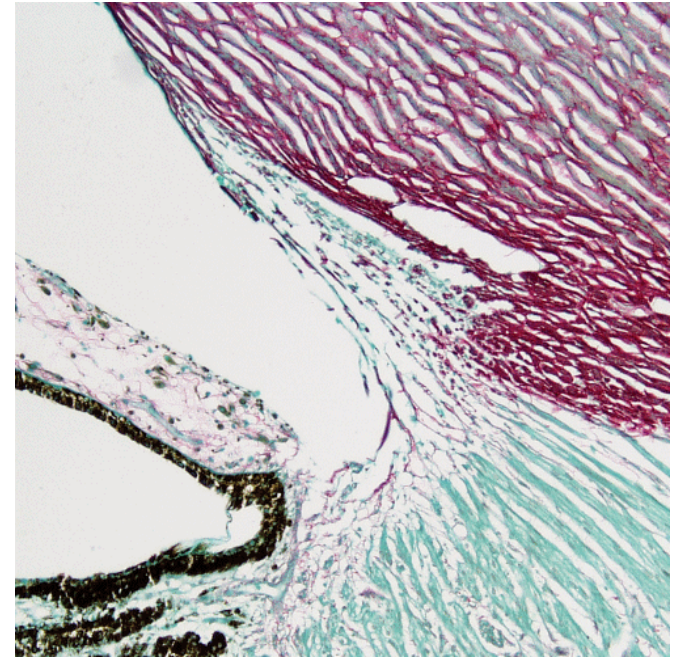
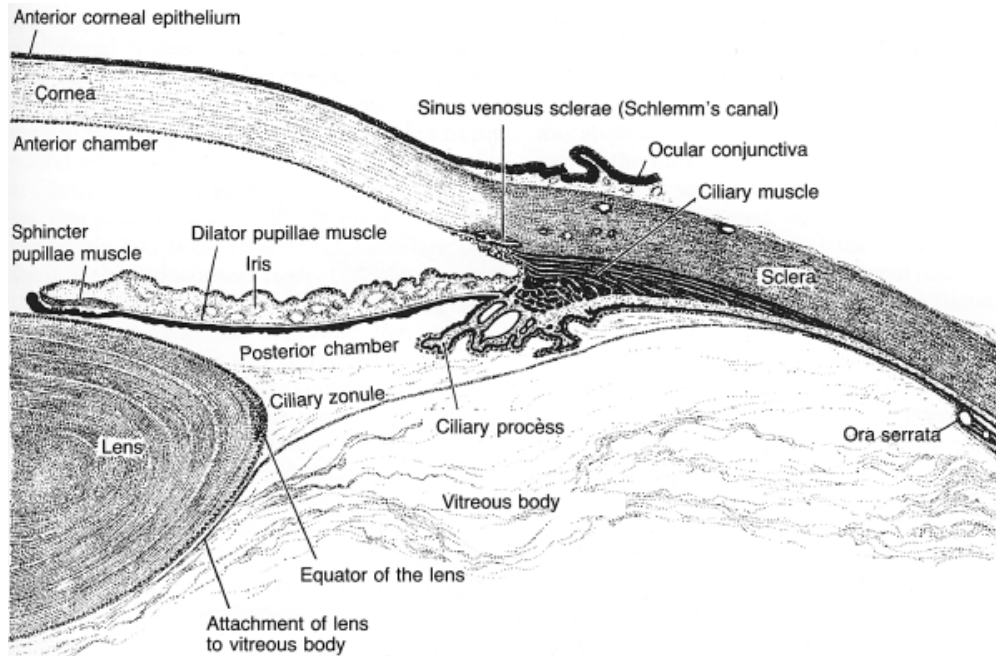
- 99% Wasser, wenige Zellen (Hyalozyten)
- lockeres Kollagenfasergerüst, Proteoglycane
- 'Quelldruck' unterstützt den Augapfel von innen - Formstabilität des Auges

Linse

- Entwicklung aus dem Linsenventrikel
 - Einsenkung des Ektoderms über dem Augenbläschen
 - Differenzierung der posterioren Zellen zu den '**Linsenfäsern**'
- 6-eckige, sehr lange Zellen (bis 12 mm)
 - Crystalline: 90% der Proteine
- anteriore Zellen bleiben als **Linsenepithel** erhalten
- umgeben von der **Linsenkapsel**
 - Basalmembran der Zellen des Augenbläschens
 - Ansatz für die Zonulafasern
- Stammzellen
 - Zellen des Linsenepithels im Bereich des Linsenäquators



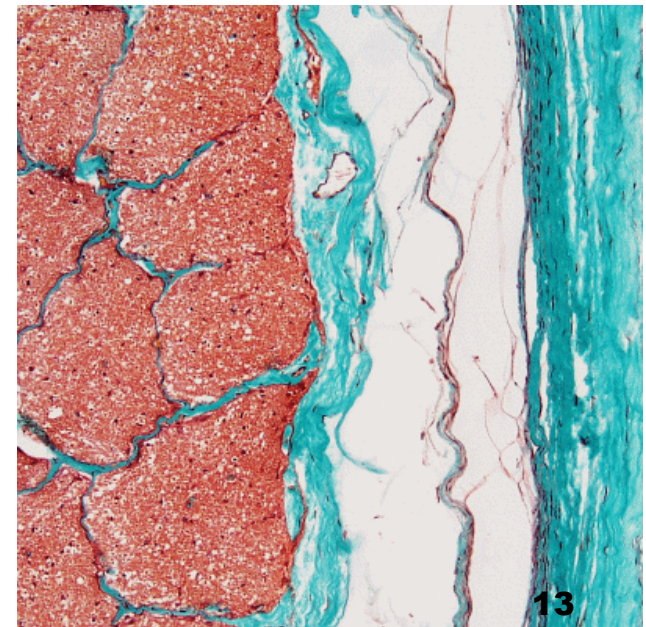
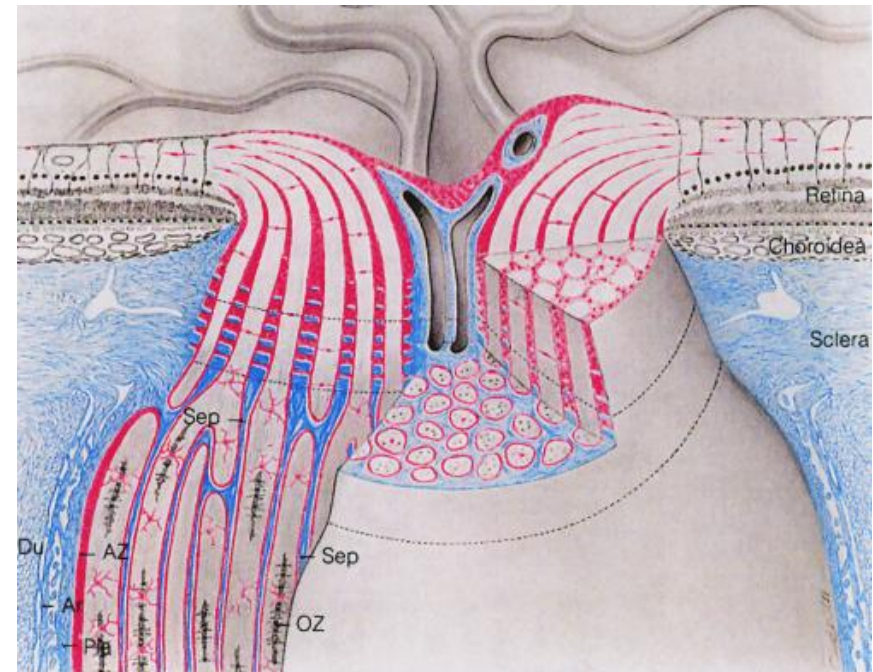
Augenkammern



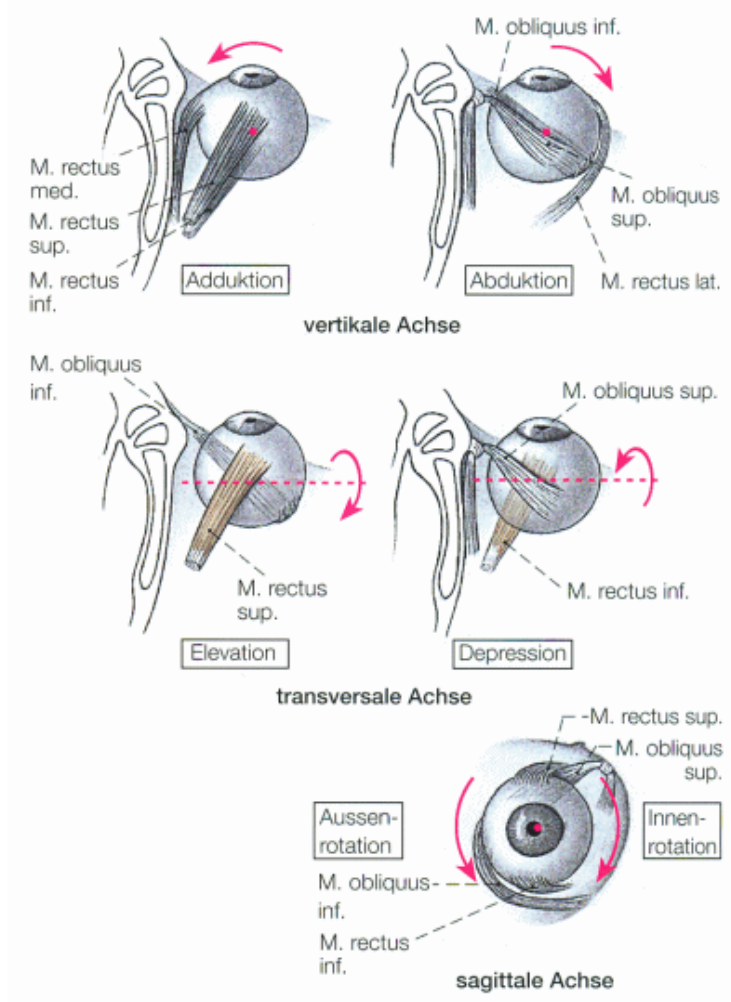
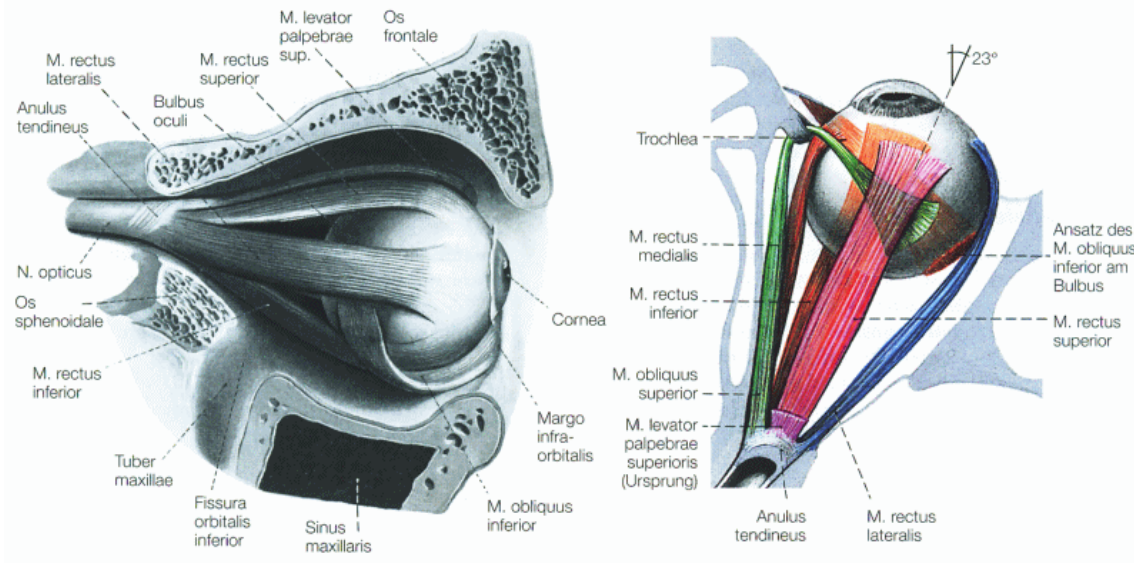
- vordere Augenkammer zwischen Iris und Cornea
- hintere Augenkammer zwischen Iris und Glaskörper
- Fluss des Kammerwassers vom Ziliarkörper zum **Schlemm-Kanal** im Iridocornealwinkel
- typischer Kammerdruck ~16 mm Hg
 - Glaukom bei pathologischer Erhöhung des Kammerdrucks durch Aufschwellen des cornealen Stromas - 'milchig'

Nervus opticus

- Leitungsbahn des Zentralnervensystems
 - Oligodendrozyten und Astrozyten (keine Schwann-Zellen!)
- beginnt mit der Sehnervenpapille innerhalb des Auges
- durchtritt die Sklera (Lamina cribrosa sclerae)
- umgeben von den Hirnhäuten
 - Dura, Arachnoidea und Pia)
 - Piasepten gliedern den N. opticus in Faszikel
- **Arteria und Vena centralis retinae** erreichen die Retina durch den N. opticus
- **Chiasma opticum**
 - Überkreuzung von ~50% der Nervenfasern
- Fortsetzung der Fasern als **Tractus opticus**, der zum **Corpus geniculatum laterale (CGL)** des Thalamus zieht



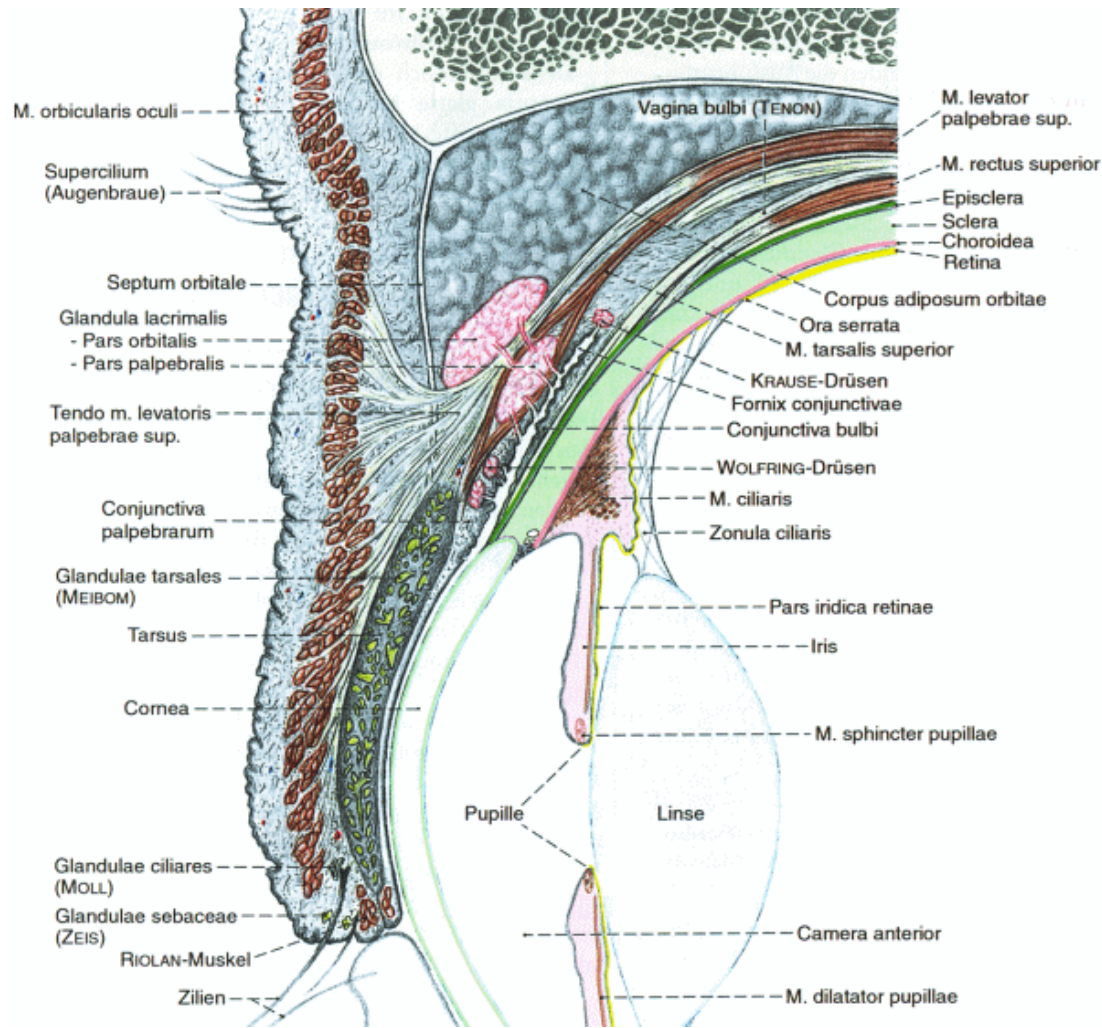
Extraokuläre Augenmuskulatur



- sechs extraokuläre Muskeln
 - Endsehnen setzen an der Sklera des Augapfels an
 - reich innerviert durch die Nn. oculomotorius, abducens & trochlearis
- **Zusammenspiel aller Augenmuskeln bei den meisten Augenbewegungen**

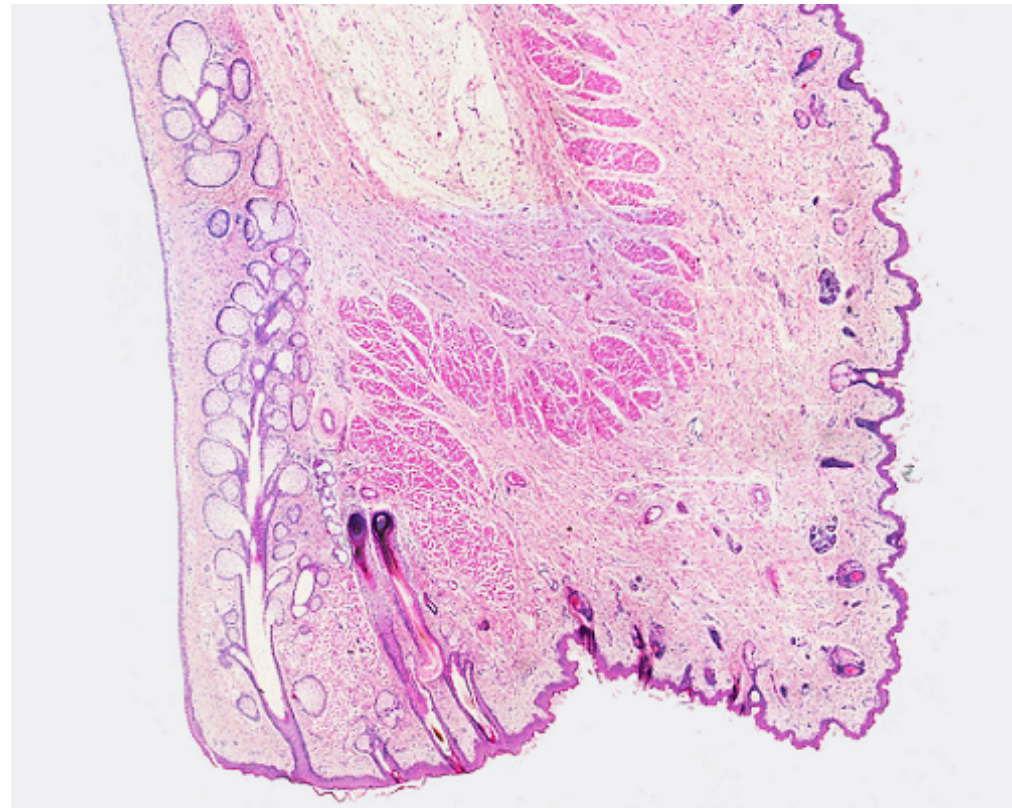
Tränenapparat

- seröse, tubuloazinäre Tränendrüsen
 - Muzin-Komponente
 - isoton!
- bakterozide und -statische Wirkstoffe
 - Lactoferrin, Lysozym, Defensine, Antikörper
- die Wundheilung fördernde Stoffe
- mehrschichtiger Tränenfilm
 - Lipide zuoberst



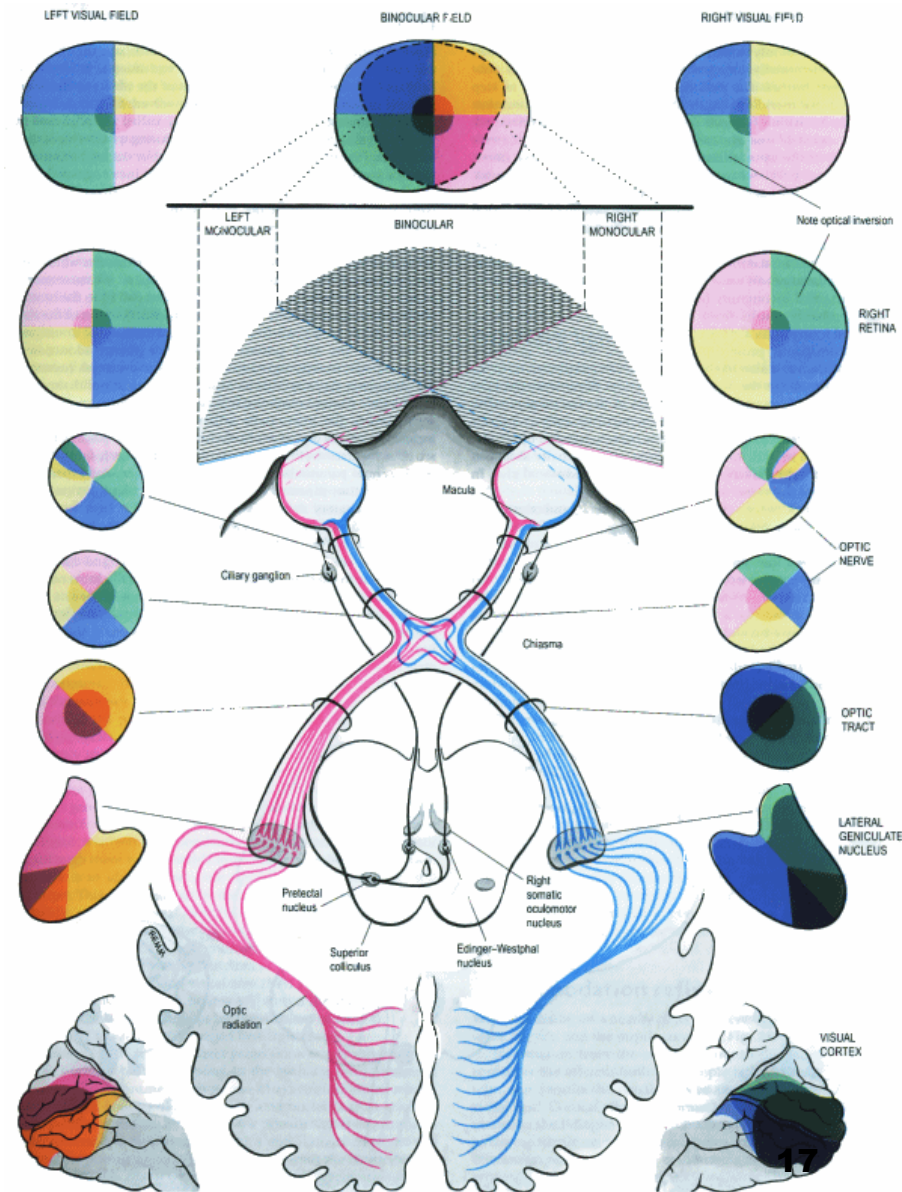
Augenlid

- äussere Bekleidung: Haut
- innere Bekleidung: Konjunktiva
- Wimpern
- M. orbicularis oculi
- im Bereich der Wimpern spezialisierte Schweiss- und Talgdrüsen
 - letztere eingebettet in den
- Tarsus
 - dichte, bindegewebige Platte
 - Ansatz für den Lidheber: Mm. levator palpebrae & Mm. tarsales -
voluntäre quergestreifte Muskulatur und involuntäre glatte Muskulatur
 - Mm. tarsales erschlaffen bei Ermüdung



Sehbahnen: Retina zum visuellen Kortex

- Retina via N. opticus, Chiasma opticum und Tractus opticus zum
- Corpus geniculatum laterale
- thalamisches Relay, Termination des grössten Teils der Nervenfasern
- Projektion über die Radiatio optica auf den **primären visuellen Kortex (Area 17)**
- **Visuotopie** aller Leitungsbahnen und der neuronalen Präsentation des Gesichtsfeldes



Extragenikuläre Bahnen

- vom Chiasma zum Ncl. suprachiasmaticus des Hypothalamus
 - Regulation biologischer Rhythmen
- Pretektum
 - Steuerung der Okulomotorik
 - Lichtreflex: Pupillenverengung und -erweiterung
 - Akkommodationsreflex
- Colliculus superior
 - Vierhügelregion
 - erhält Projektionen vom Kortex und projiziert über Pulvinarkerne des Thalamus auf den Kortex
 - Integration von motorischer und visueller Information
 - Steuerung der Sakkaden - schnelle, ruckartige Bewegungen des Auges
 - visuelles Fixieren
- Blindsehen: unbewusstes Sehen bei Bewahrung der extragenikulären Bahnen