

Modul I

Auge

Dr. Christina A. Trück
17.01.2015

Teil I



Auge

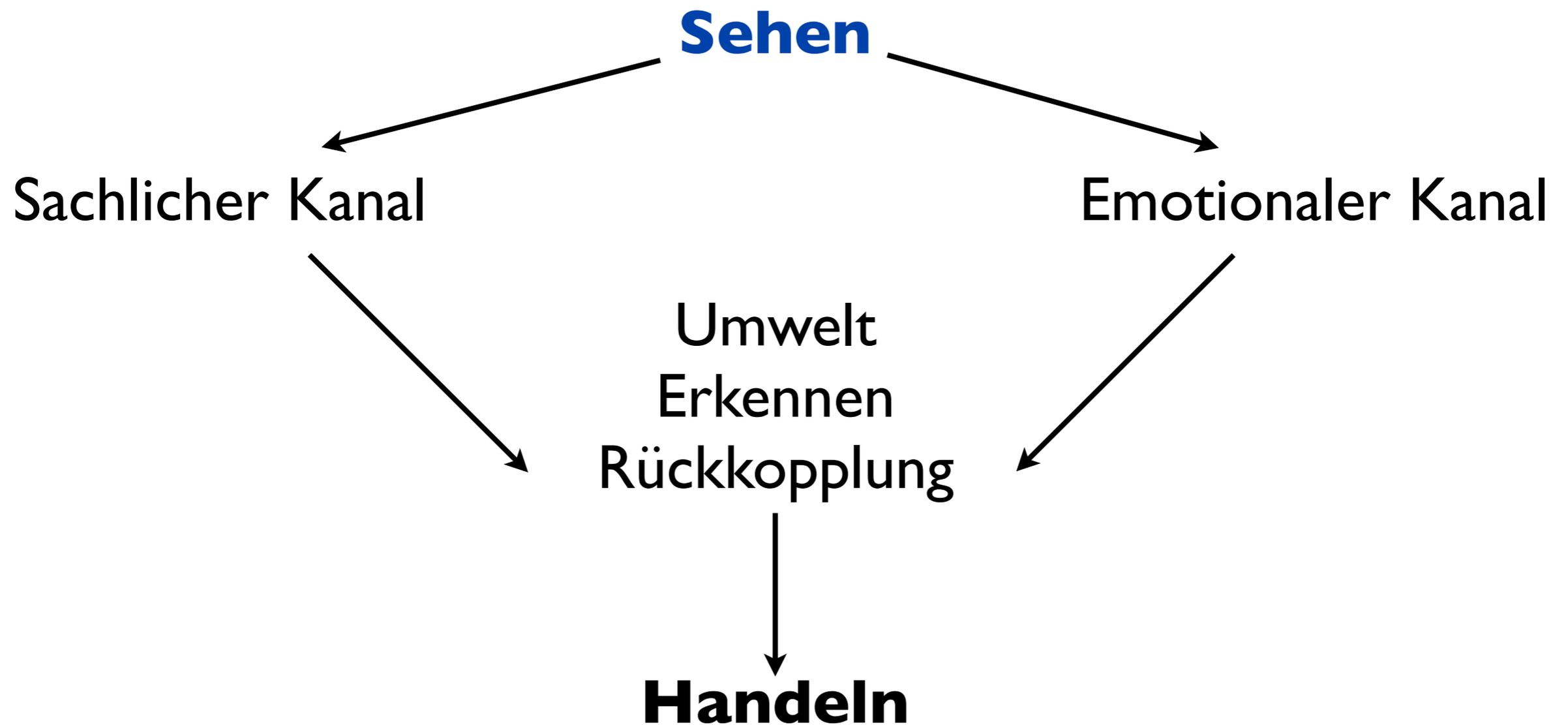


Teil I



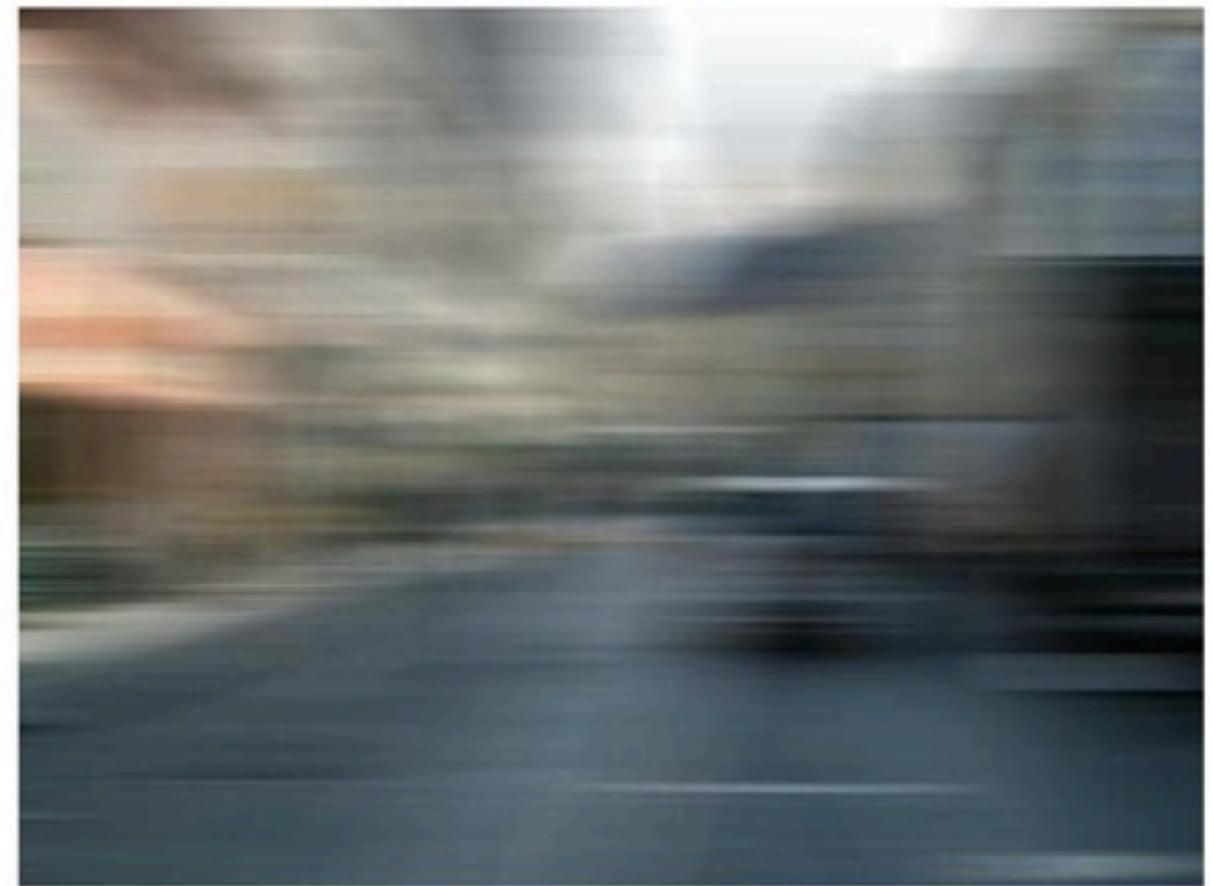
- Prolog
- Licht
- Anatomie des Auges
- Physiologie des Auges
- Erkrankungen

Prolog



Prolog

Verlust der sachlichen Information



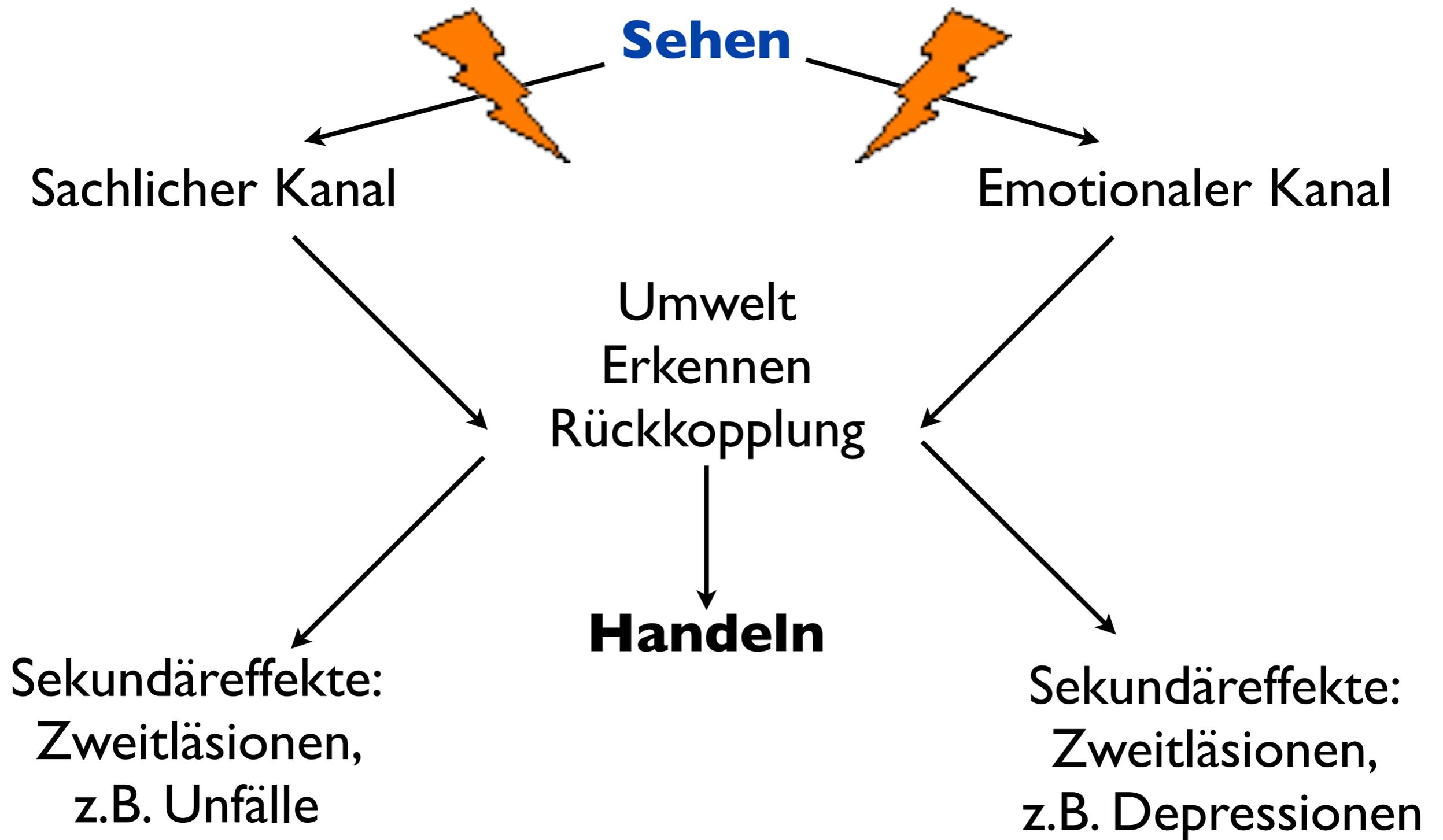
Deutschland
155.000 Blinde, ca. 500.000 Sehbehinderte

Prolog

Verlust der emotionalen Information

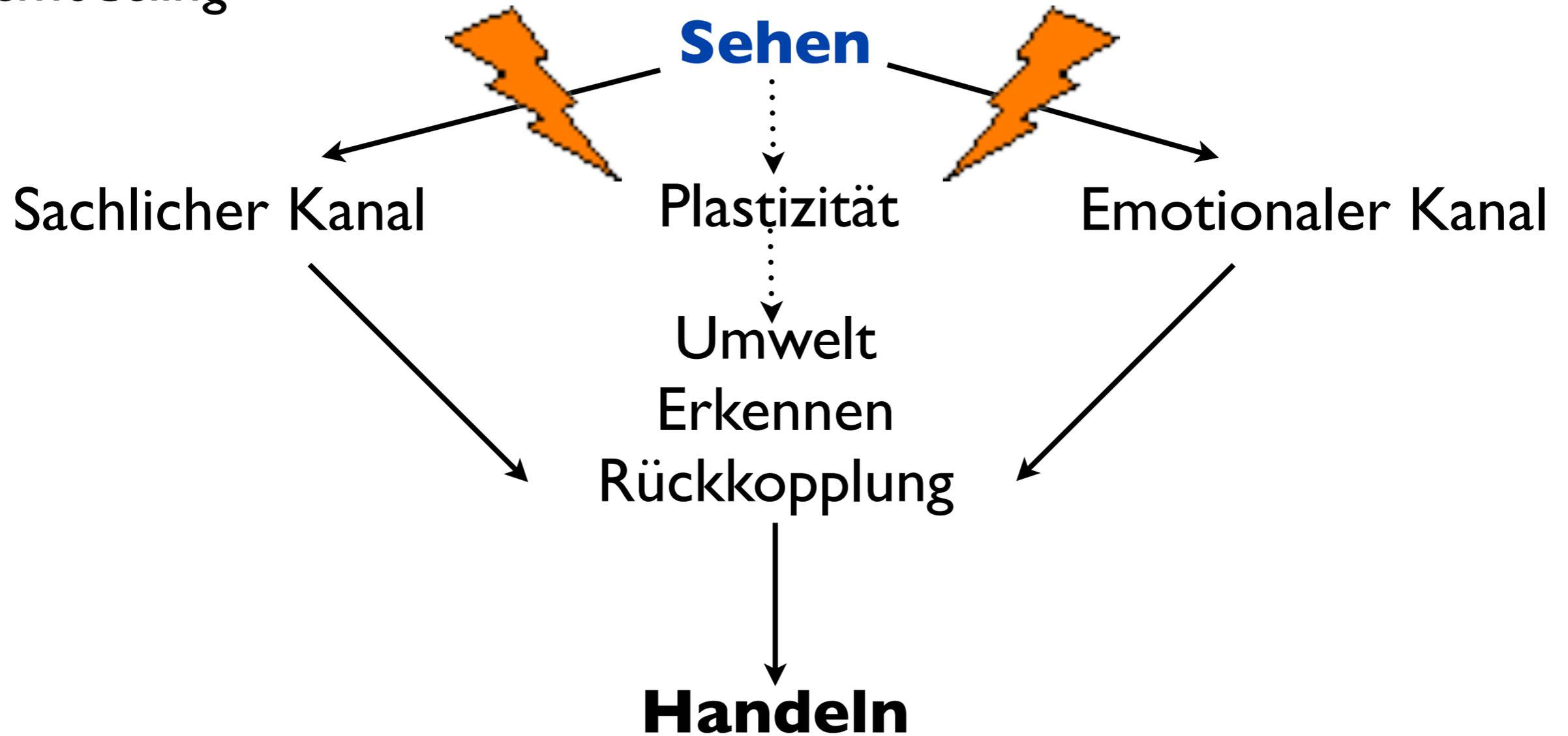


Prolog

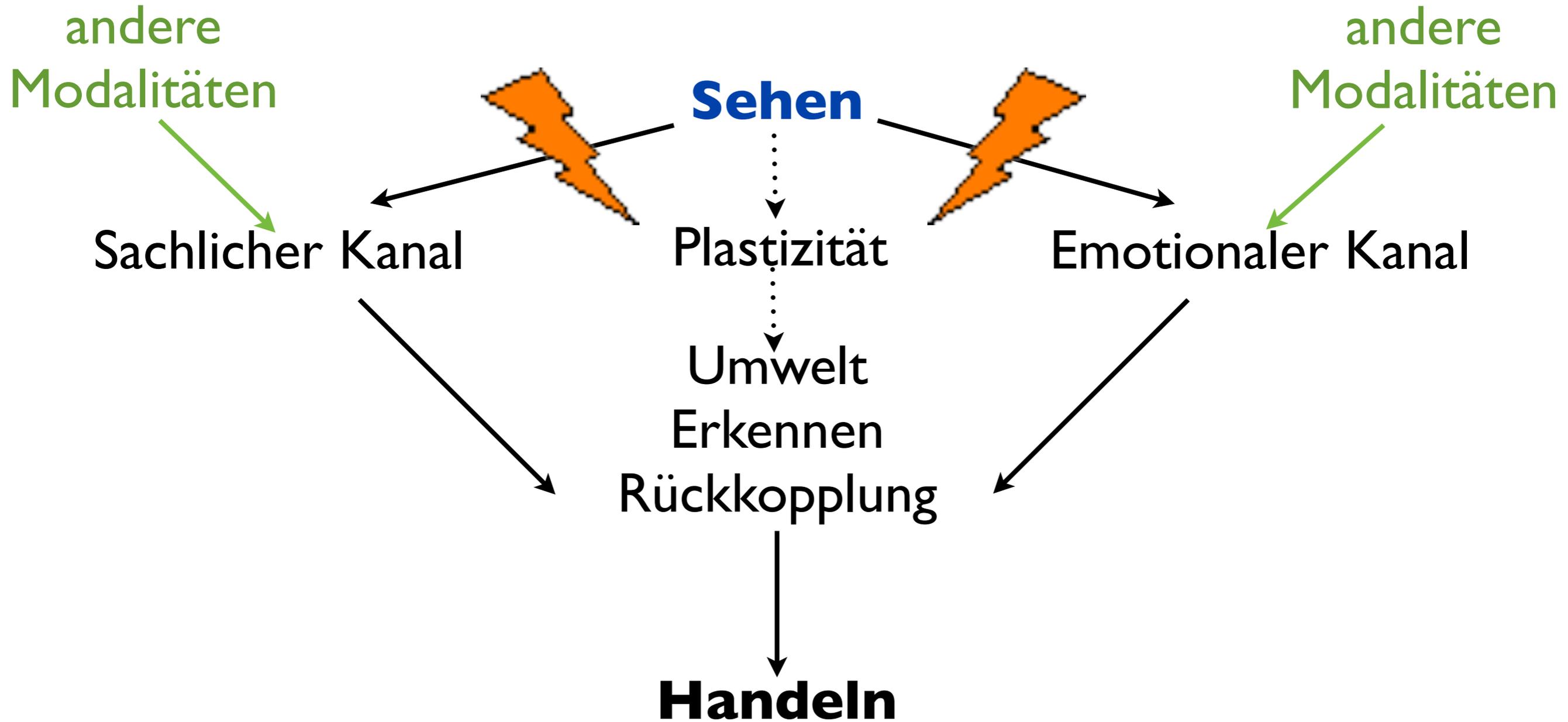


Prolog

Remodeling



Prolog



Prolog

Variablen für das Erleben der Erkrankung und deren Bewältigung

Zeitpunkt der Läsion
(angeboren, Kindheit, Adoleszenz, Senium)

Dynamik der Läsion
(langsam, schleichend, akut)

Einseitig/Beidseitig

Prolog

Prävention

Sicherheitsvorschriften z.B. Gurtpflicht

Diagnostik

Augenarzt

Therapie

Brille, OP, Pharmakotherapie

Rehabilitation

Sehhilfen, Frühförderung

Reintegration

Spezialausbildung, Sehbehindertentarbeitsplatz

→ **Nutzen anderer
Modalitäten**

Aufgaben des visuellen Systems

1. **Sehen** von Farbe, Kontrast, Entfernung, Intensität, Bewegung
 - > Reiz-Aufnahme sichtbares Lichts über dioptrischen Apparat
 - > Strahlen-Auslese u -Vereinigung führen zum Bildentwurf auf beiden Retinae
2. **Orientieren** im Raum
 - mit Ohren u Vestibular-Apparaten als akz. Fernsinn
3. **Schützen** durch Auseinandersetzen mit d. Umwelt
 - > Gefahren erkennen
4. **Empfinden, Wahrnehmen, Erfahren, Lernen**
 - über Limbisches System u Hypothalamus zu Rindenzellen im Cortex
5. **Regeln** circadianer Rhythmik über Epiphyse endokrin (Melatonin u Serotonin)
 - > Schlaf-Wach-Rhythmus durch Tageslichtwechsel
 - > Pigmentierung Haut u Iris
 - > Steuerung der Blickmotorik
6. **Emotionen ausdrücken** (Tränen, Zwinkern, Pupillo-Motorik, Lidspalte)
7. **Kommunizieren** (Blick-Kontakte u Mimik)

Licht

physikalischen Charakteristika

Dualismus

elektromagnetische Welle = Strahlung

Quant (Korpuskel) = Photon

Wellenlängenbereich

Schwinnungsfrequenzen

Geschwindigkeit

Energie

Fermat'sches Prinzip

760 - 380 nm

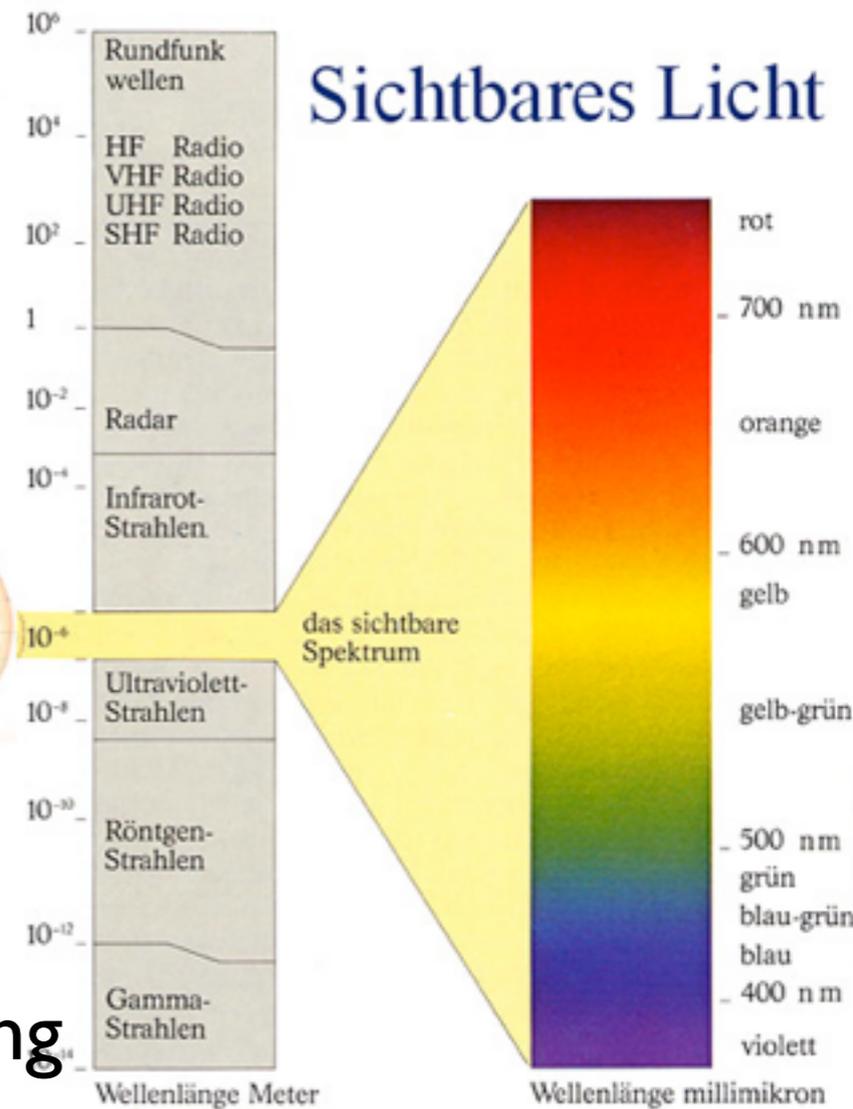
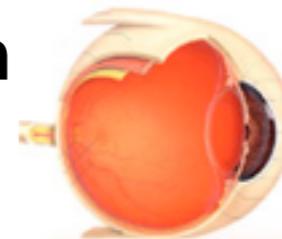
10^{14-15} Hz

$2,9 \cdot 10^8$ m/s

$4,2 \cdot 10^{-18}$ J

(nm anhängig)

geradlinige Ausbreitung



Licht

adäquate Reize für das Auge

physikalisch

Verarbeitung über

- Refraktion (Brechung durch Änderung Licht-Geschwindigkeit)
- Diffraktion (Beugung Iris-Rand)
- chromatische Aberration
- sphärische Aberration (Astigmatismus)
- Reflexion (Spiegelung)
- Dispersion (Streuung)

} Abbildungsfehler

=> *Verzerrung der Lichtstrahlen*

Licht

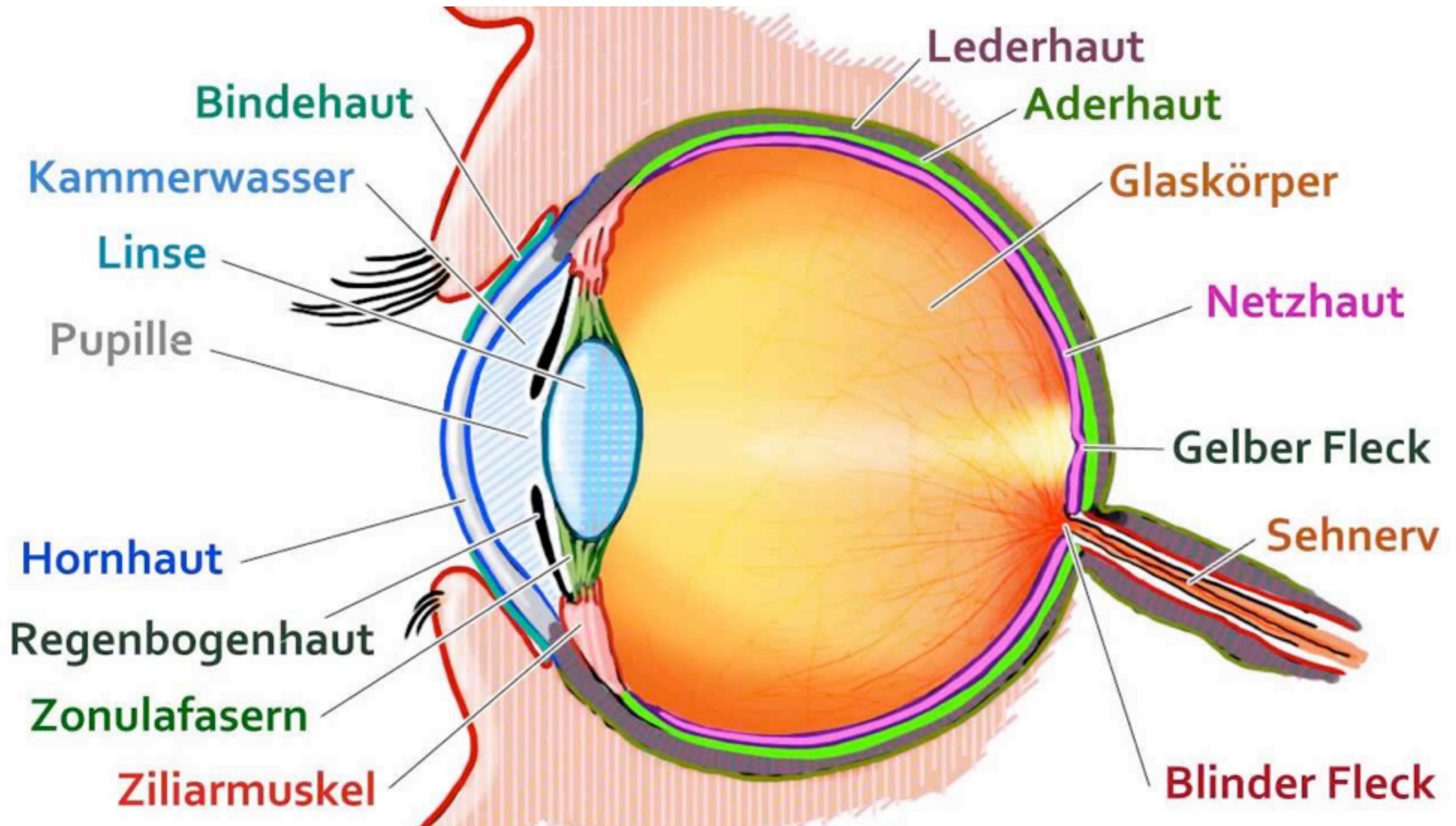
physiologische Reize

- Änderung der Gegenstandsweite über die Linse > Akkomodation
- Änderung der Licht-Intensität über die Iris > Adaptation

=> *erzeugen ein scharfes Bild auf der Retinae*

Anatomie des Auges

Augenaufbau



Augenaufbau

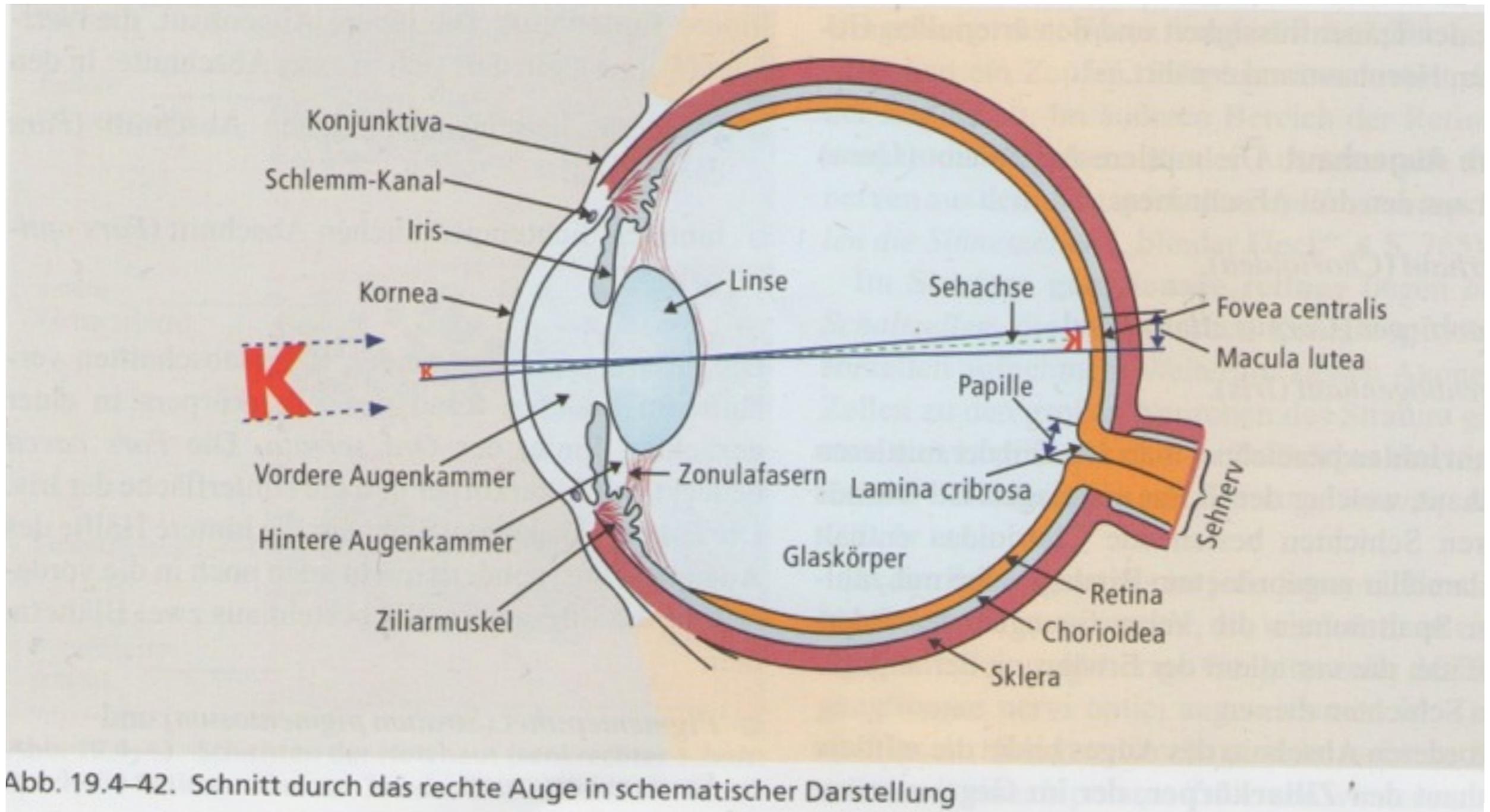


Abb. 19.4-42. Schnitt durch das rechte Auge in schematischer Darstellung

Augenaufbau

in Zahlen

Durchschnittliche Achsenlänge:	24 mm
Durchschnittliches Volumen:	6,5 ml
Durchschnittliche Brechkraft:	56 D
Brechkraft der Hornhaut:	43 D
Brechkraft der Linse:	12 – 20 D
Pupille:	2 - 8 mm
Linse - Netzhaut	14 - 17 mm

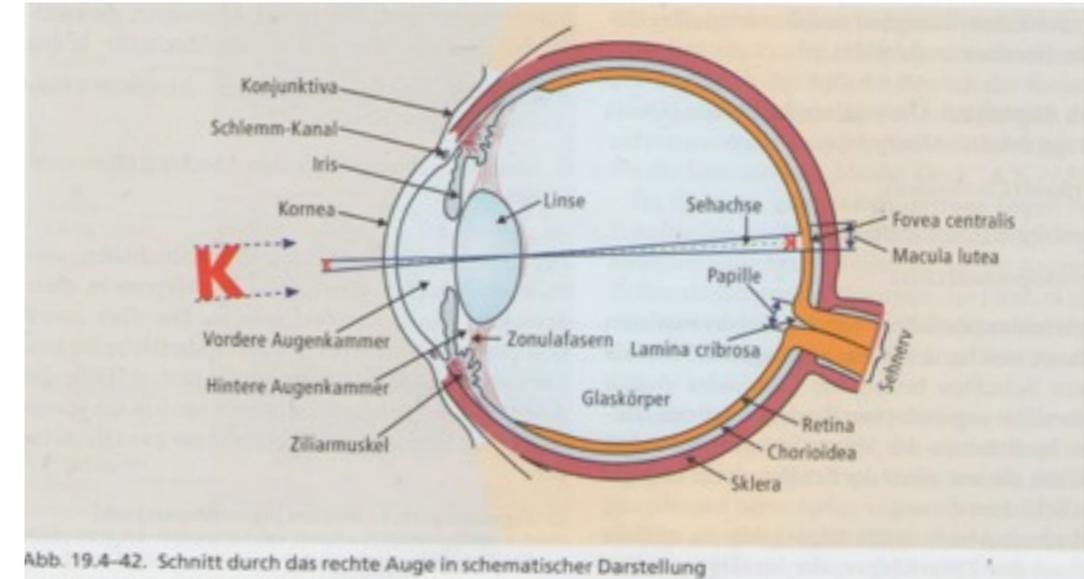


Abb. 19.4-42. Schnitt durch das rechte Auge in schematischer Darstellung

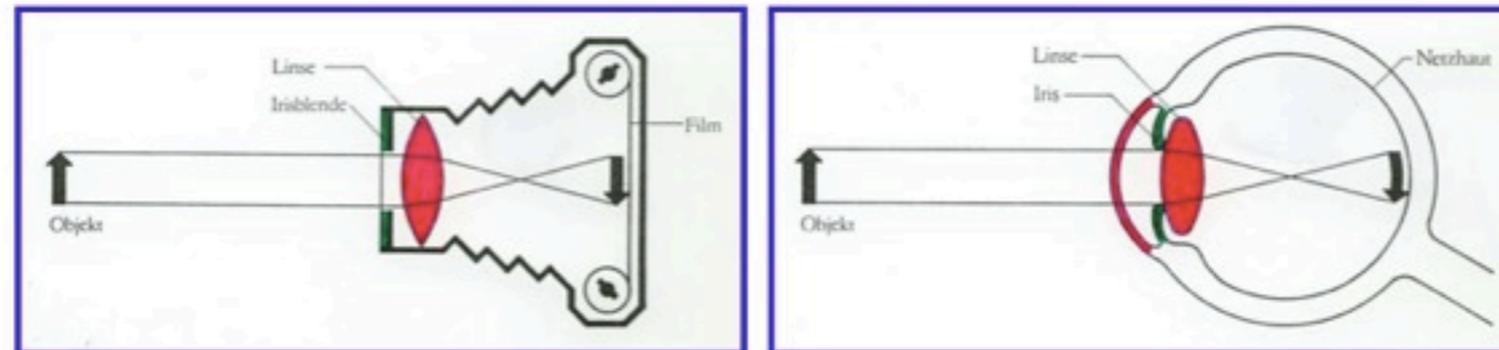
Dicke (mm)

Hornhaut (HH)	0,55
vordere Augenkammer	3,05
Linse	4
Glaskörper	16,4

Krümmungsradius (mm)

Vorderfläche HH	7,72
Rückfläche HH	6,5
Vorderfläche Linse	10,2
Rückfläche Linse	-6

Auge - diotrischer Apparat



Bausteine unserer Camera

Augapfel (<i>Bulbus</i>)	Strahlengang --> Bildentstehung
Tränenfilm (<i>Lacrima</i>)	Schutz, Ernährung, Optik
Hornhaut (<i>Cornea</i>)	Schutzfunktion u fixe Brechkraft (+43dpt)
Kammerwasser (<i>Humor aquaeus</i>)	Aufrechterhaltung des intra-okolaren Drucks
Regenbogenhaut (<i>Iris</i>)	Regulation der Lichtintensität --> Adaption
Linse (<i>Lens</i>)	Variable Brechkraft von 15-33dpt --> Akkom.
Glaskörper (<i>C. vitreum</i>)	Formkonstanz d. Bulbus, Anpressdruck für Retina
Netzhaut (<i>Retina</i>)	Reizaufnahme u -Verarbeitung

Auge - Anatomie

Bulbus oculi (Augapfel)

3 Schichten (mesenchymale + neuroektodermale Herkunft)

--> tunica externa (Sklera, Cornea)

--> „“ media (Choriodea, Corpus ciliare, Iris)

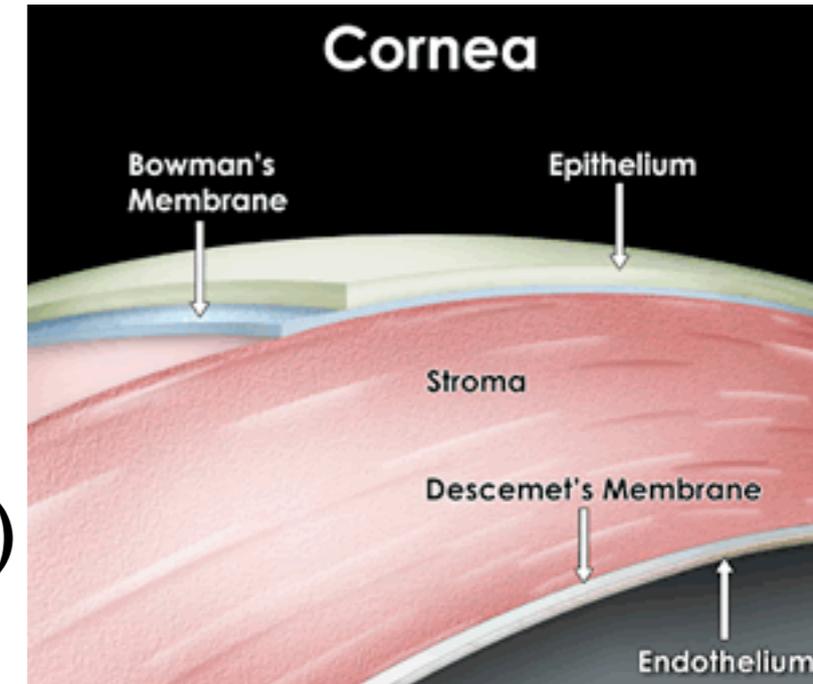
--> „“ interna (Retina mit pars caeca + optica)

Augapfelinhalt:

Kammerwasser, Linse, Glaskörper

Hornhaut (*Cornea*)

- fester vorderer Abschluss des Bulbus (1/6) Sklera
- Schutz vor äußeren Einflüssen
 - 5-7 Zellschichten
 - Absorption schädlichen UV-Licht
 - markloser sensorisch. Innerv. (Corneal-Reflex)
- Lichteintritt (Interferenz u kurze Schichtenperiodizität)
- Lichtbrechendes Medium $n=1,376$
- fixe Brechkraft: 43 D



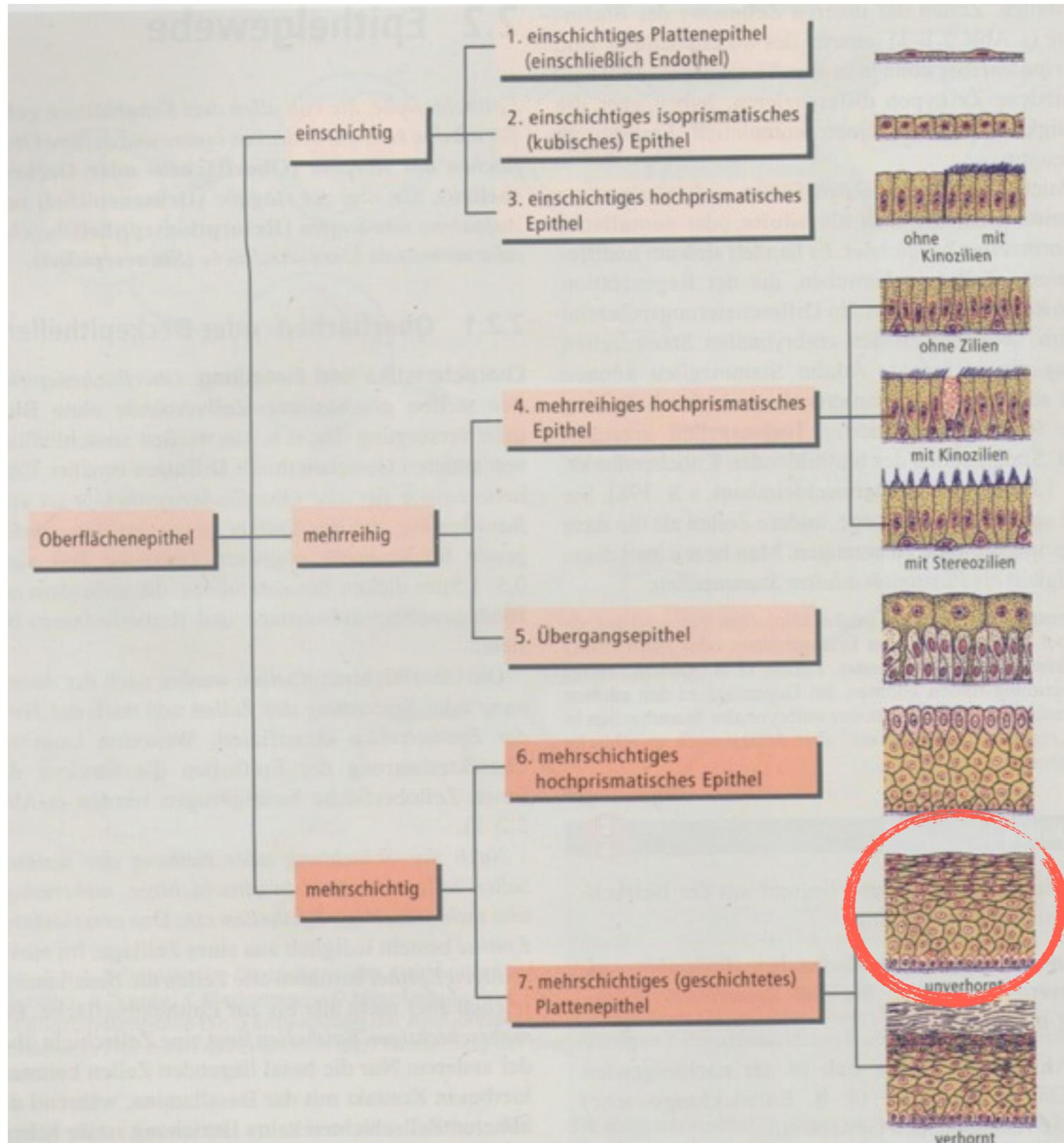
Zusammensetzung (0,6mm)

- 1) nicht verhorntes Plattenepithel
- 2) Bowman-Lamina
- 3) bradytrophes HH-Parenchym
mit Keratinozyten, Kollagen-Lamellen, Proteoglycan
- 4) Descemet-Lamina
- 5) Endothel

Pathologie

asymmetrisch Radien => Astigmatismus
Austrocknung u Trübung => Xerophthalmie

reminder: Oberflächenepithelien



Alveolen, Blutgefäße
Drüsenausführungsgänge
Verdauungstrakt

Respirationstrakt

ableitende Harnwege

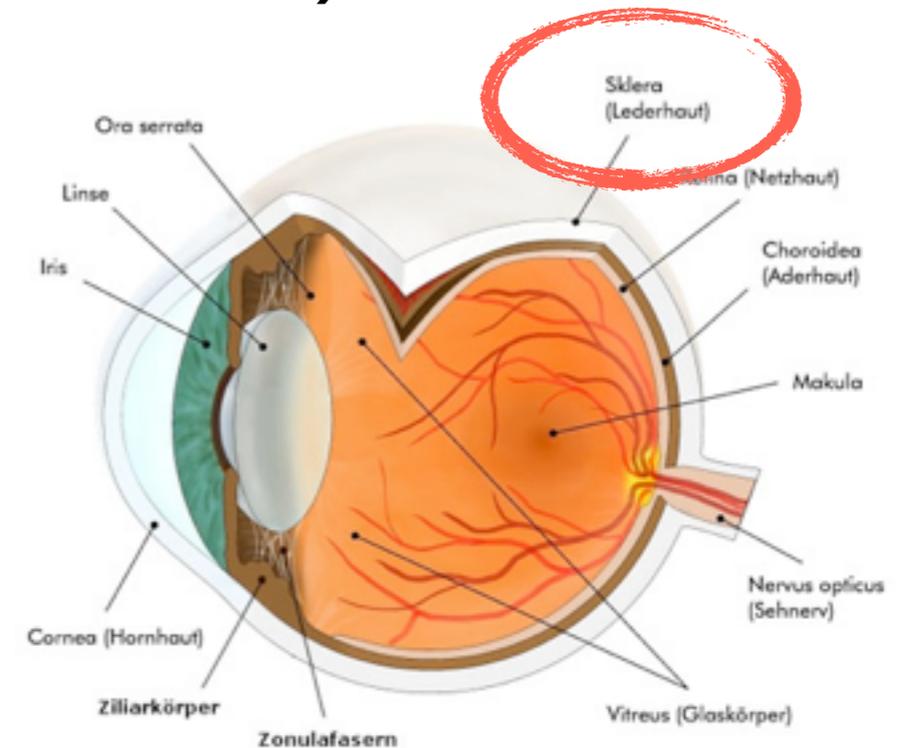
selten: Augenumschlagfalte

Mund, Ösophagus

Epidermis

Lederhaut (Sclera)

- von Cornea zur Dura mater des Sehnervs
 - undurchsichtig
 - aus kollagenen Fasern aufgebaut, dehnungsfeste bindegewebige Kapsel
 - 0,3 und 1 mm
- > Formerhalt Bulbus



Pathologie
system. Entzündungen
selten lokale Infektionskrankheiten (Syphilis, VZV)
Ikterus

Schlemmkanal

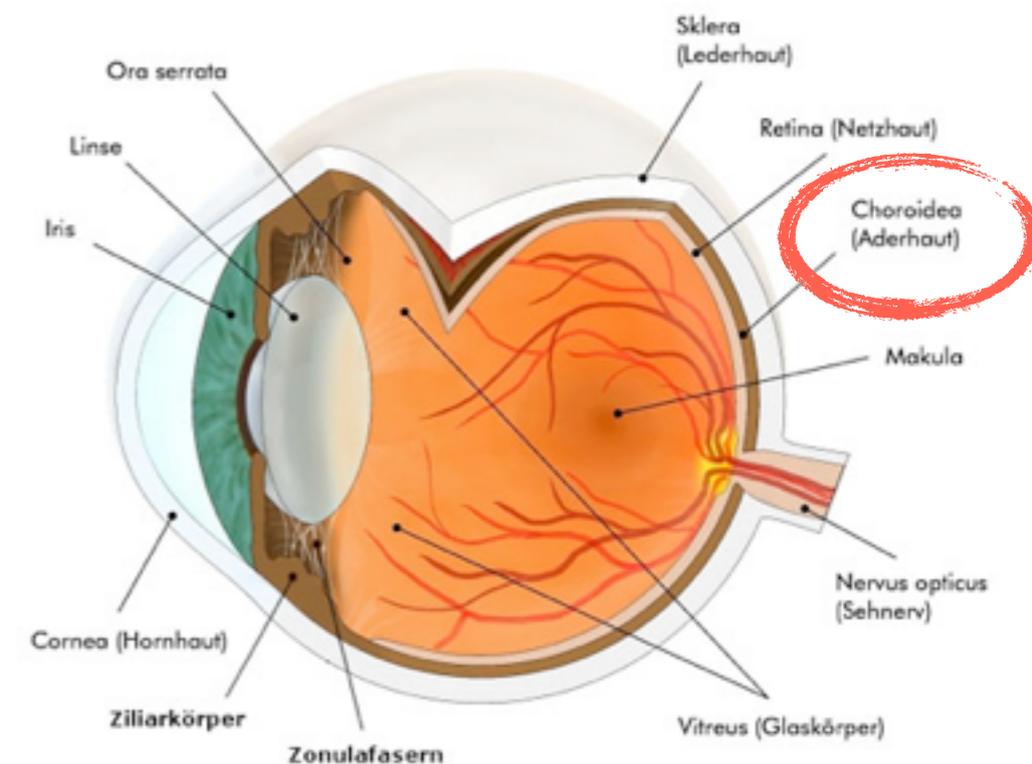
- wo HH zur Iris umbiegt
- Ernährung: Diffusion Kammerwasser, Tränen, art. Gefäße HHrand

Aderhaut (*Choriodea*)

- Bruch-Membran (*Lamina elastica*)
 - Zone mit geflechtartig verzweigten kleinen Blutgefäßen (*Choriokapillaris* oder *Lamina chorioideocapillaris*)
 - Schicht aus größeren Gefäßen, meist Venen (*Lamina vasculosa*)
- > Ernährung HH

Pathologie

!!! schmerzlos, nur wenn Nachbarstrukturen betroffen
Aderhautmelanom

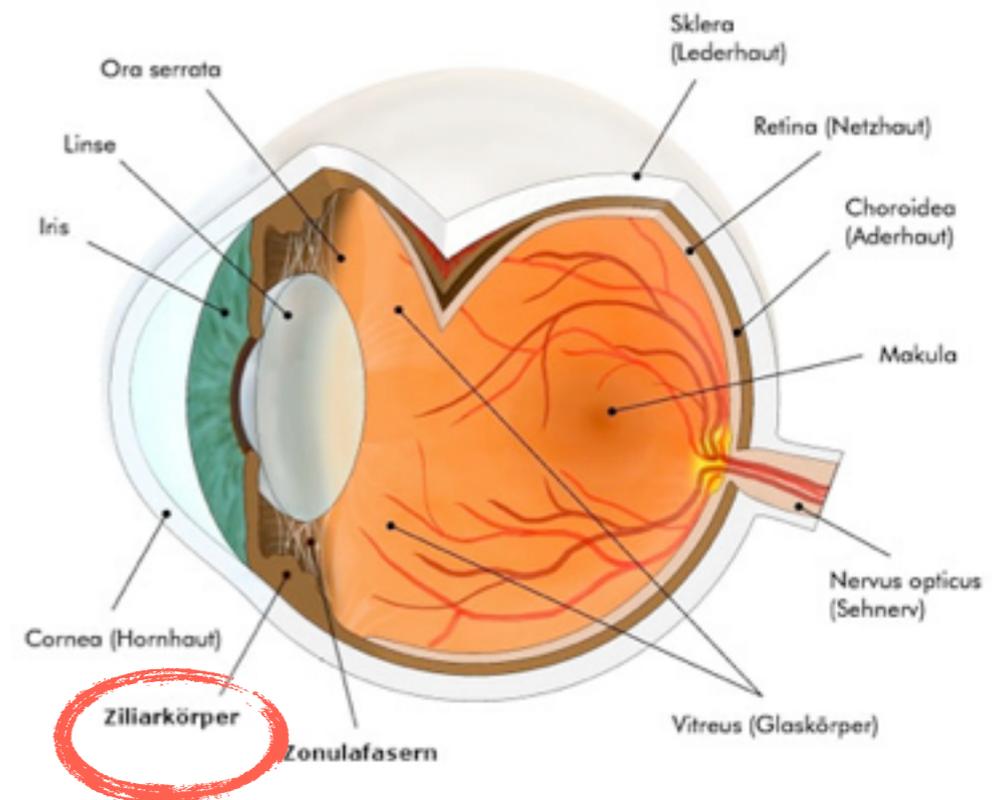


Ziliarkörper (*corpus ciliare*)

- zweischichtigen Epithel (Pars ciliaris retinae)
- Musculus ciliaris (parasymphatisch innerviert)
- > Aufhängung Linse u. Akkomodation
- > an Produktion Kammerwasser beteiligt

Pathologie

Abreißen Fasern => Linsenluxuation
Infektion vorderer Abschnitt => Spasmus

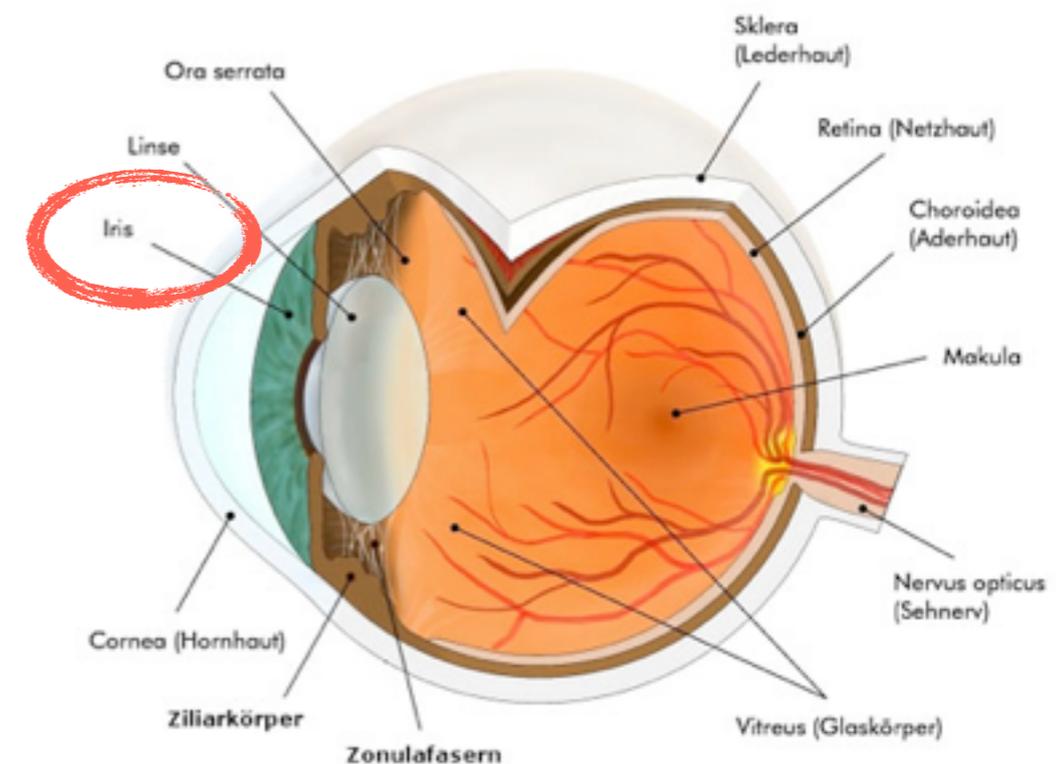


Regenbogenhaut (*Iris*)

- vordere Teil (Stroma) - mesodermal
 - Pigmentzellen
 - hintere Teil (Pigmentblatt) - ekrodermal
 - M. dilatator pupillae + sphincter pupillae
 - Stroma Melanin: Irisfarbe „Fingerabdruck“
- > trennt Augenkammern, Pupillenweite

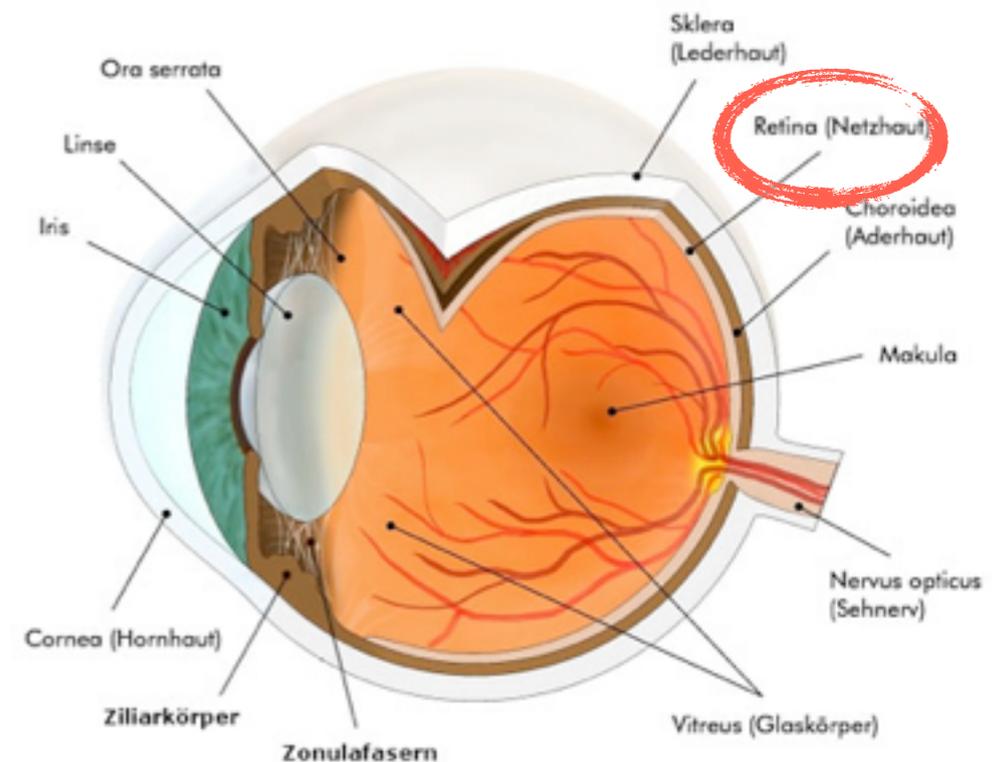
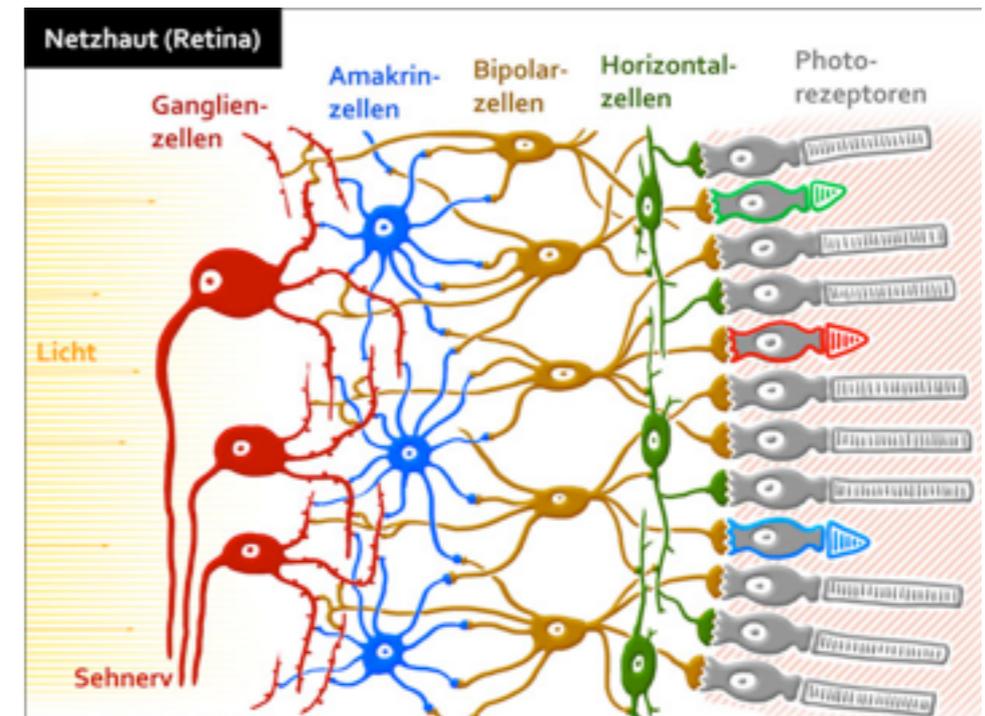
Pathologie

fehlen Melanin => Albinismus
Fehlbildungen => Kolobane
Entzündungen => Iridozyklitis



Netzhaut (*Retina*)

- pars caeca (vorne)
- pars optica (hinten)
 - > Pigmentepithel: einschichtig, isoprismatisches Epithel
- > Ernährung Sensorzellen
 - > str. nervosum: Photosensoren (Stäbchen, Zapfen), bipolare Nervenzellen, große Ganglienzellen (N. opticus Axone)
- > Sinnesreize wahrnehmen



Pathologie vielfältig!
Ablösung
Retinopathie
Maculadegeneration

Netzhaut (*Retina*)

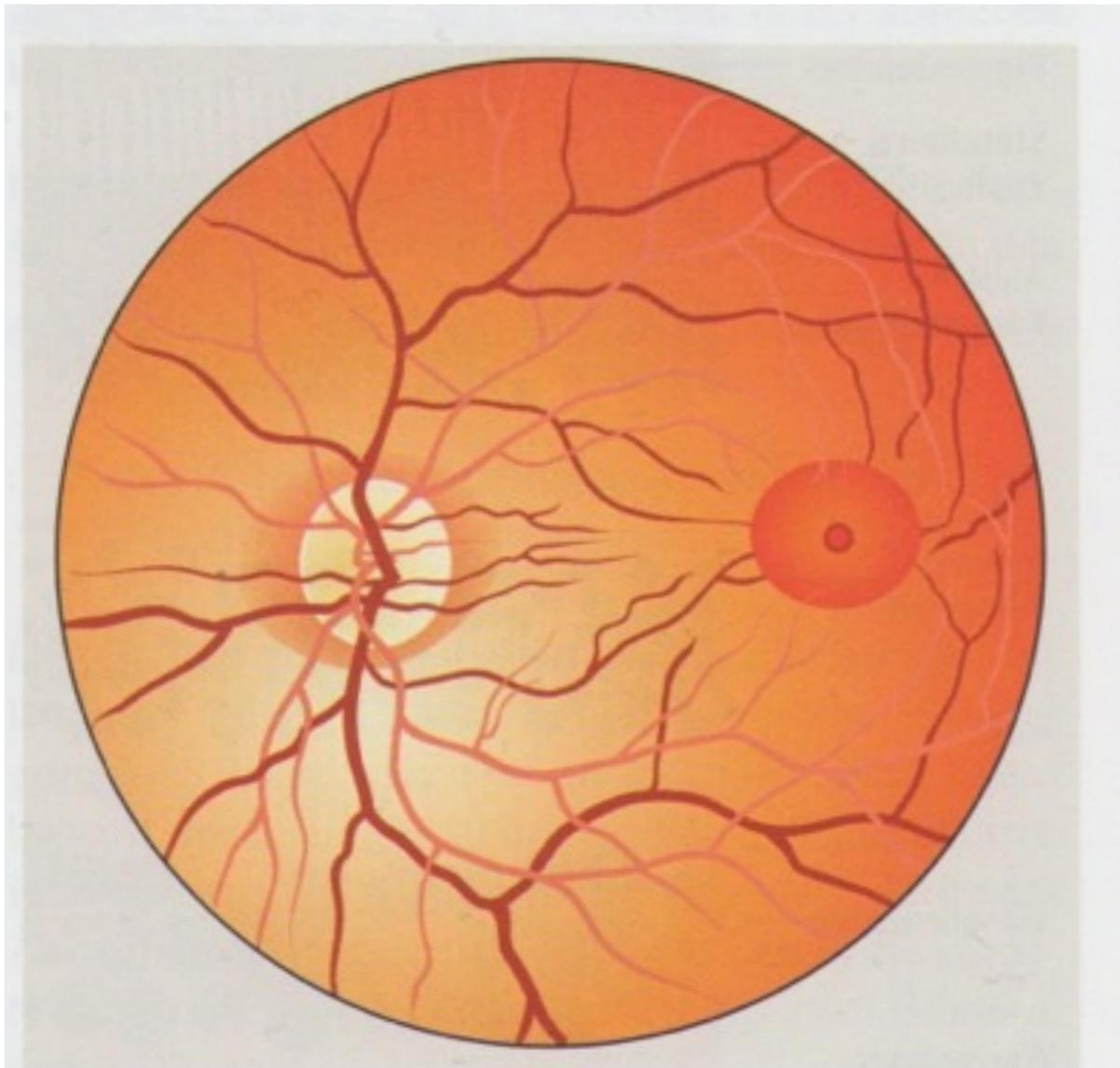


Abb. 19.4–45. Augenhintergrund eines rechten Auges (im umgekehrten Spiegelbild). Links: Papilla nervi optici; Arterien hellrot, Venen dunkelrot; rechts: Macula lutea mit Fovea centralis

Rezeptoren der Netzhaut

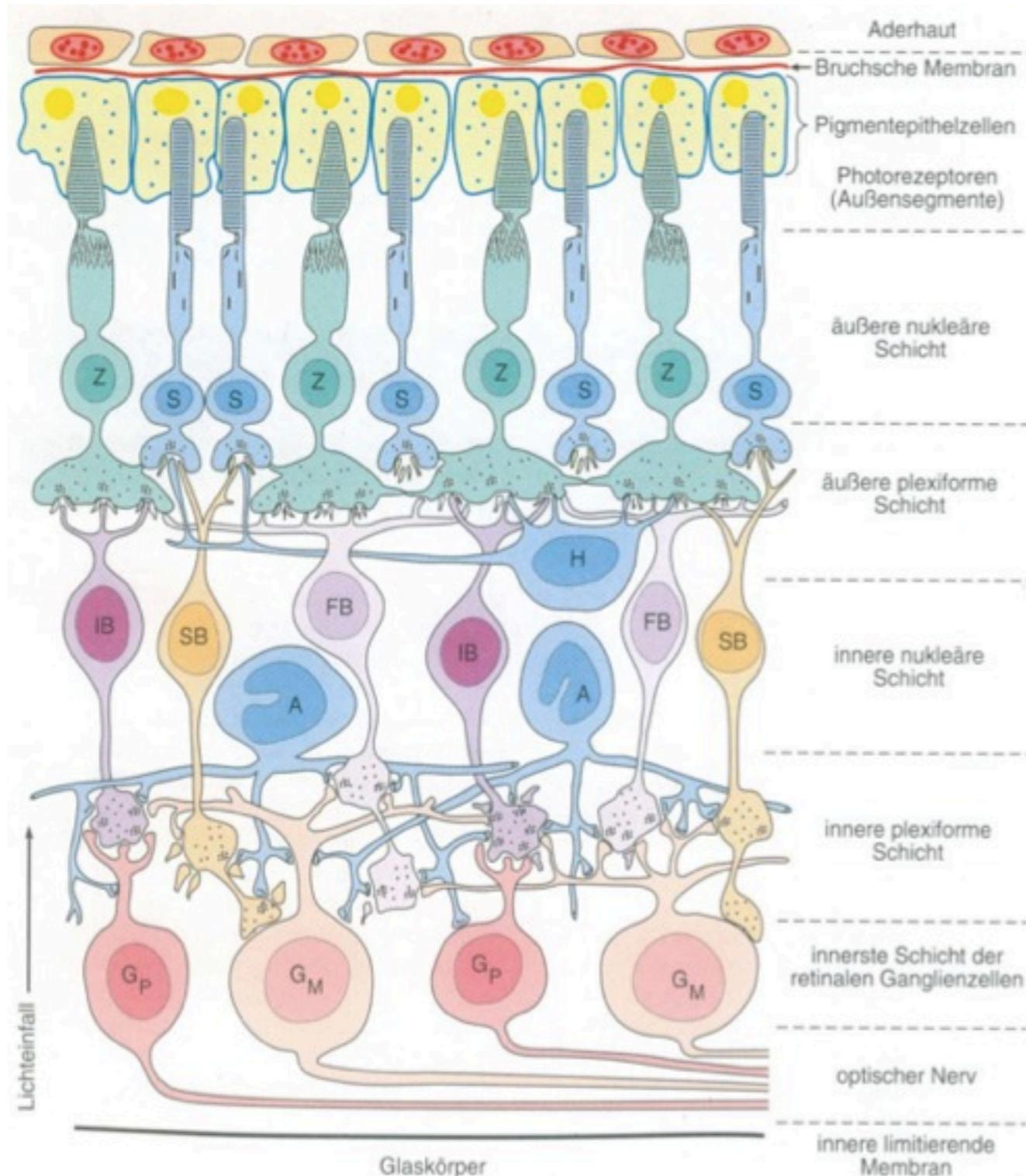
Stäbchen:

- > 120 Millionen
- va. peripheren Sehen (max. 20°)
- Graustufen, geringe Helligkeit
- max. Empfindlichkeit 555nm (grün)

Zapfen:

- ca. 6-7 Mio
- va. Fovea – Farbsehen, Tagsehen
- 1 mm² auf der Netzhaut entspricht 1 cm² in 57cm Entfernung (1 Grad)

Netzhaut (*Retina*)



← mit besonderen Aufgaben

Zapfen ≈ 6 Mio
Stäbchen ≈ 120 Mio

Horizontal-Zellen

Bipolar-Zellen {
1. invaginiert
2. flach, On+Off
3. nur für Stäbchen

Amakrinen-Zellen Off-On-On-Off-On

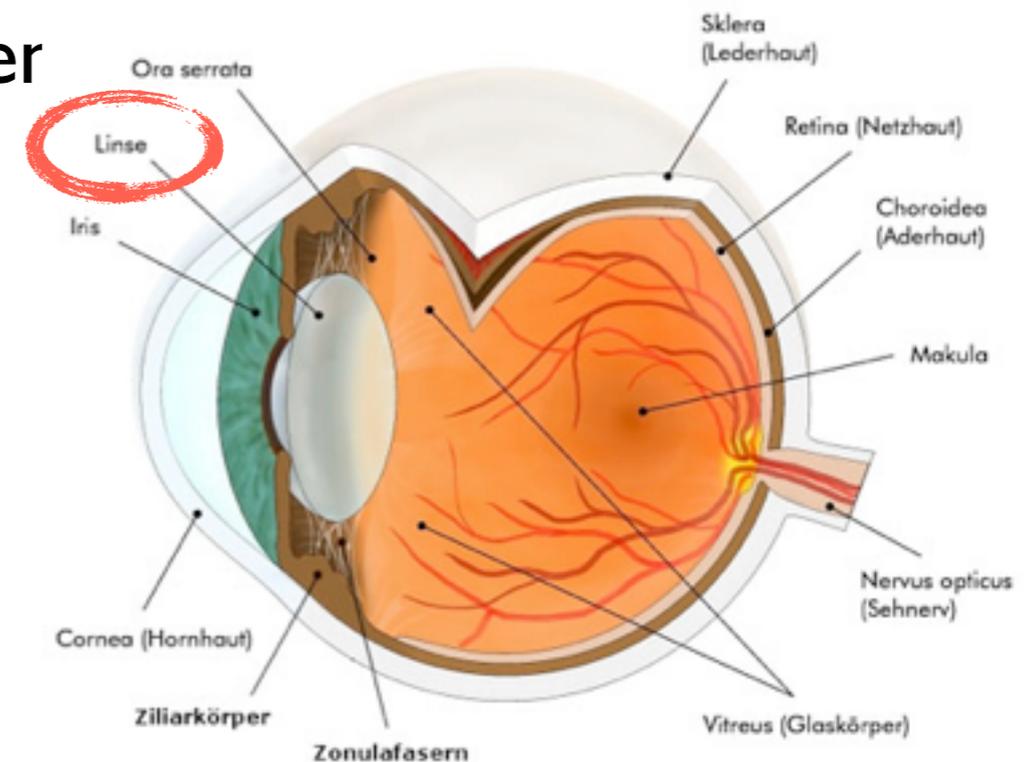
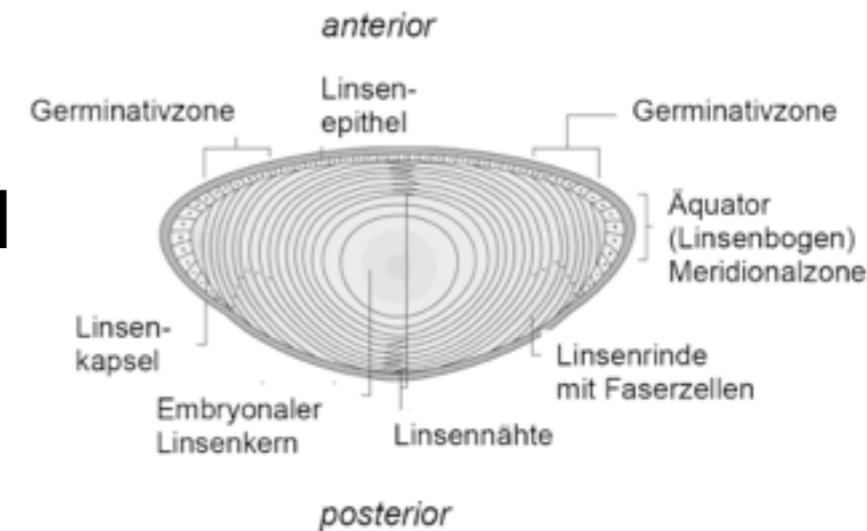
Ganglienzellen {
M-magnozellulär
→ Bewegung u. Form
P-parvozellulär
→ Rot-Grün u. 3D
K-koniozellulär
→ Blau u. Pup.-Reflex
jeweils **On+Off** ≈ 1 Mio

Müller-Gliazelle



Linse (*Lens*)

- zeitlebens verändernd! von 65 auf 250mg wachsend
 - Linsenstern
 - epitheliale Linsen-Kapsel Zonula-Fasern
 - innere + äußere embryonale u Alters-Kernzonen
 - 60% Elektrolyte + Wasser, Kristalline, Ascorbinsäure
- => Fokussierung eingefallenes Licht auf Fovea cer
=> Anpassung an Gegenstandsweite
(Akkommodation; Refraktion 19-33D)



Pathologie

Eintrübung => Katarakt (grauer Star)
Versteifung => Presbyopie

Kammerwasser (*Humor aquaeus*)

- intra-okulare Flüssigkeit
 - Sekretionsrate (aus Ciliar-Körper) $2,2 \cdot 10^{-6}$ l/min
 - Elektrolyte, Proteinarm, Metabolite (Laktat, Pyruvat, Glucose, Harnstoff)
- => Ernährung intra-okularen Epithelien
=> Konstanthaltung der Form des Bulbus (Druck 10-22mmHg)
=> lichtbrechendes Medium $n=1,336$

Pathologie

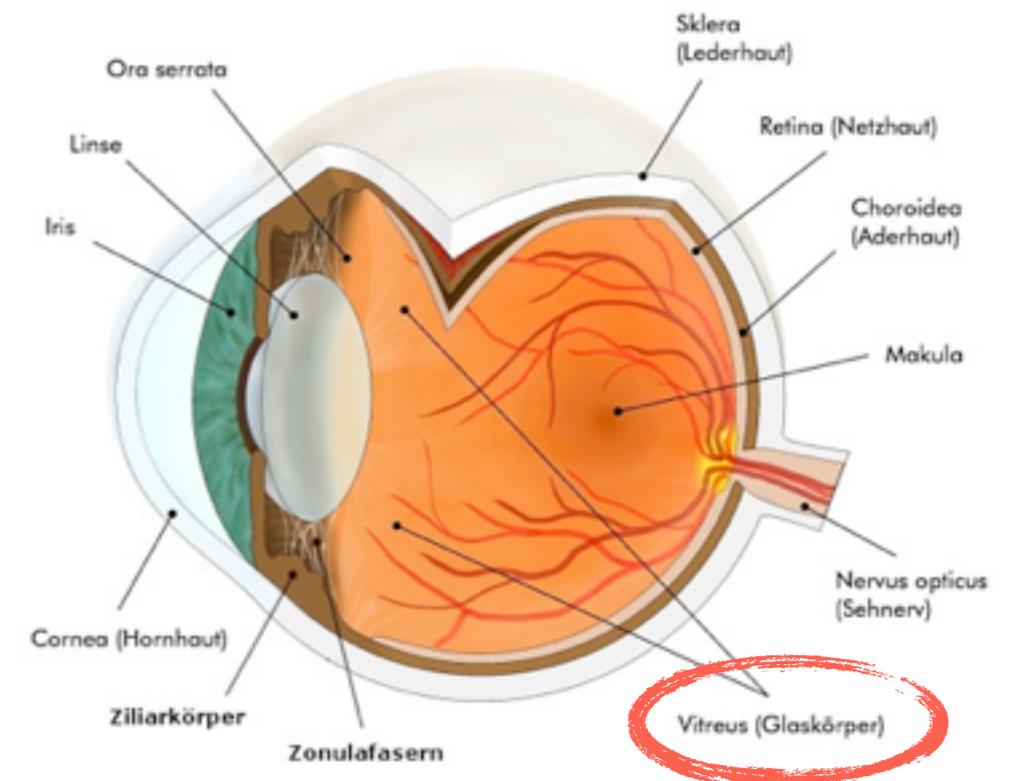
Druckanstieg => Glaukom (grüner Star)

Glaskörper (*Corpus viterum*)

- intra-okulare Gel
 - Elektrolyte, Metabolite (wie Kammerwasser)
 - Kollagen, Hyaluronsäure (Proteoglycan)
- => Zusammenhalt Augenhäute durch Anpressdruck Retina an Choroidea
=> Transport Nährstoffe, Atemgase, Stoffwechselprodukte von u zur Linse und zu den Epithelien
=> gleichmässige Druckübertragung durch inkompressibles Gel

Pathologie

Xerophthalmie (lokale Verdichtungen) => Mouches volantes



Tränen (*Lacrima*)

- Sekretionsrate 1 ml/d
- Elektrolyte, Metabolite, Proteine, Immungobuline **IgA**, Lipide, Enzyme

Funktionen

- Schutz Cornea vor Austrocknung
- Gleitmittel für Lider
- Wegspülen von Fremdkörpern
- Emotionen ausdrücken (N. trigeminus)
- Immunabwehr ;)
- Ernährung Cornea-Epithel
- Transport Atemgase
- Ausgleich von Epithelunebenheiten
- erstes Lichtbrechendes Medium $n=1,337$

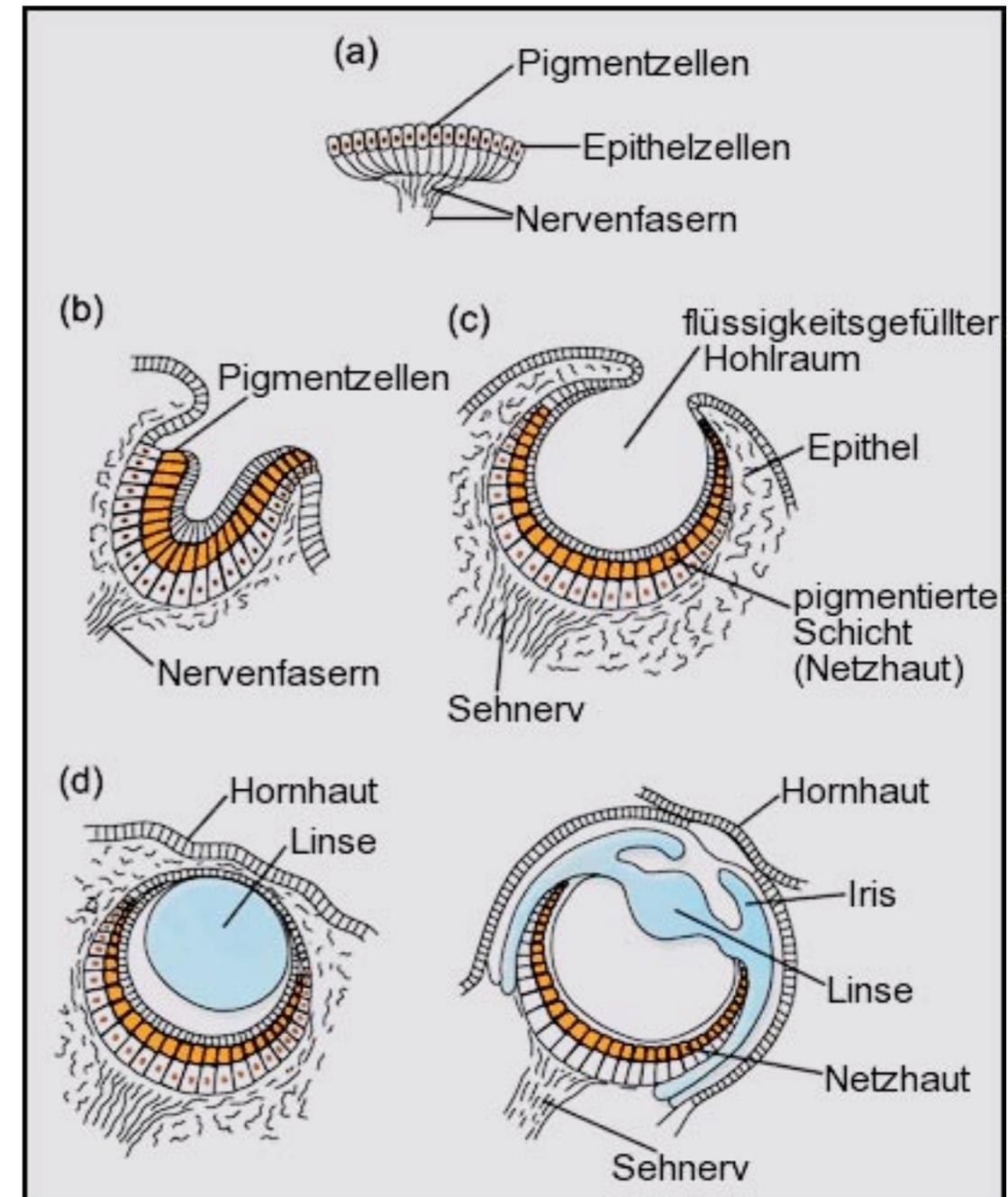
Pathologie
reduzierte Produktion
(β -Blocker)
=> Austrocknung Cornea

Augenentwicklung

Phase 1: Ausbuchtung des Gehirns und Bildung der optischen Vesikel (4. Woche)

Phase 2: Einstülpung des Oberflächenektoderms, Umformung des Vesikels zum optischer Becher, Entstehung der Linsenplakode u Bildung inneren + äußeren Retinaschicht (5. Woche)

Phase 3: Formierung von Linse, Glaskörper + Hornhaut; Trennung Linsenkörper (6. Woche)



Physiologie des Auges

Dioptrik

abbildende System:

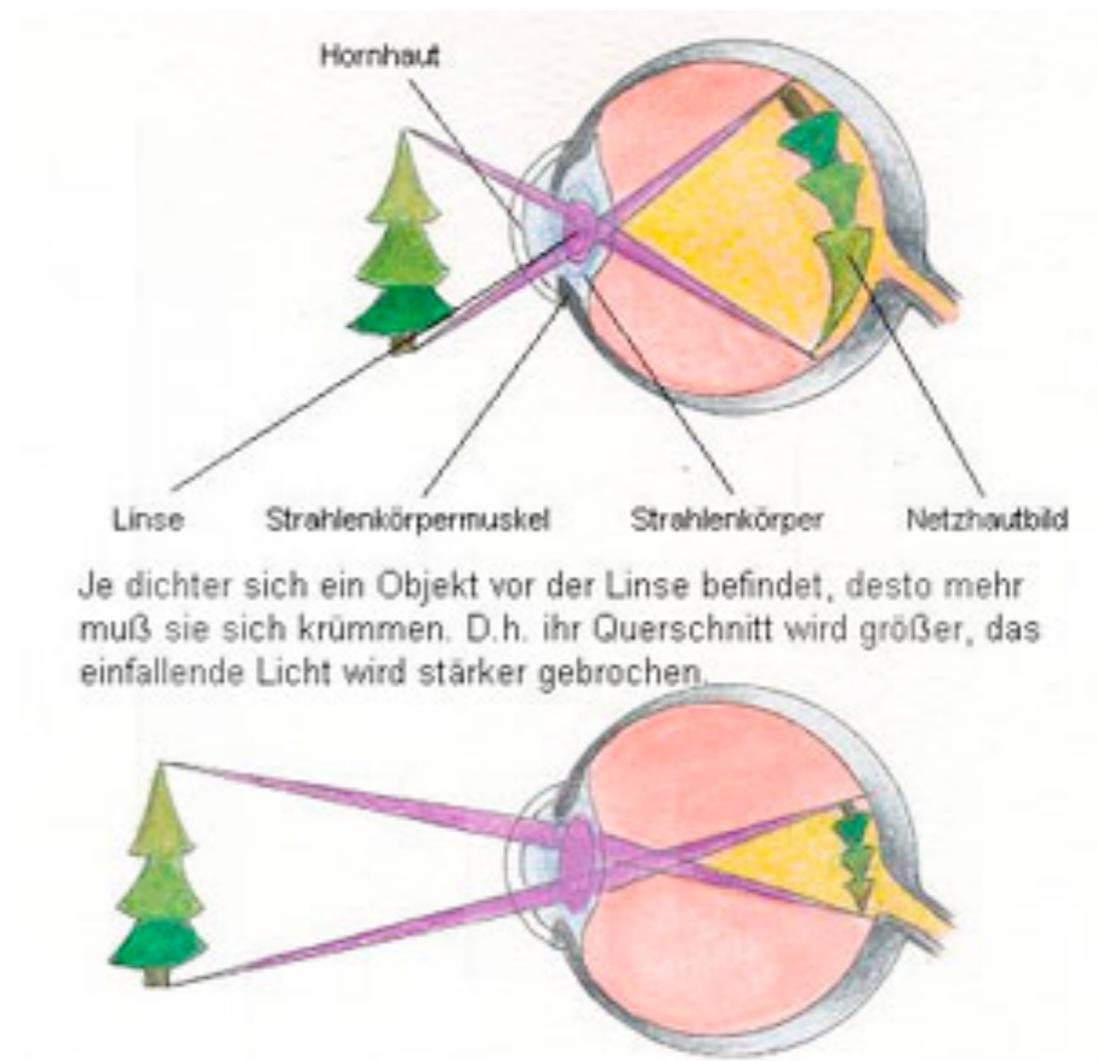
reeles, umgekehrtes, verkleinertes Bild (Brechung verschiedene Medien)

Medium	Brechungsindex
Luft	1,00
Hornhaut	1,38
Kammerwasser	1,34
Linsenkern	1,41
Glaskörper	1,34

Brechkraft D (dpt) = $1 / \text{Brennweite (m)}$

Gesamtbrechkraft 59dpt (17mm)

- > Luft/HH 49dpt
- > HH Hinterfläche -6dpt
- > Linse 16dpt (grauer Star: Trübung)



Akkommodation

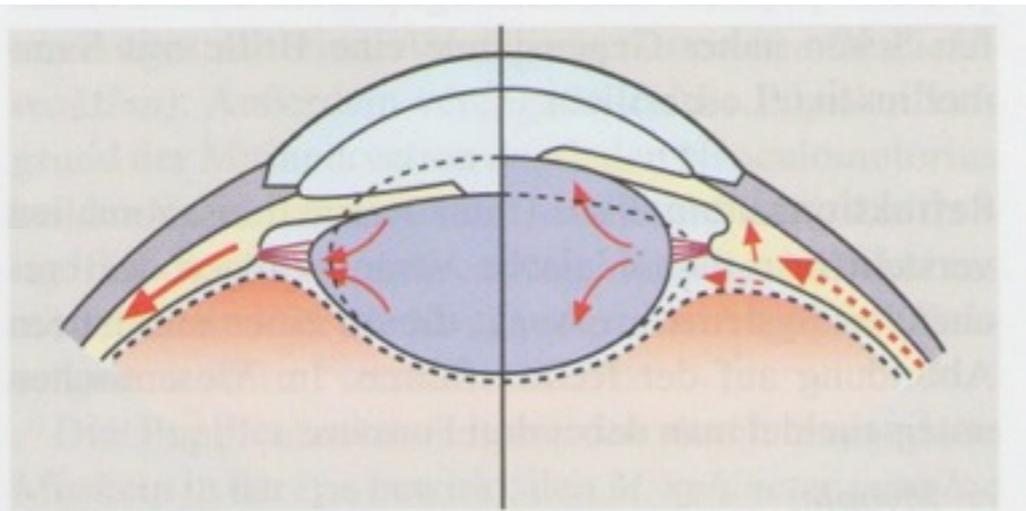


Abb. 19.4–47. Schema zur Erläuterung der Akkommodation. *Links*: Fernakkommodation (Akkommodationsruhe); *rechts*: Nahakkommodation. Die ausgezogenen Pfeile geben die Zugrichtung der aktiven elastischen bzw. kontraktile Elemente, die gestrichelten Pfeile die der passiven Bewegungen an

Fernakkommodation:
Muskel nicht kontrahiert,
Zonulafasern durch elastischen Zug
gespannt, Linse flach
ab 5m

> parasymphatisch: N. oculomotorius

Akkommodation

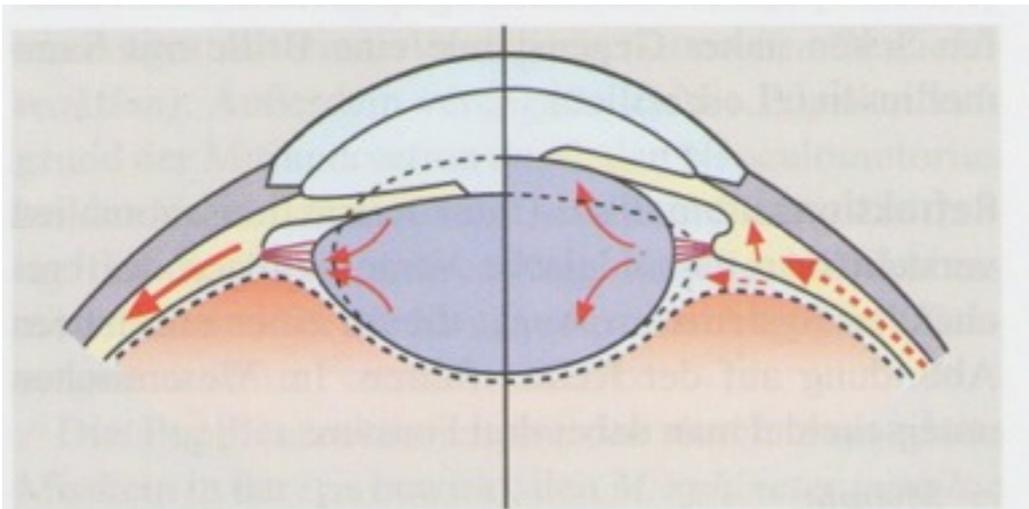
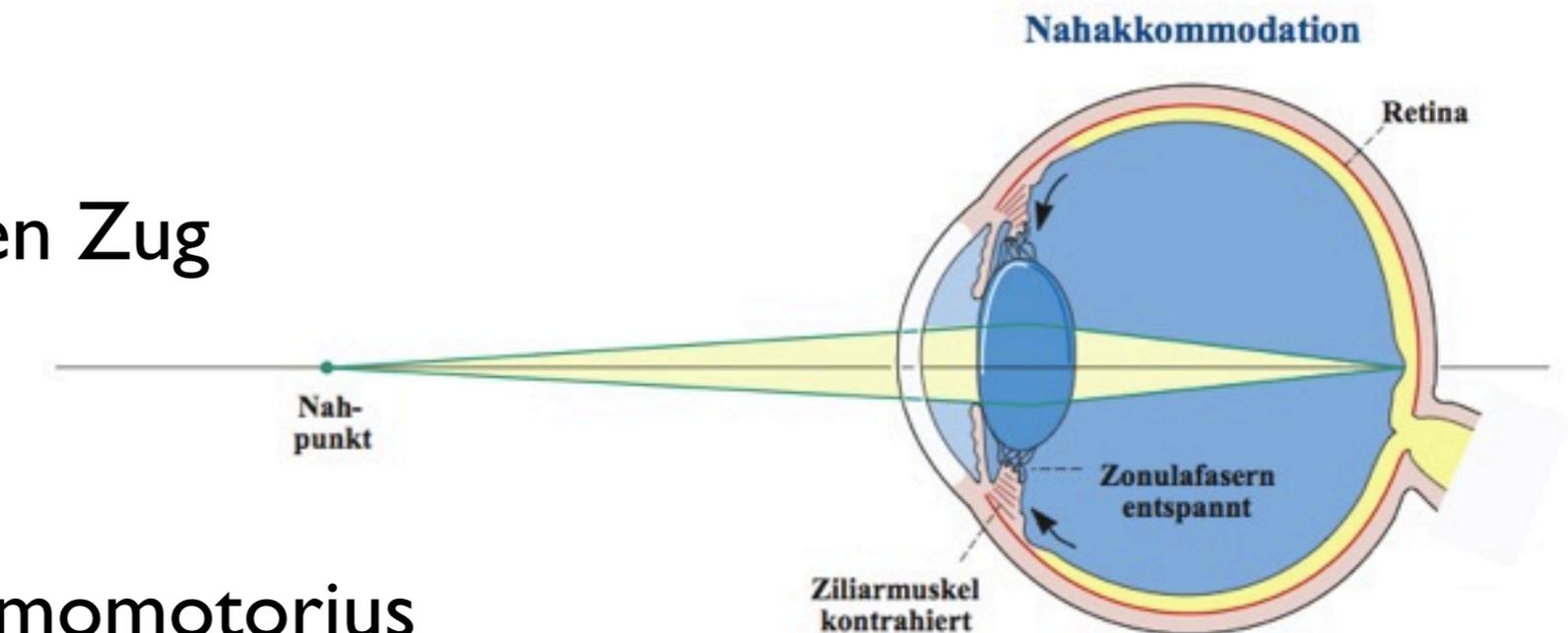
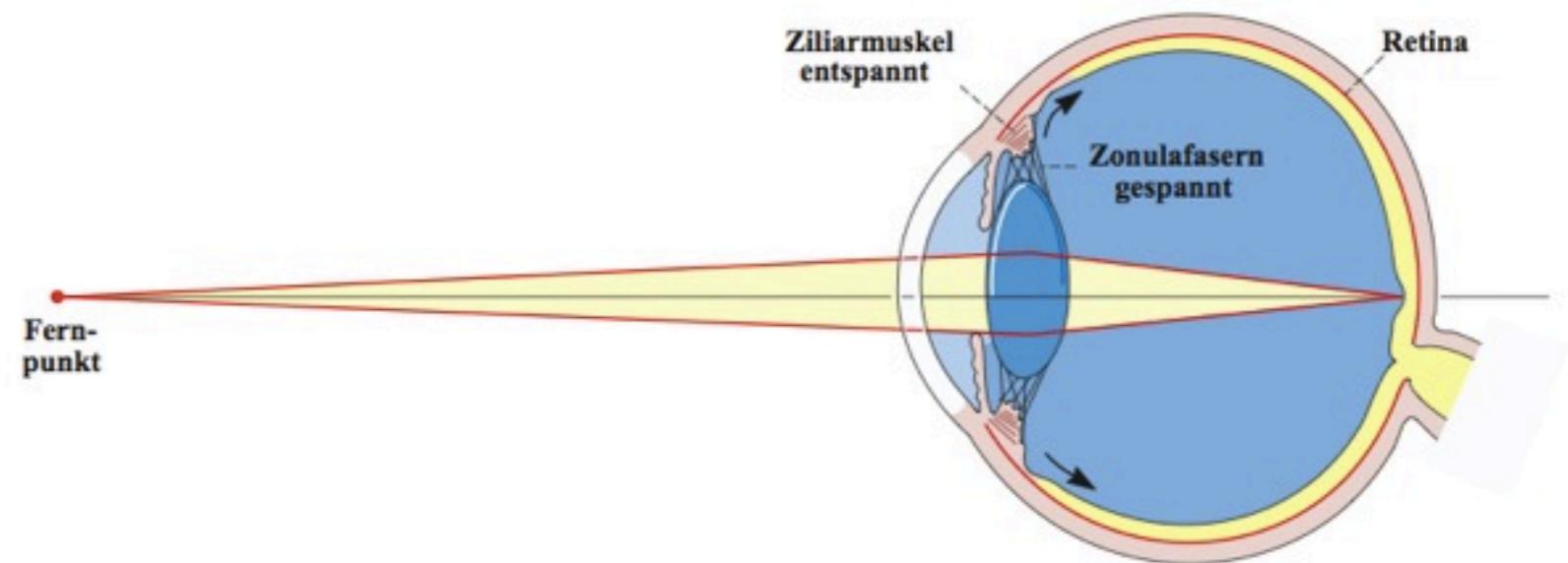


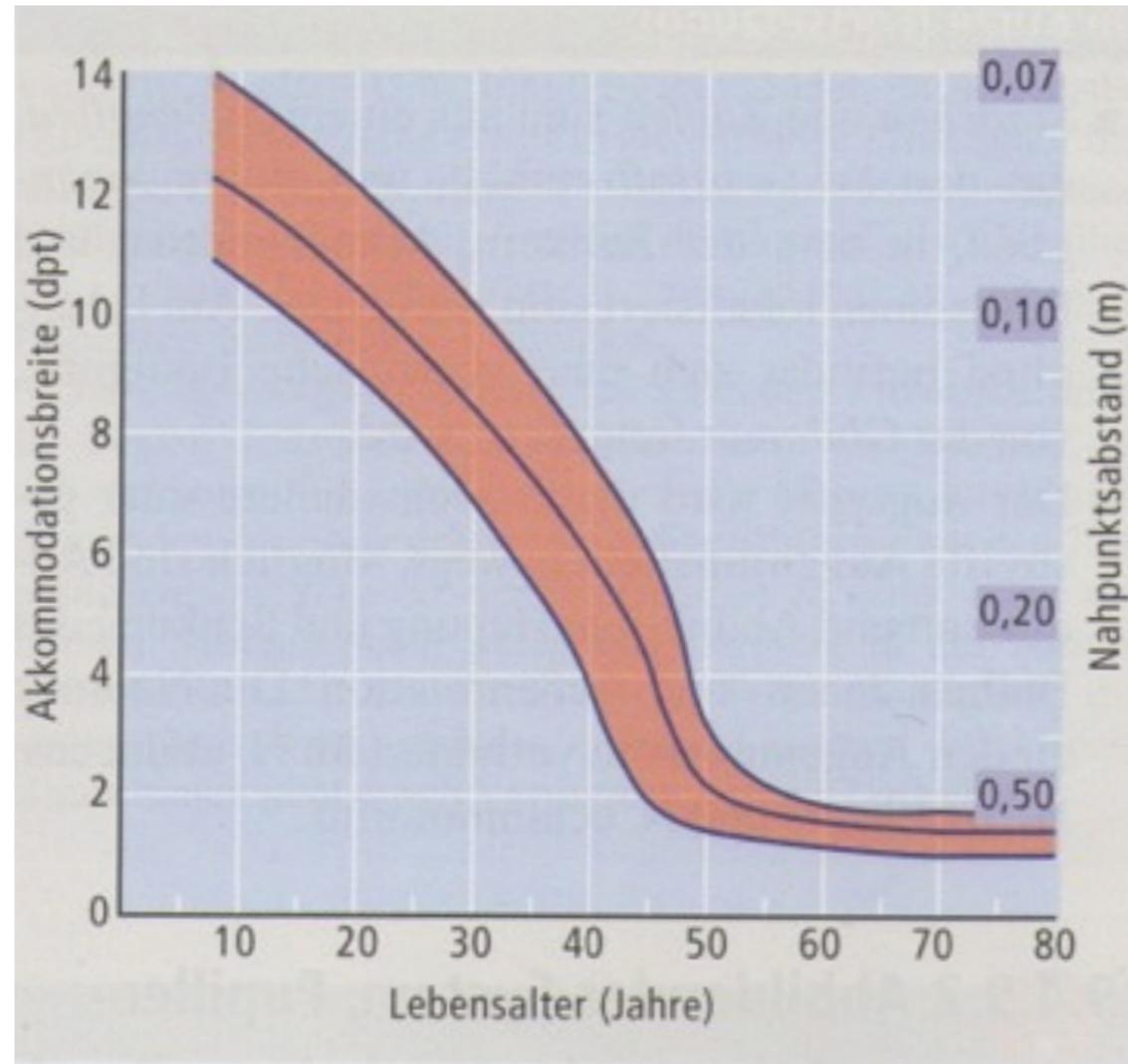
Abb. 19.4-47. Schema zur Erläuterung der Akkommodation. Links: Fernakkommodation (Akkommodationsruhe); rechts: Nahakkommodation. Die ausgezogenen Pfeile geben die Zugrichtung der aktiven elastischen bzw. kontraktile Elemente, die gestrichelten Pfeile die der passiven Bewegungen an



Fernakkommodation:
Muskel nicht kontrahiert,
Zonulafasern durch elastischen Zug
gespannt, Linse flach
ab 5m

> parasympathisch: N. oculomotorius

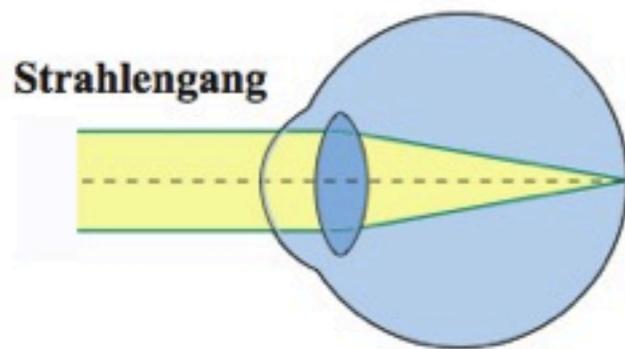
Akkommodation



**Akkommodationsbreite
u Nahpunktstand
nimmt mit dem Lebensalter ab!**

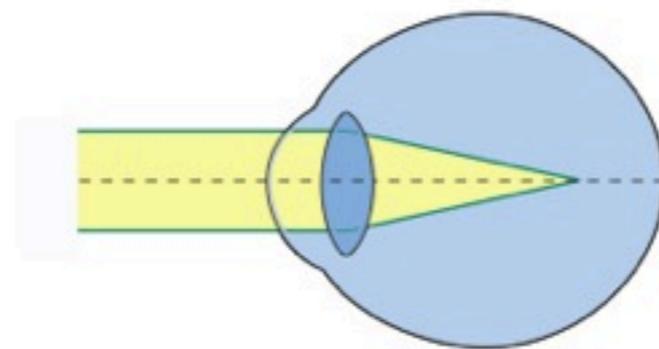
Refraktionsanomalien

emmetrop
(normalsichtig)

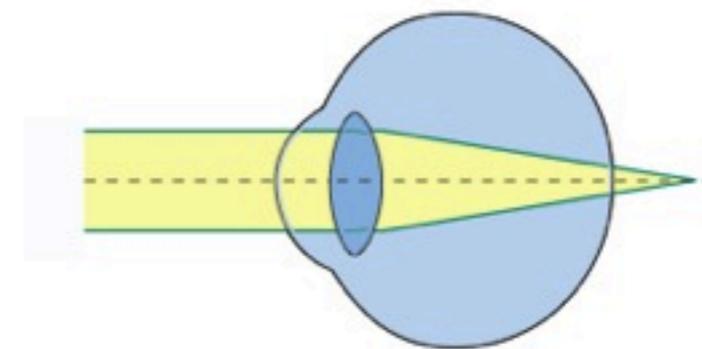


Akkommodationsbereich
(Bereich des scharfen Sehens)

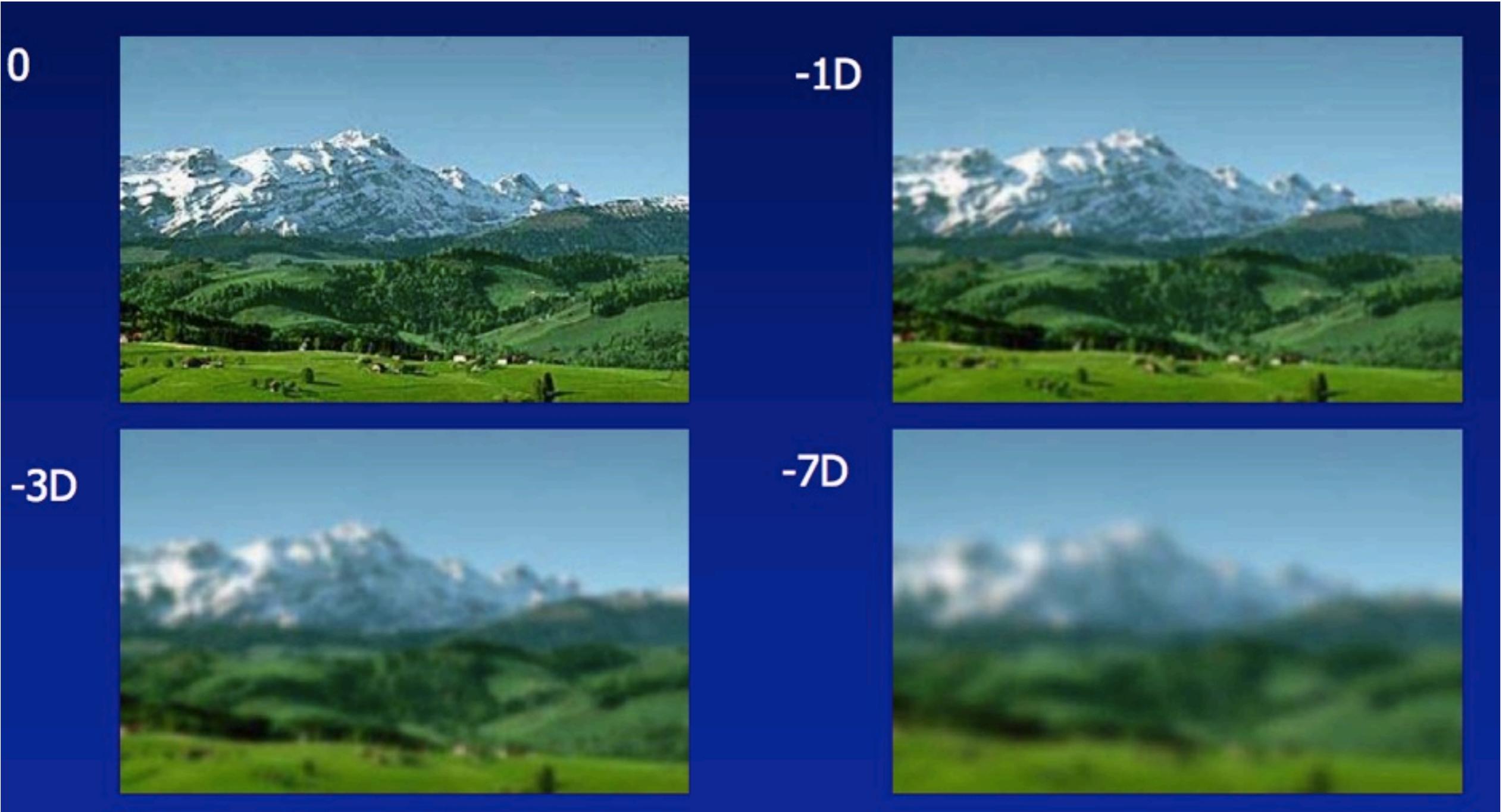
myop
(kurzsichtig)



hyperop
(weitsichtig)

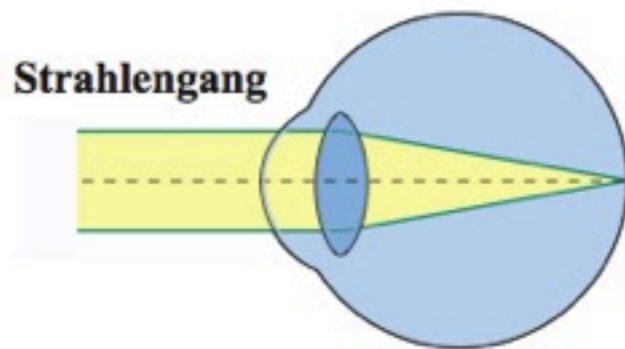


Refraktionsanomalien



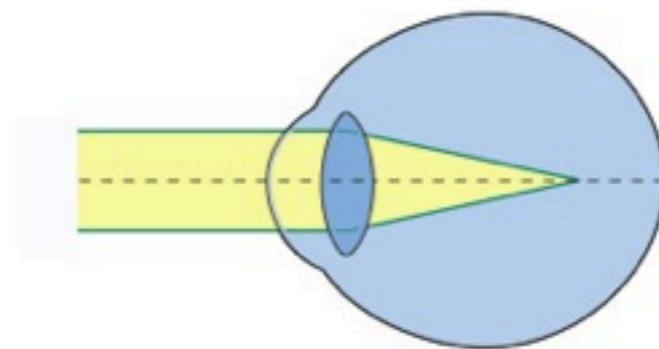
Refraktionsanomalien

emmetrop
(normalsichtig)

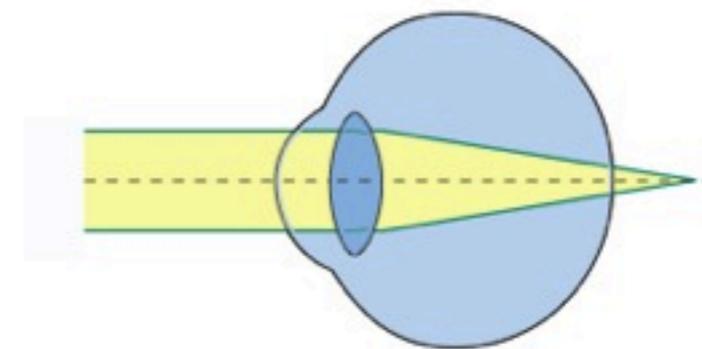


Akkommodationsbereich
(Bereich des scharfen Sehens)

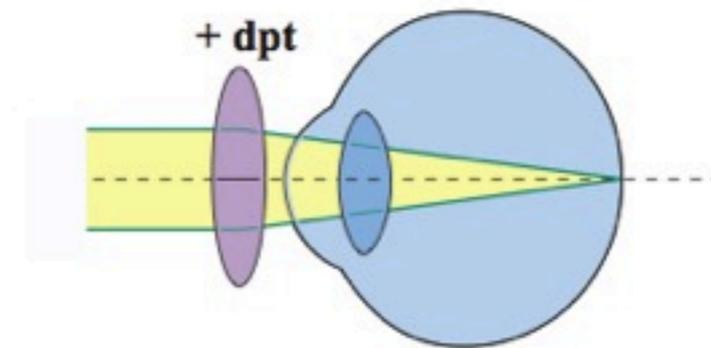
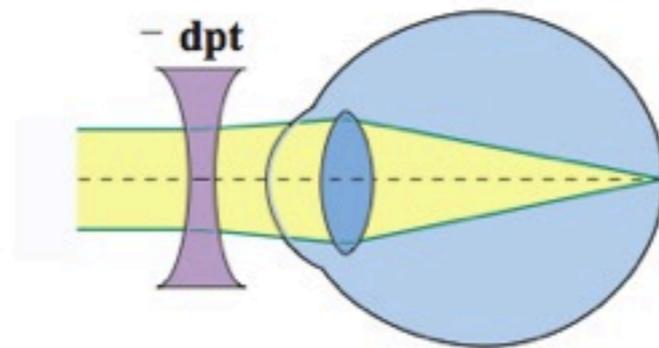
myop
(kurzsichtig)



hyperop
(weitsichtig)

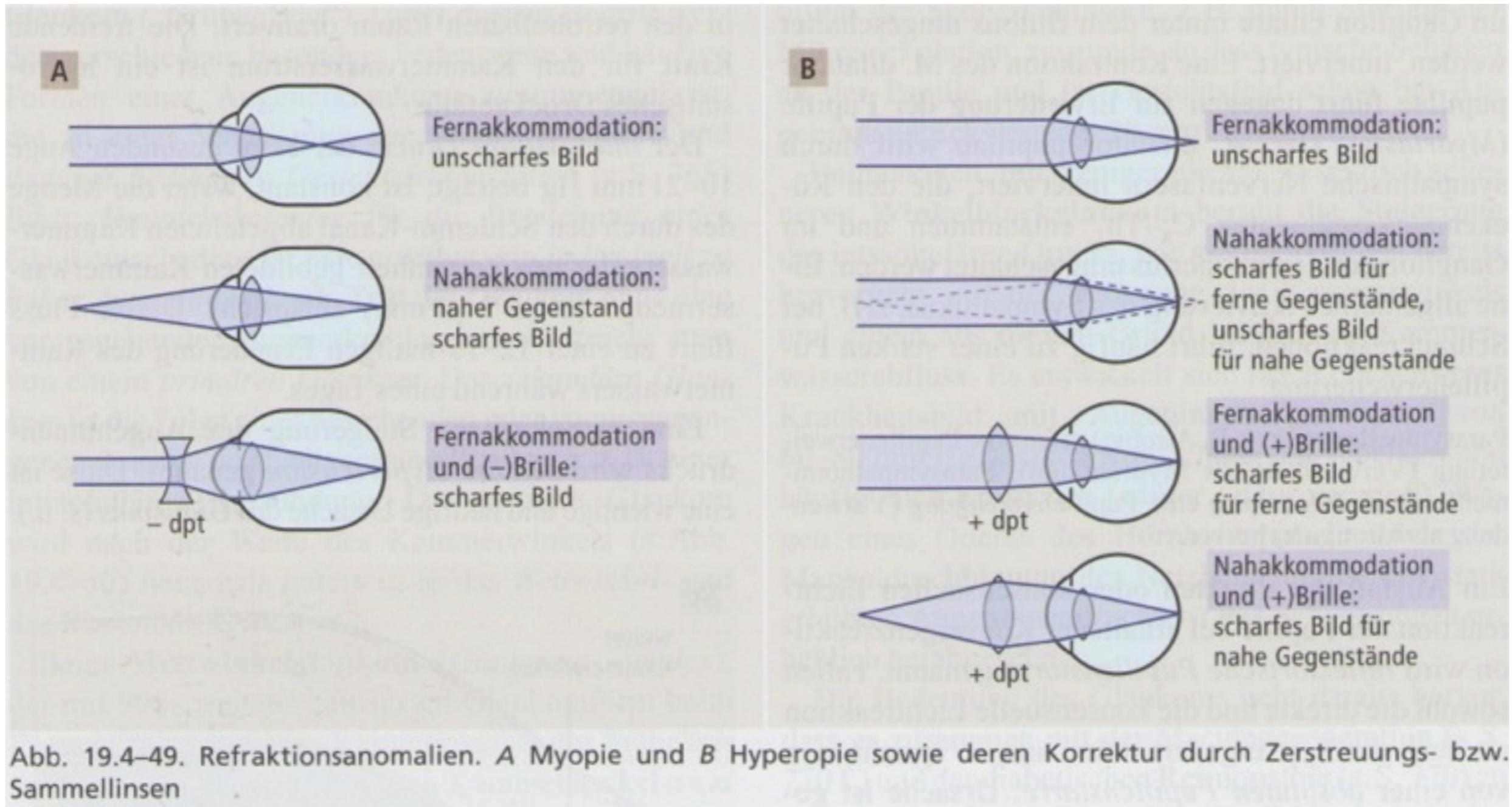


korrigiert

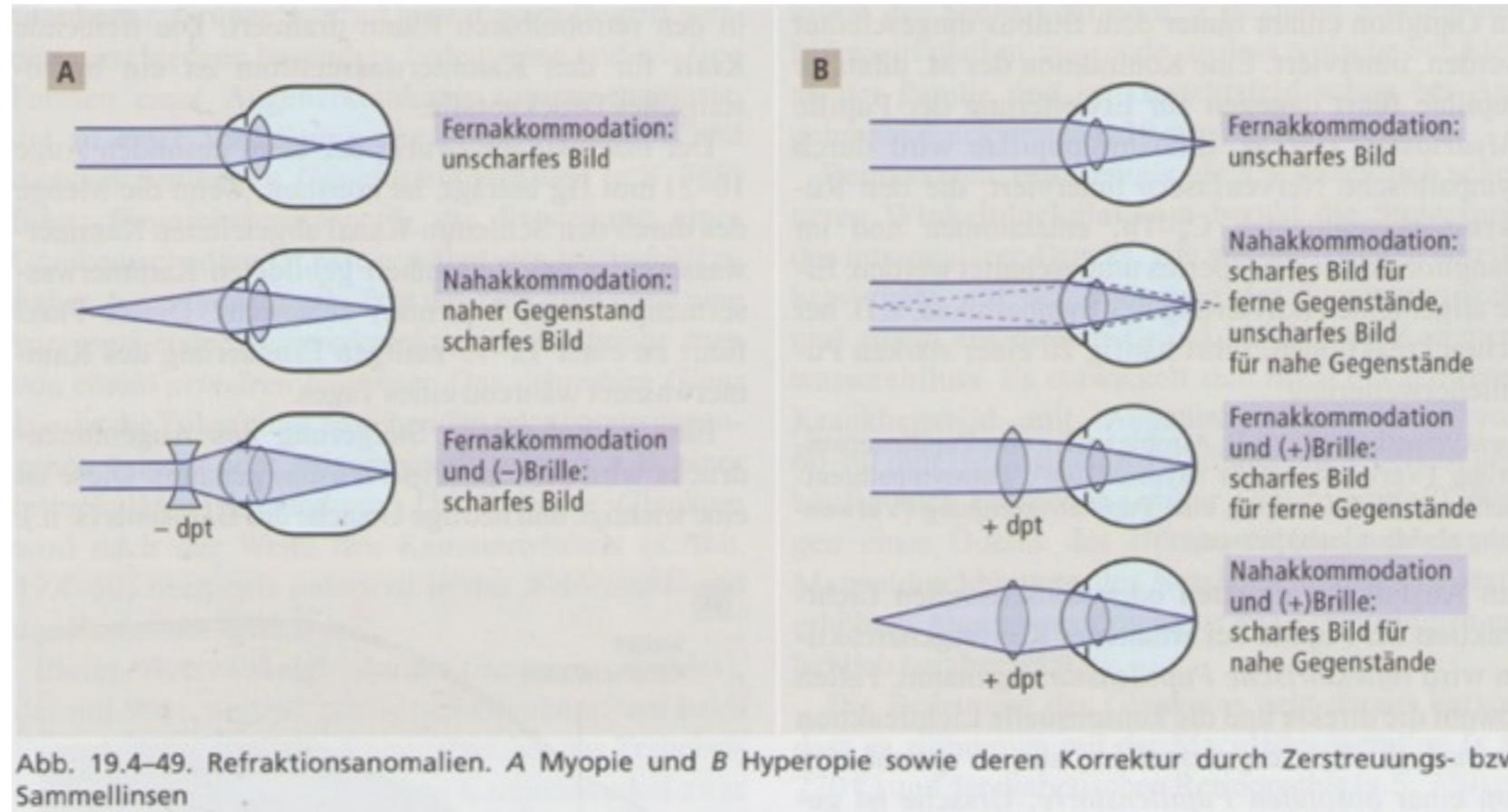


41 Millionen Deutsche
brauchen eine Brille!

Refraktionsanomalien



Refraktionsanomalien



Myopie - Brille: sphärische Zerstreuungslinse

Hyperopie + Brille: Sammellinse

Presbytop

HH Krümmungszylinder/ Kontaktlinsen (irregulär)

Helligkeit & Anpassung

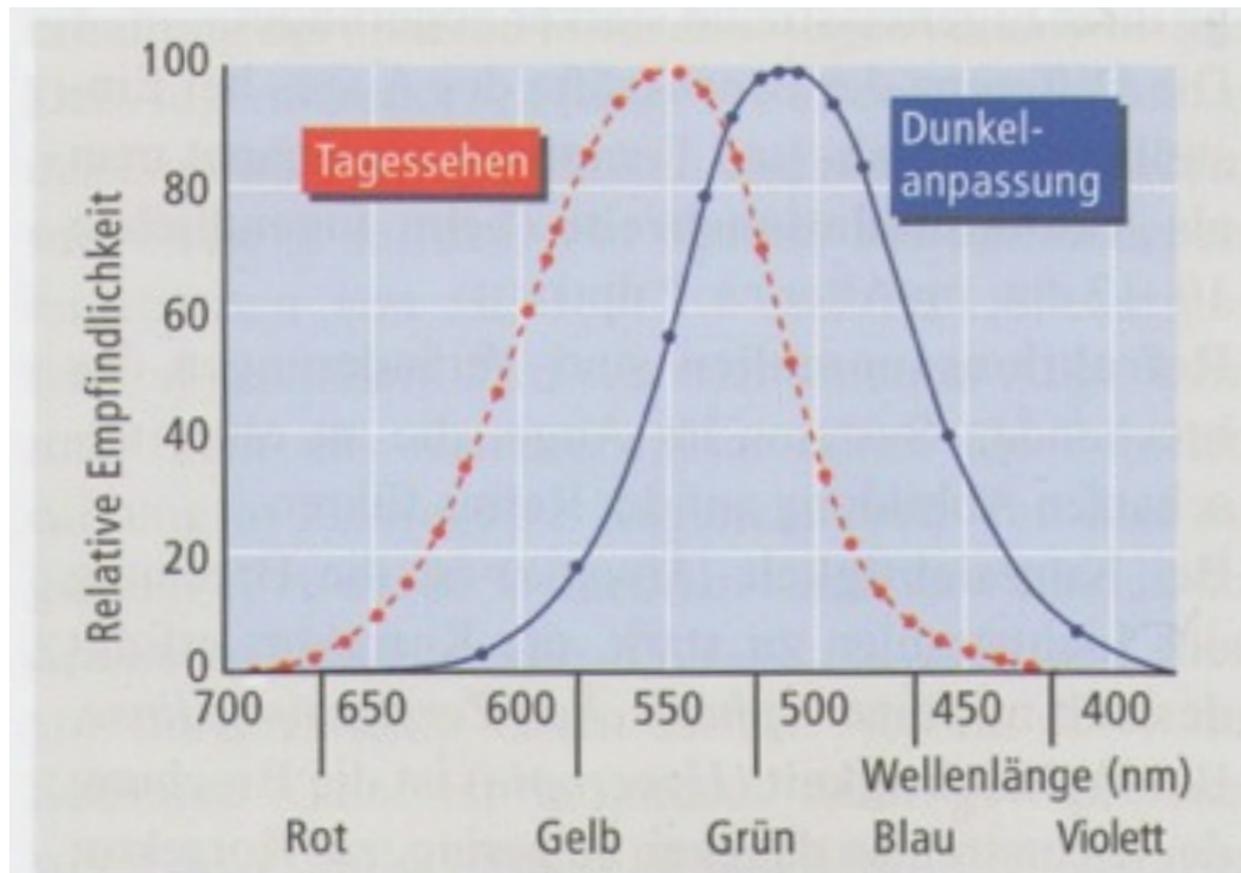


Abb. 19.4–51. Photopische und skotopische Helligkeitskurve

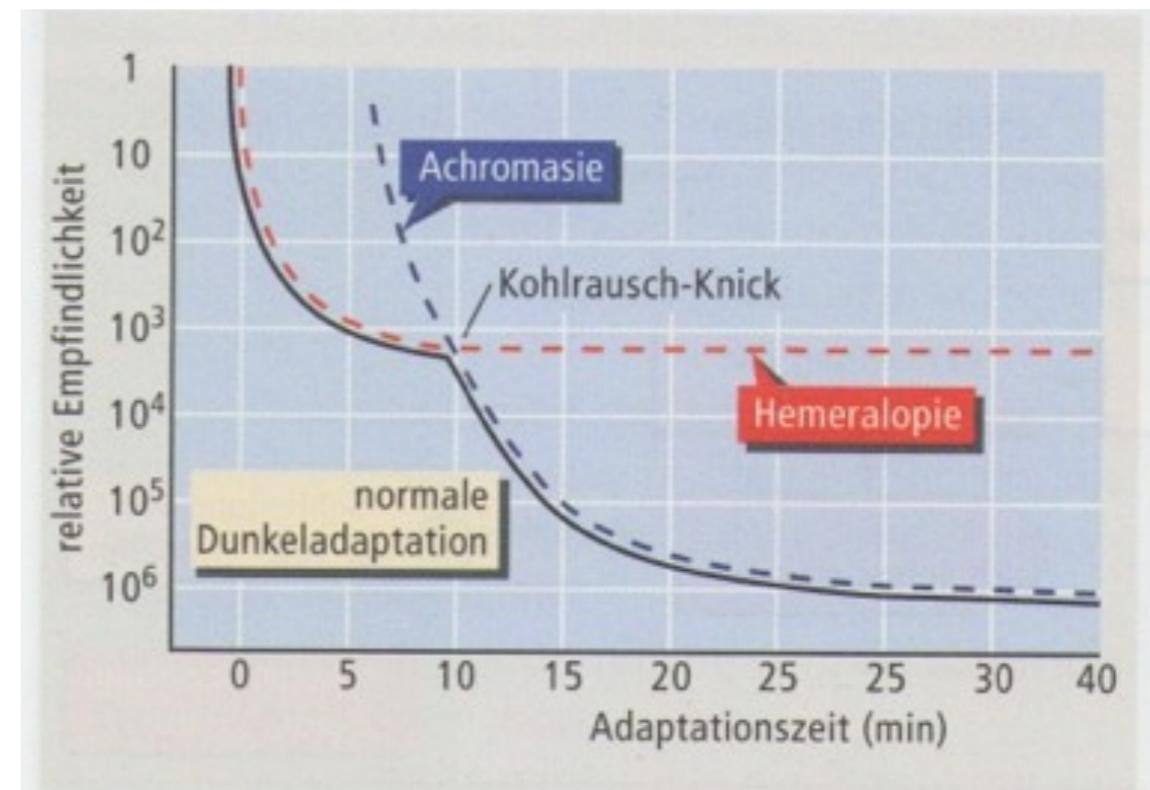


Abb. 19.4–53. Dunkeladaptationskurve für das gesunde Auge sowie bei Hemeralopie (Nachtblindheit) und Achromasie (totaler Farbblindheit, s. S. 764); im letzteren Fall beginnt die Adaptationsmessung bei $t = 6$ min

Helligkeit & Anpassung

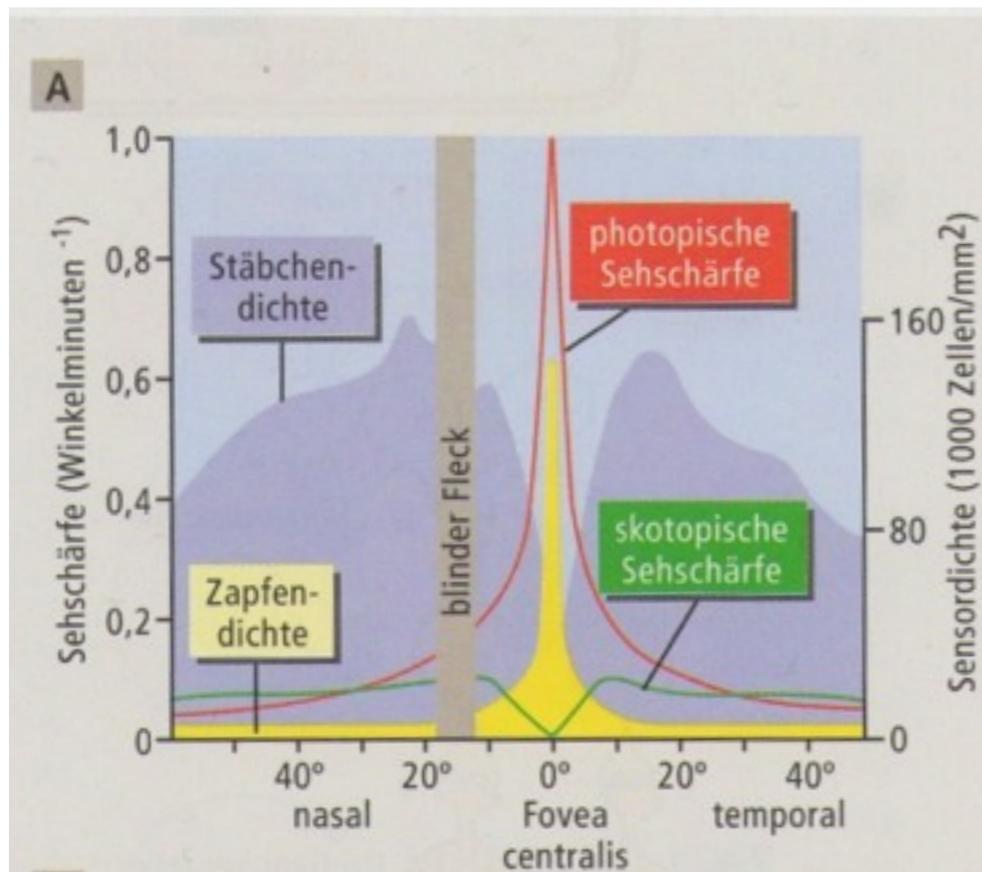


Abb. 19.4–58. A Photopische und skotopische Sehschärfe in Abhängigkeit vom jeweiligen Ort im Gesichtsfeld, der auf eine entsprechende Zone der Retina (Abweichung in Grad von der Fovea centralis) abgebildet wird. Die Sehschärfe hat bei photopischem (Tageslicht-)Sehen ihr Maximum, bei skotopischem (Dämmerungs-)Sehen ihr Minimum in der Fovea centralis und hängt u. a. von der Dichte der Zapfen (*gelb*) bzw. der Stäbchen (*dunkelblau*) ab. B Prinzip der Sehschärfebestimmung mit Hilfe des Landolt-Rings

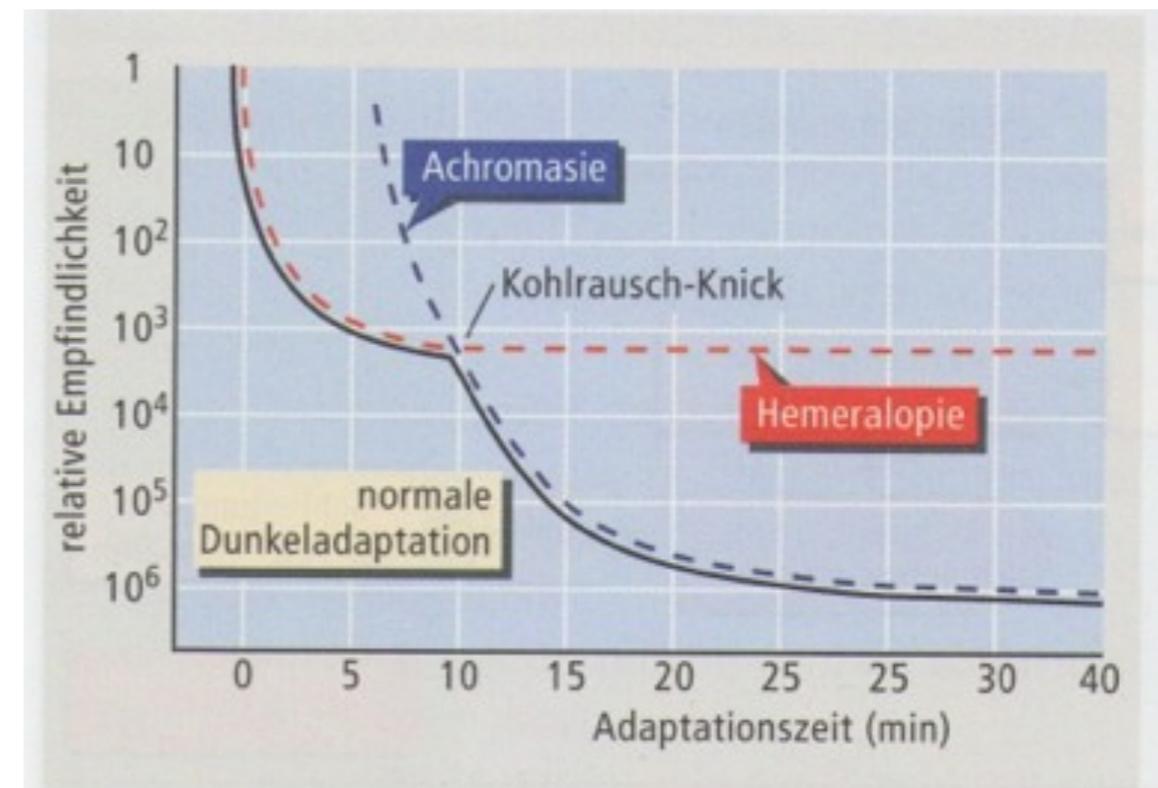


Abb. 19.4–53. Dunkeladaptationskurve für das gesunde Auge sowie bei Hemeralopie (Nachtblindheit) und Achromasie (totaler Farbblindheit, s. S. 764); im letzteren Fall beginnt die Adaptationsmessung bei $t = 6$ min

Dunkeladaptation

1. Umschaltung photopischen (Zapfen) --> skotopisches (Stäbchen) Sehen (Verlust des Farbsehens, Verringerung des Visus, Verschiebung des Empfindlichkeitsmaximums zu kürzeren Wellenlängen)
2. Pupillenerweiterung Mydriasis
3. Einlagerung von mehr Vitamin A (Leber) in Retina Dauer 40 – 120 min
4. Vergrößerung der Zentren der rezeptiven Felder (Verslechterung der Kontrastwahrnehmung)
5. Verlängerung der Zeit für Summation von Photonen (schlechteres zeitliches Auflösungsvermögen, geringere Flimmerfusionsfrequenz)

Pupillenreaktion

Pupillenreaktion

Miosis:

M. sph. pup --> Pupille enger, parasymphatisch

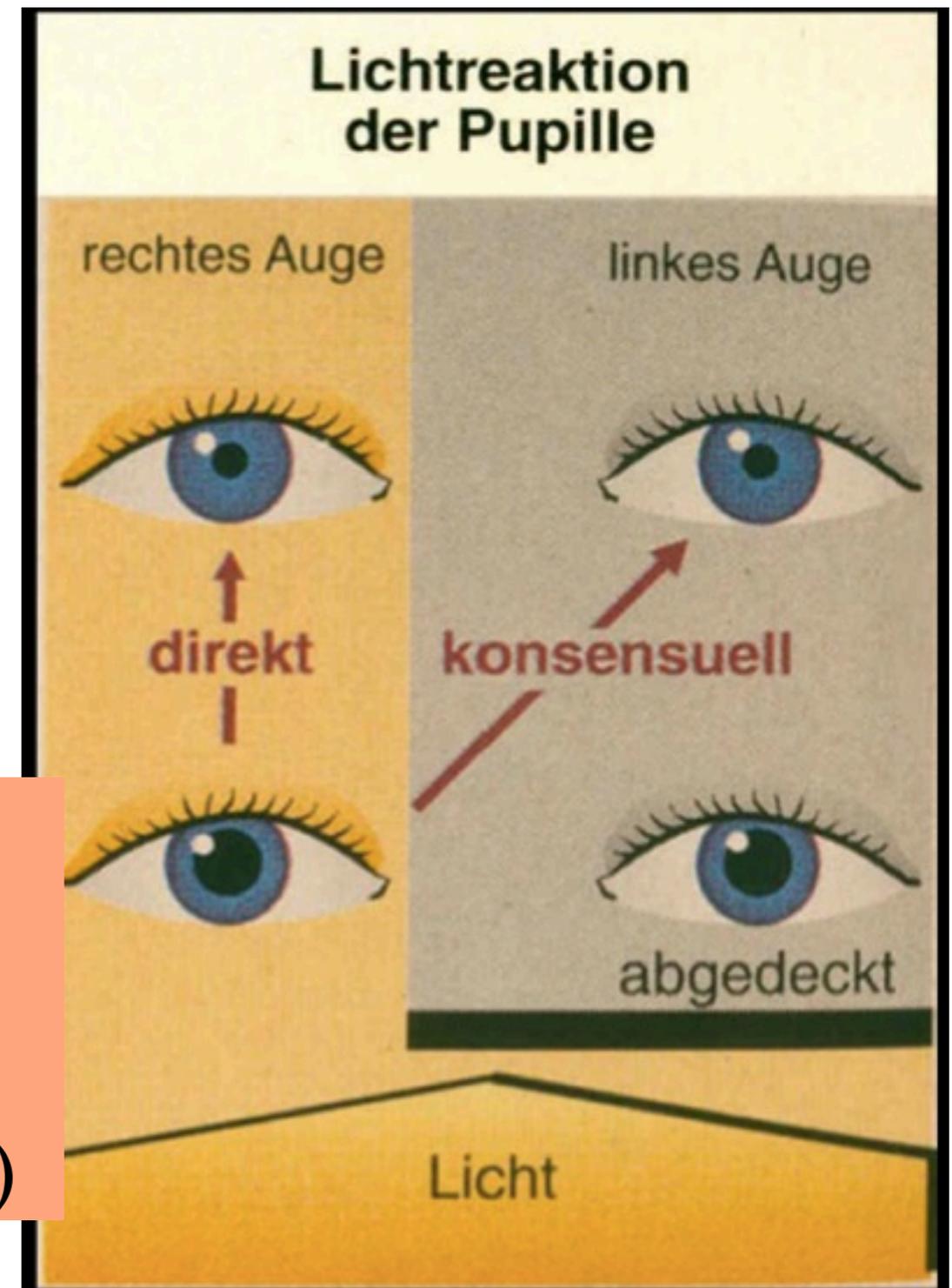
Mydriasis

M. dilat. pip--> Pupille weiter; sympathisch

Pathologie

Horner Syndrom (Ausfall Sympathikus):

- >Miosis (Verengung Pupille),
- >Ptosis (Lidhängen),
- >Endophthalmus (Augapfel in Orbita zurück)



Signalverarbeitung Retina

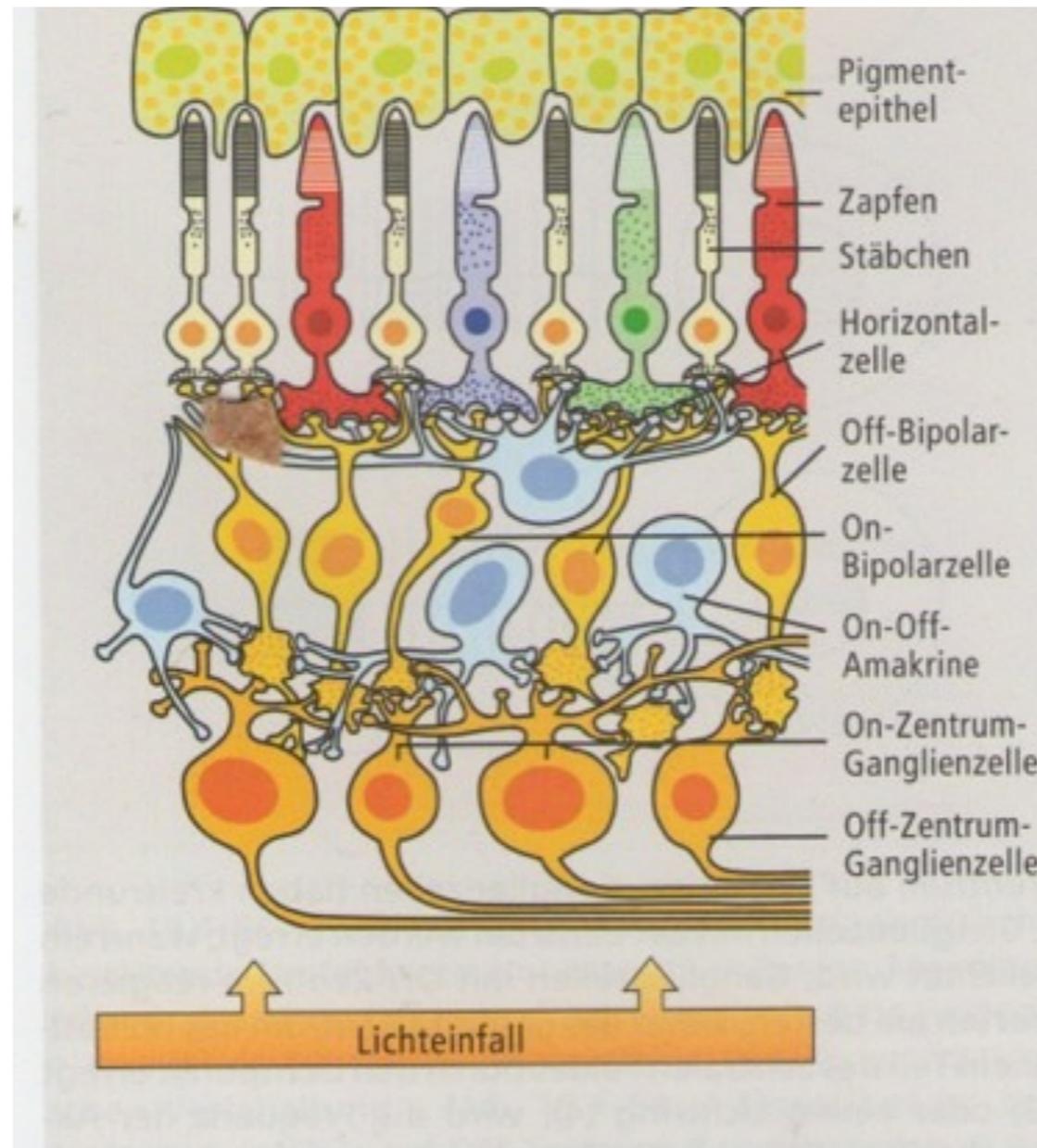


Abb. 19.4-54. Verschaltung der Zapfen und Stäbchen und der Neurone in der Retina. Die Axone der Ganglienzellen verlassen das Auge als N. opticus.

Rezeptive Felder

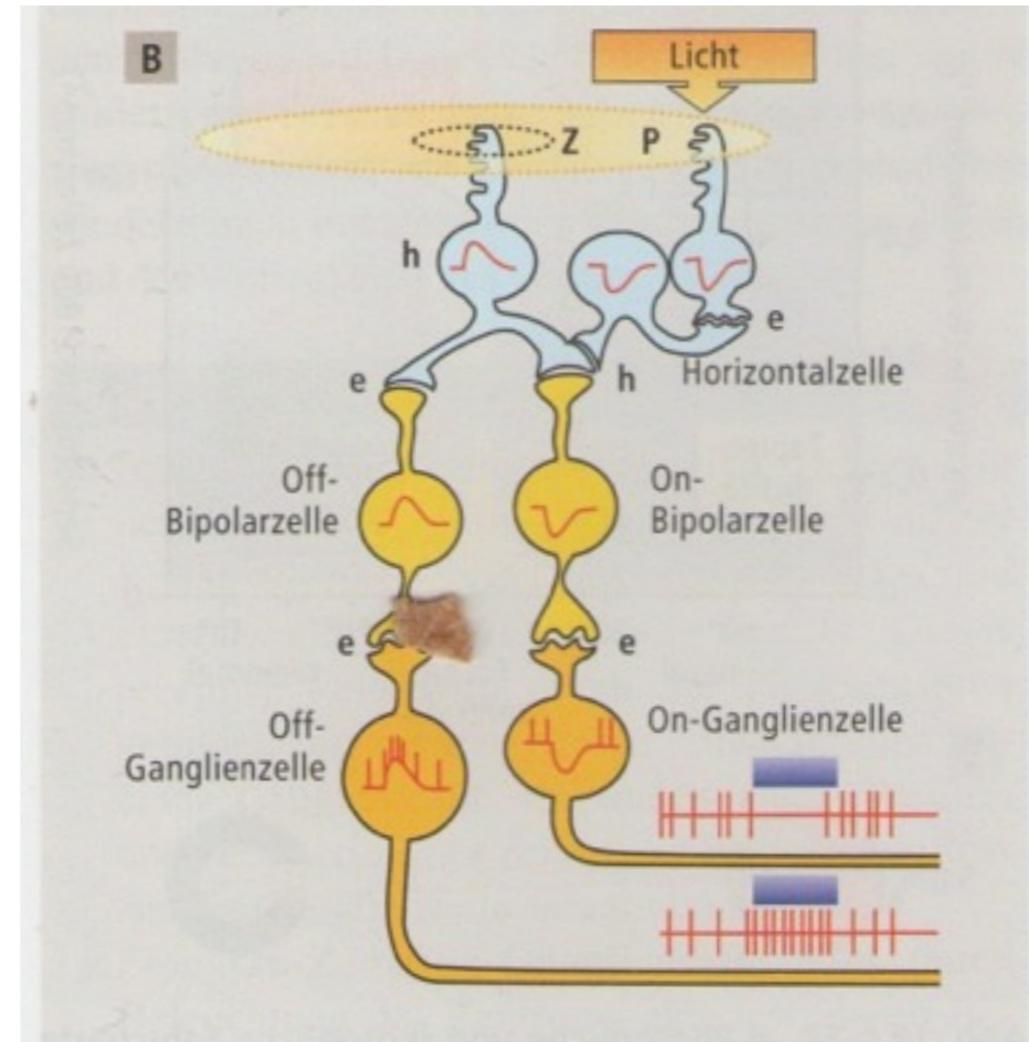
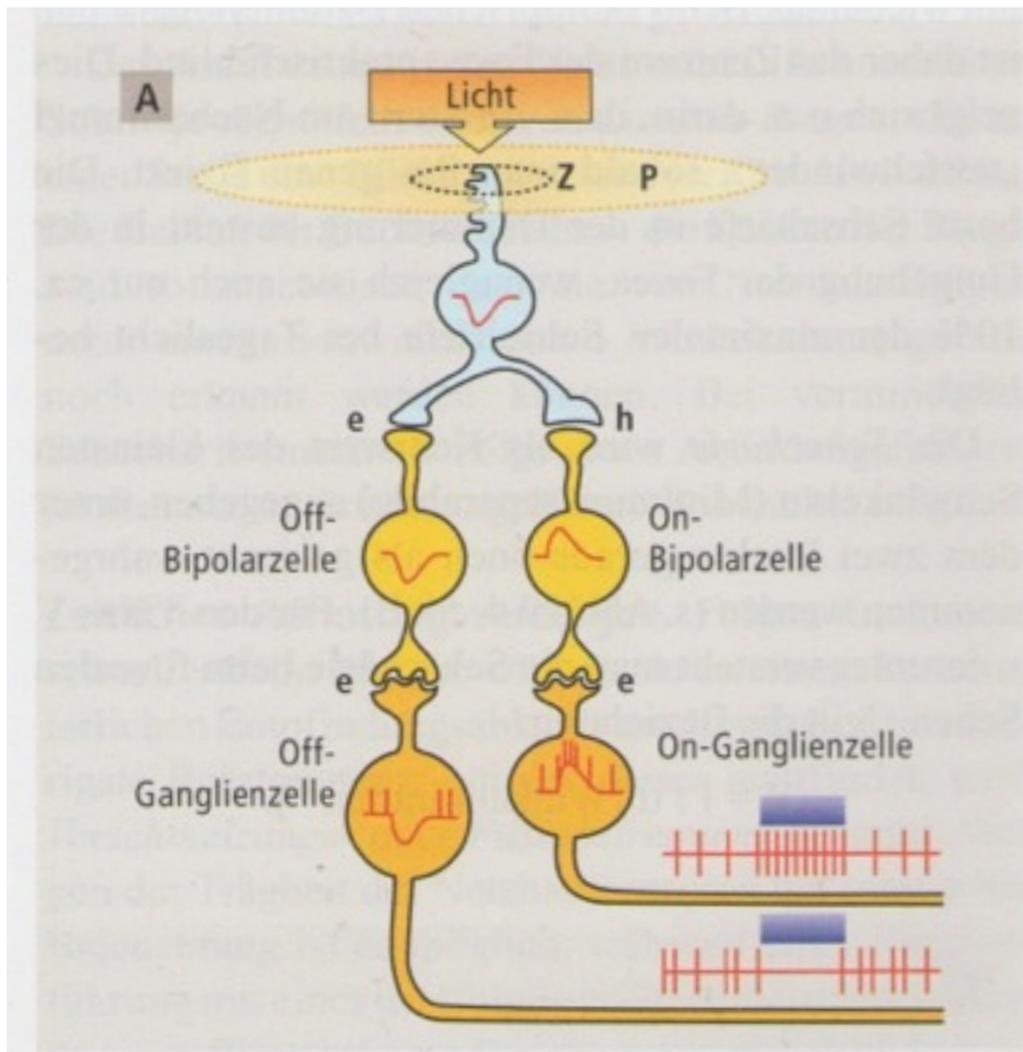
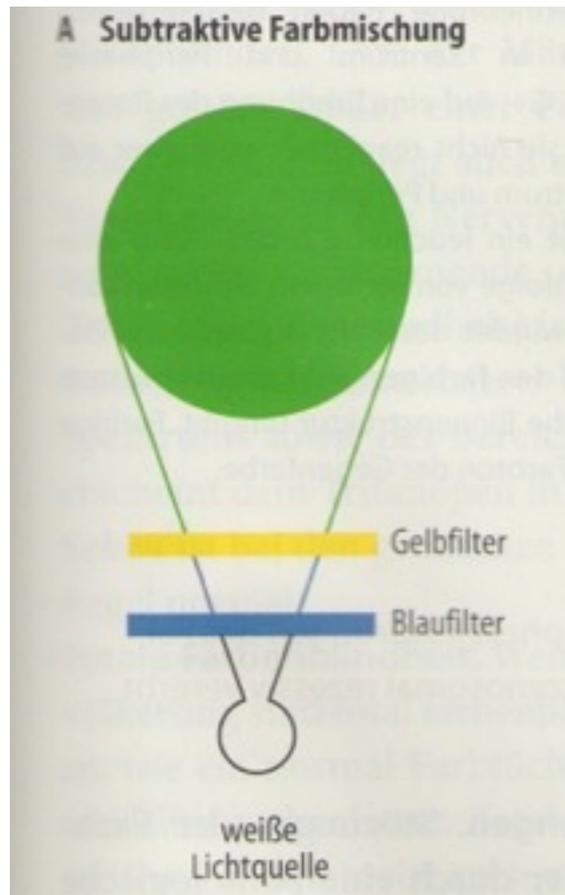


Abb. 19.4-56. On-Off-Antworten und das antagonistische, hemmende Umfeld retinaler rezeptiver Felder. Membranpotentialverläufe bei Lichteinwirkung (rot). *h* hemmende, *e* erregende Synapsen. Anatomische Details zur synaptischen Verschaltung s. Abb. 19.4-54. **A** Signalfluss im Zapfensystem zu On- und Off-Zentrum-Ganglienzellen. **B** Reizung der Peripherie (*P*) wirkt über eine hemmende Horizontalzellsynapse depolarisierend auf den Photosensor im Zentrum *Z* (Signalumkehr im On- und Off-Kanal)

Farbsehen



Farbsehen

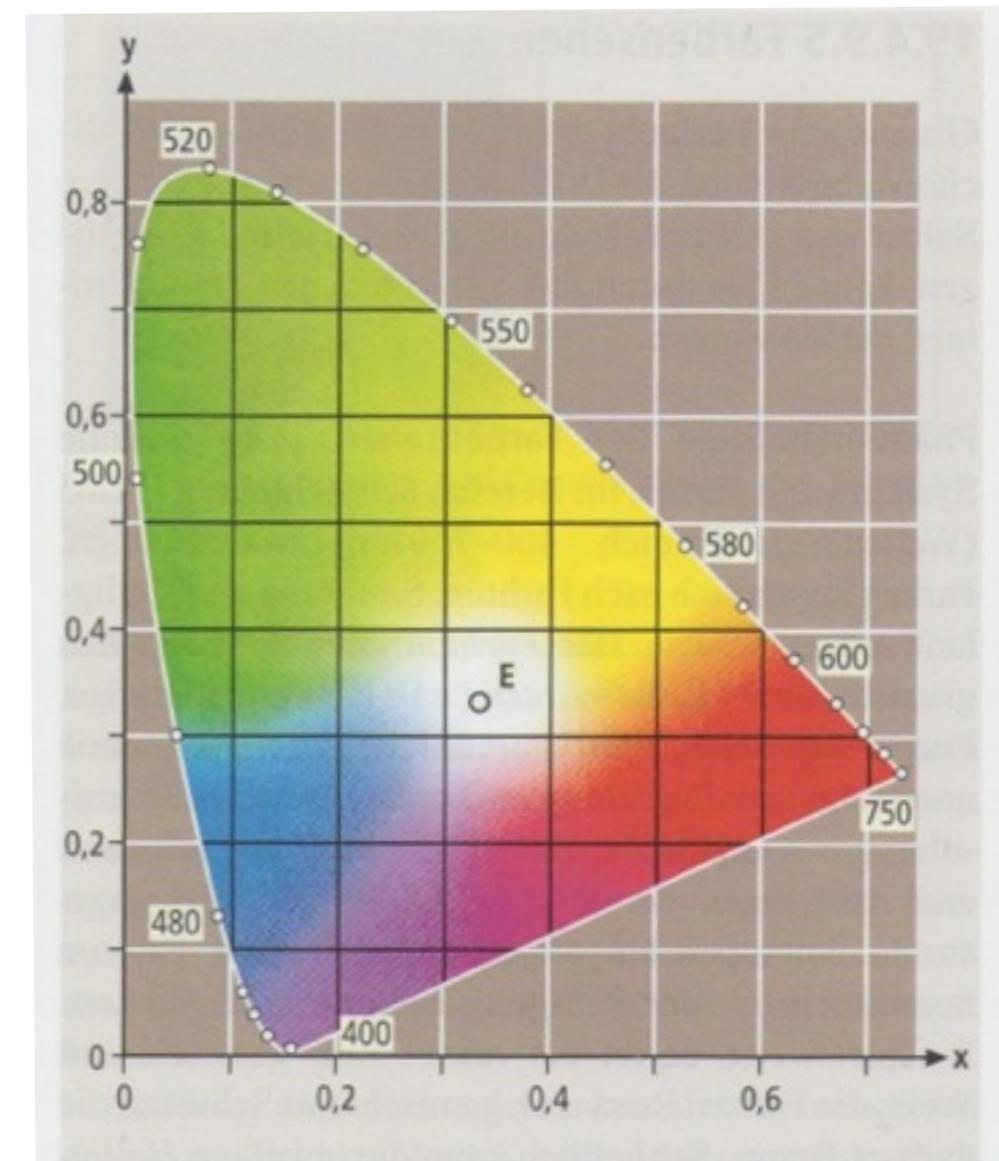
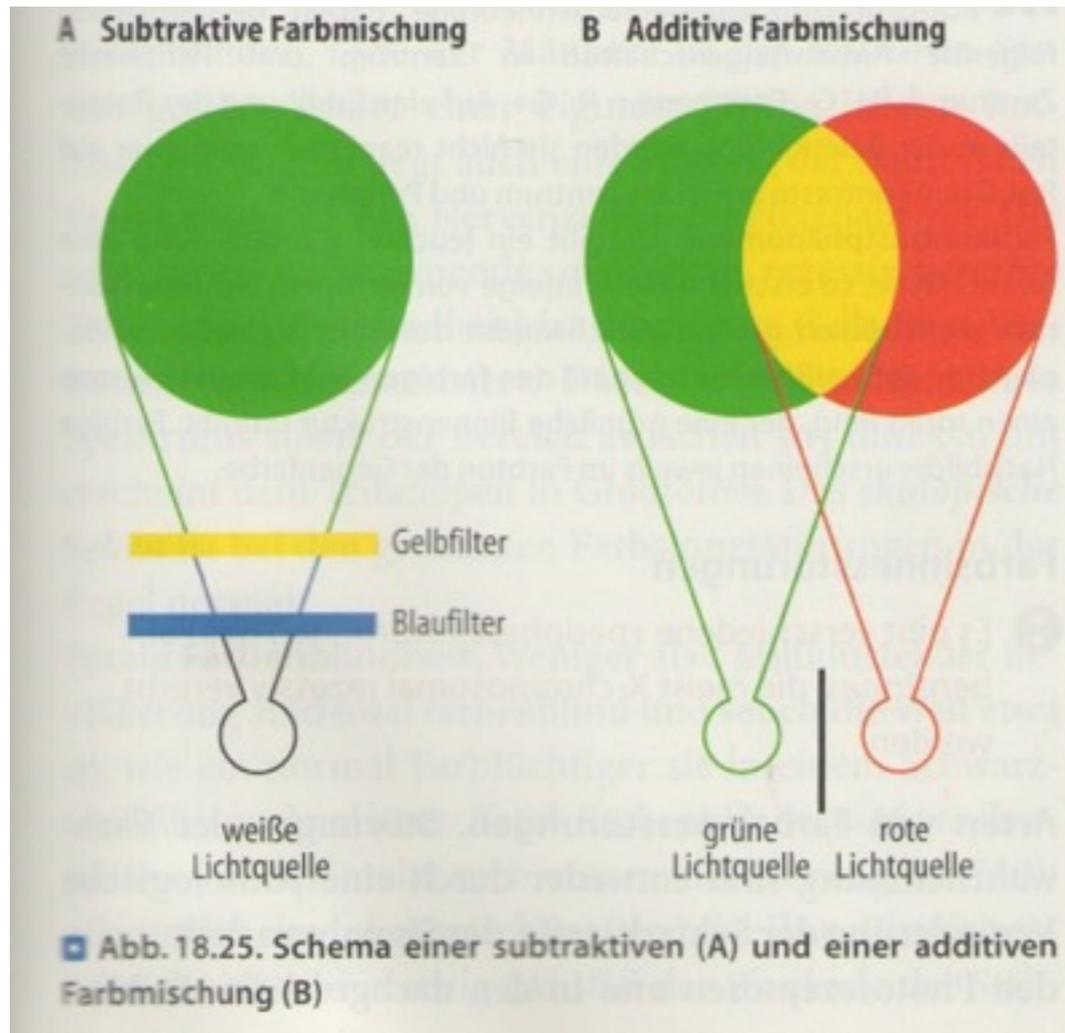


Abb. 19.4–59. Normierte Farbtabelle zur Erläuterung der additiven Farbmischung. Die gesättigten Spektralfarben sind auf dem rechten und linken Schenkel des Dreiecks, die Purpurfarben (Mischfarben aus Rot und Blau) auf dem unteren Schenkel aufgetragen. Die Farbsättigung nimmt zum Weißbereich hin ab. Zwei Farben, deren Verbindungsgerade durch den Weißpunkt E verläuft, stellen Komplementärfarben dar

Gesichtsfeld

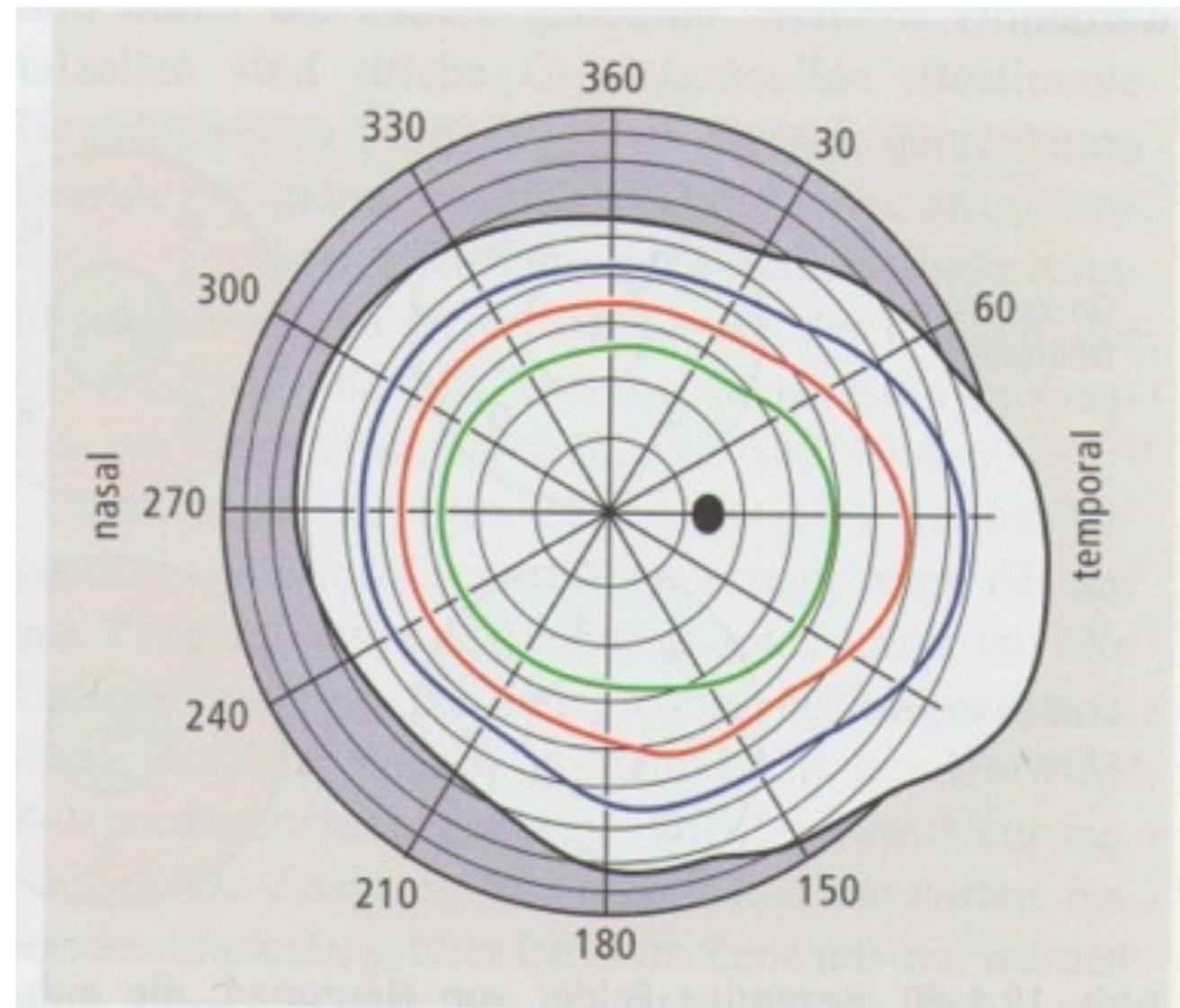


Abb. 19.4–62. Gesichtsfeld des rechten Auges. Grenzen des Gesichtsfelds (*schwarze Linie*) sowie der Blau-, Rot- und Grünwahrnehmung. Schwarzes Feld = blinder Fleck

Sehbahn

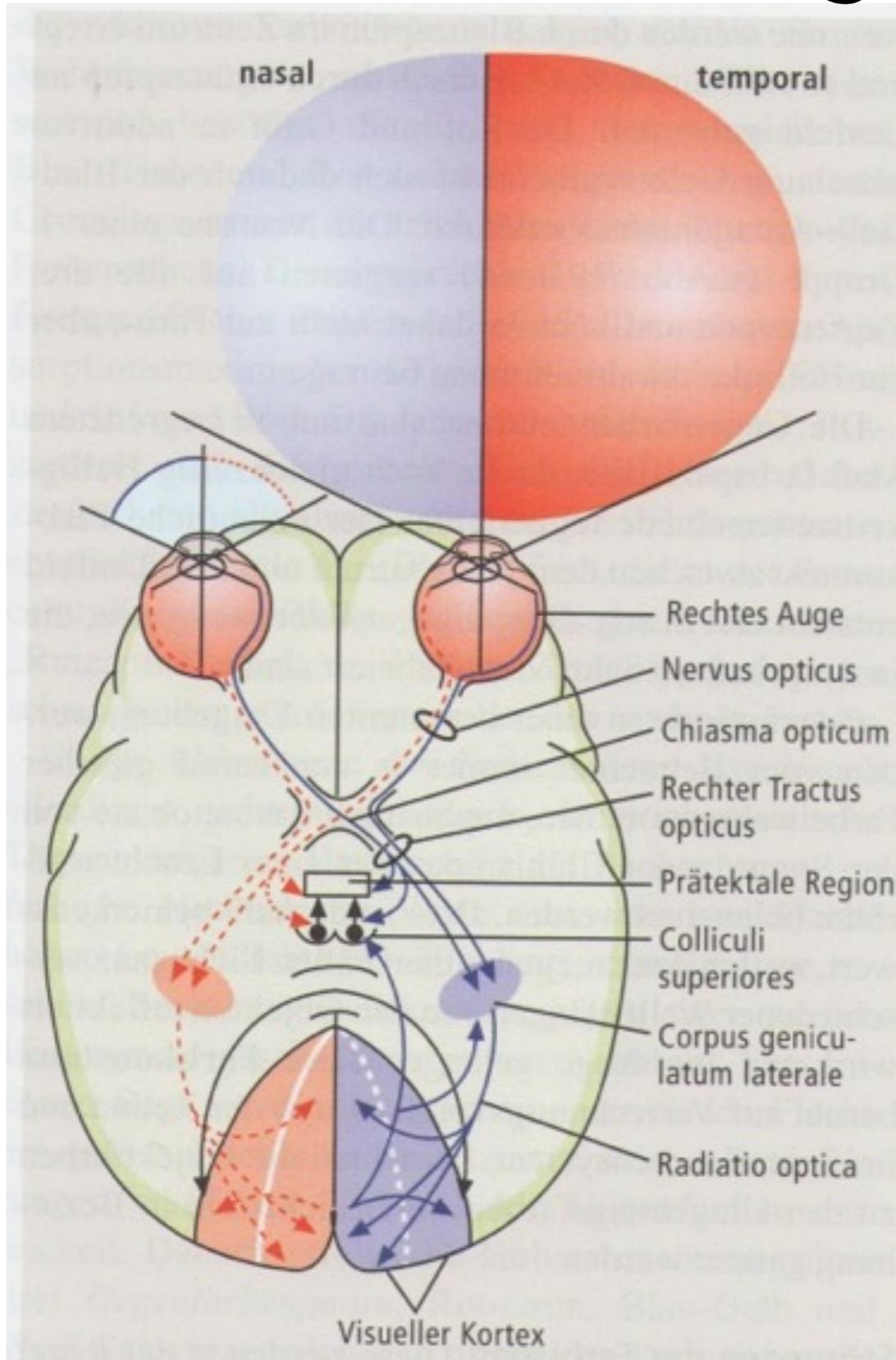


Abb. 19.4–61. Sehbahn in schematischer Darstellung, modifiziert nach Grüsser. Für das rechte Auge ist das Gesichtsfeld, unterteilt in eine nasale (*blaue*) und eine temporale (*rote*) Hälfte, eingezeichnet, deren zentrale Projektionen in gleicher Weise markiert sind. Außerdem erkennt man auf der rechten Seite die efferenten Verbindungen zwischen Sehrinde und subkortikalen Gebieten

Sehbahn

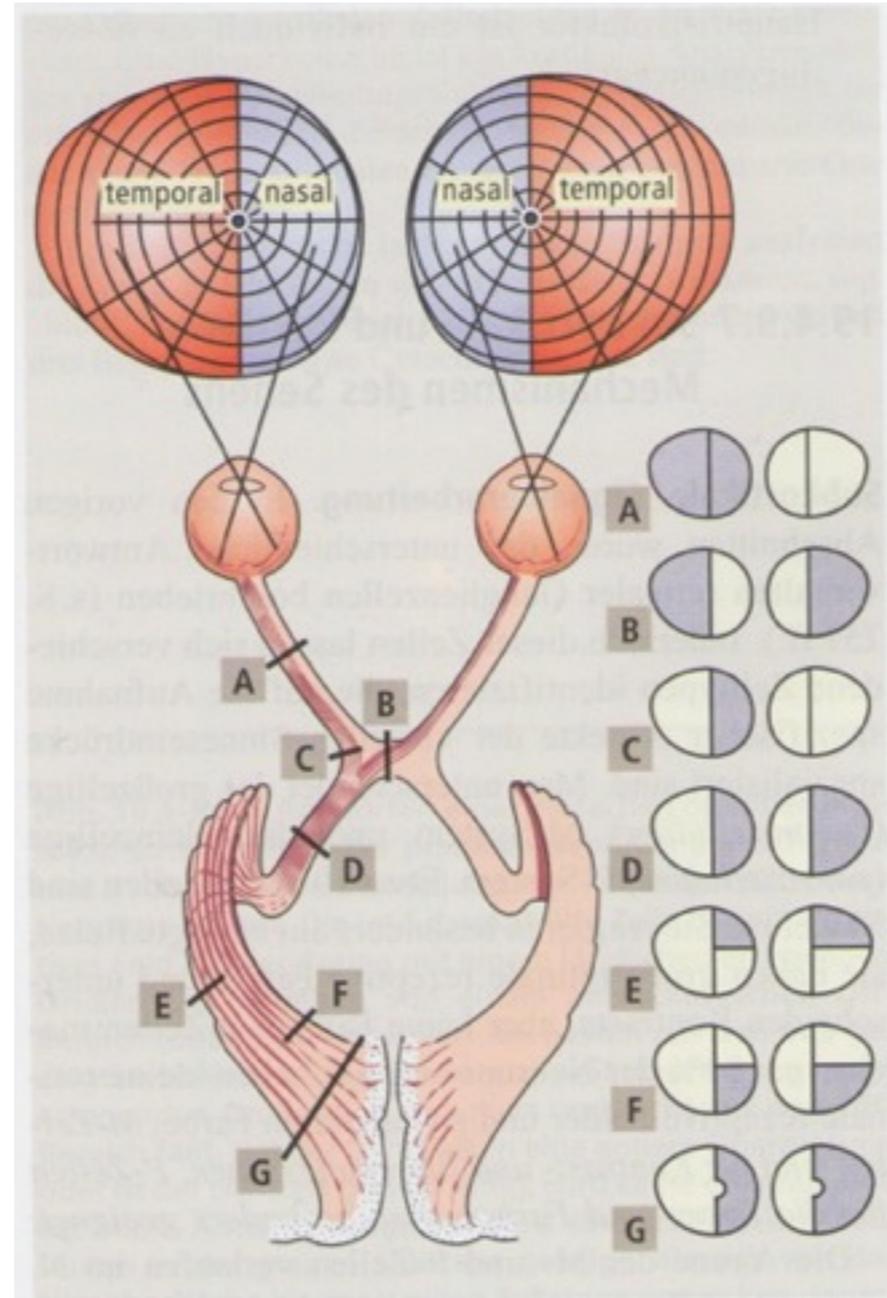
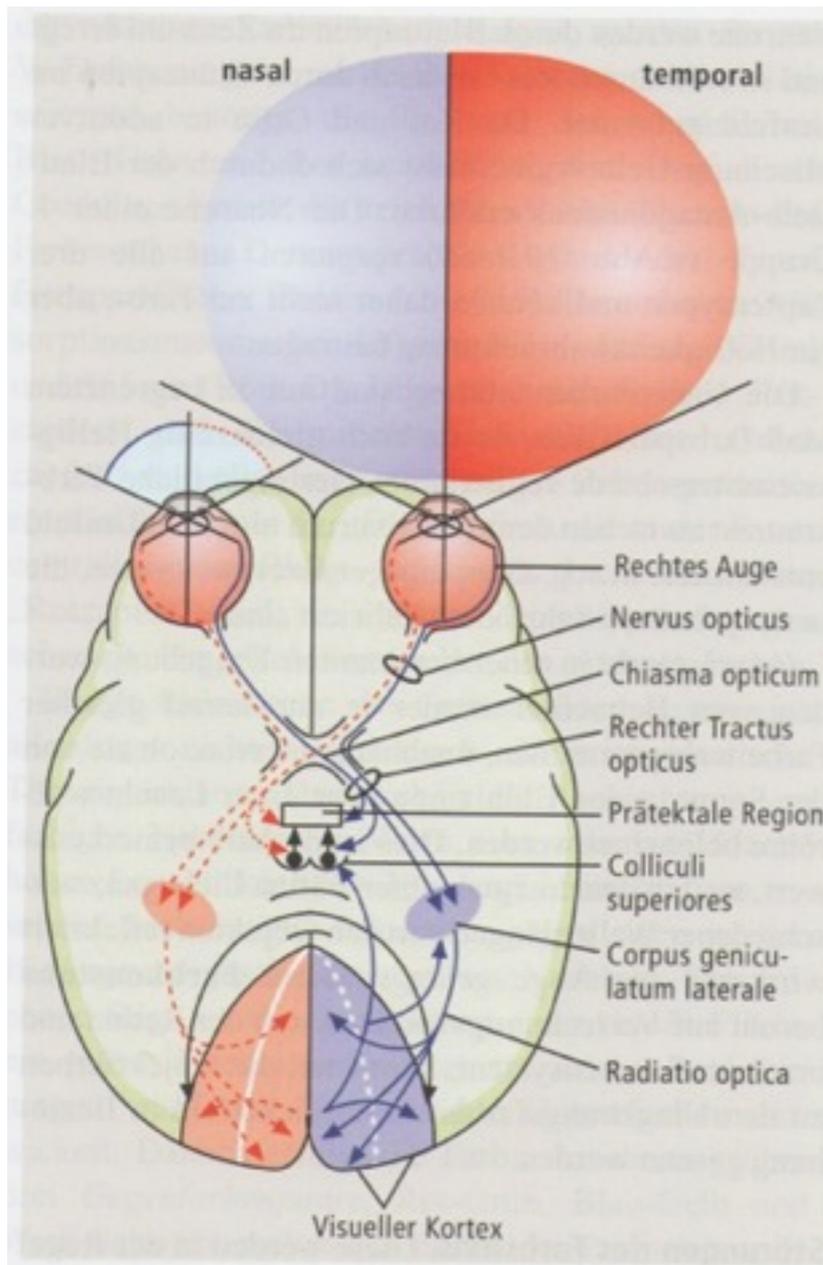
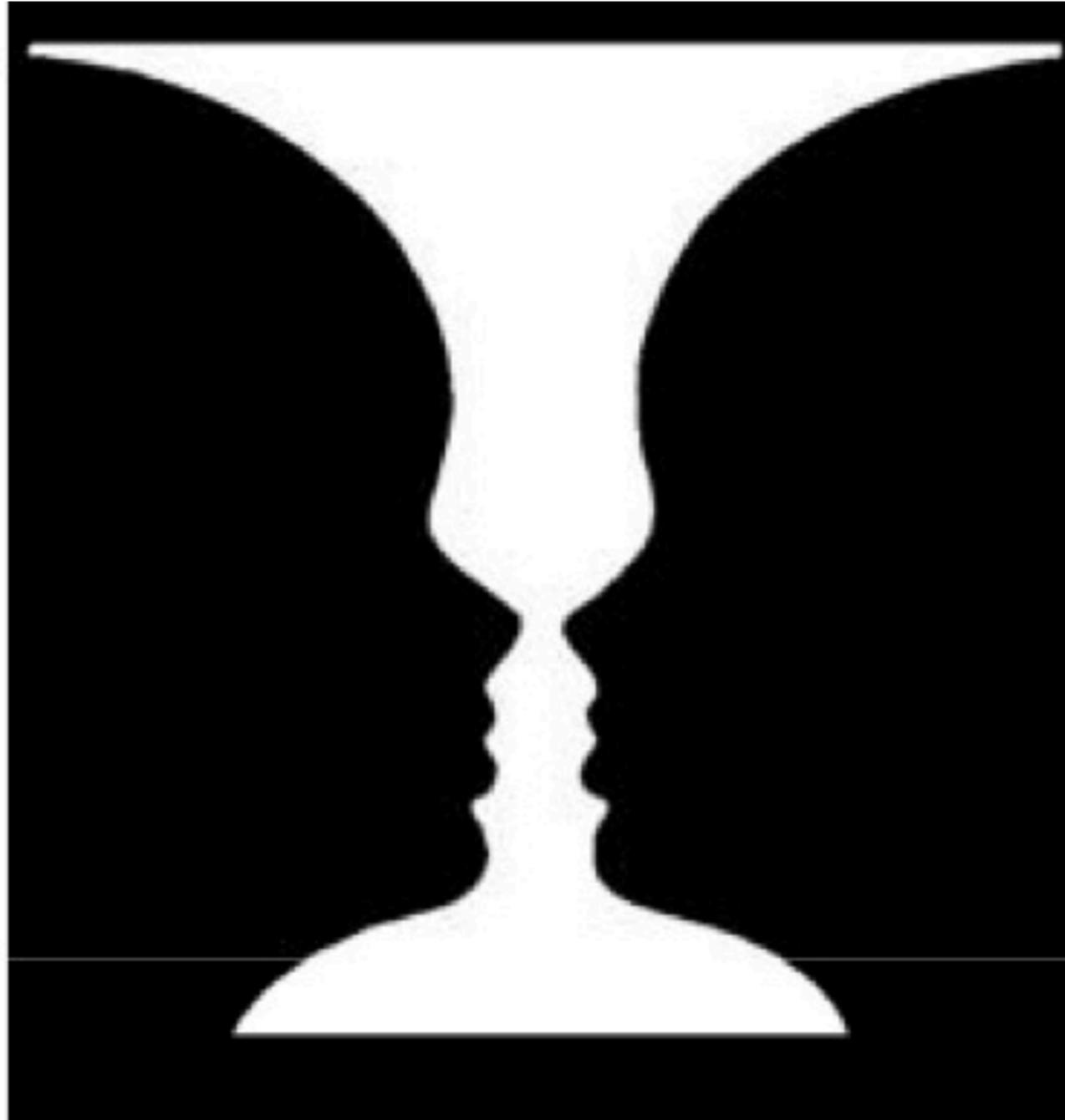


Abb. 19.4–63. Gesichtsfeldausfälle bei Läsionen an verschiedenen Stellen der Sehbahn, nach Homans. Die ausgefallenen Gebiete sind in den rechten Gesichtsfeldschemata *blau-grau* gekennzeichnet. A linksseitige Erblindung; B bitemporale Hemianopsie; C linksseitige nasale Hemianopsie; D homonyme Hemianopsie rechts; E und F Quadranten-Anopsie; G homonyme Hemianopsie rechts mit fovealer Aussparung





Mehr Cartoons unter:
www.rippenspreizer.de

kurze Pause ;)