

Neurobiologie Vorlesung, WS19/20

Prof. Dr. Martin Korte, Dr. Marta Zagrebelsky
Mittwoch, 08:15 Uhr (2SWS)

BD11

BD11, Wednesday, 8:15am, HB1.1. Korte/Zagrebelsky

Termin	Thema
30.10.19	Einführung in die Neurobiologie / Funktionelle Anatomie des Gehirns
06.11.19	Neurone - Aufbau - Funktion - Entwicklung
13.11.19	Glia Zellen - Funktionen und Klassifizierung
20.11.19	Neurone und Synapsen
27.11.19	Sinnessysteme: Generelle Mechanismen - Visuelles System
04.12.19	Auditorisches System
11.12.19	Zelluläre Grundlagen von Lernen und Gedächtnis
18.12.19	Neuroinflammation und Alzheimer Erkrankung
2019 -----	x-mas break
2020	
08.01.20	Motorik: kortikospinaler Trakt
15.01.20	Motorik: extrapyramidale Systeme und Parkinson Erkrankung
22.01.20	Homeostasis (Hormone, Autonomes Nervensystem)
29.01.20	Schlaf als neuronaler Zustand
05.02.20	Neurobiologie von psychiatrischen Erkrankungen (Schizophrenie, Depression, PTSD)

BD11

Neurobiologie Vorlesung, WS18/19

Prof. Dr. Martin Korte
Dr. Marta Zagrebelsky

Password:
BD11MK

Heute

- Prinzipien der Sinnessysteme
- Rezeptortypen
- Verschaltungsprinzipien
- Mechanismen
- Sehsystem

Welches Sinnessystem ist das wichtigste?

Sinnessysteme

Magnetorezeption

Lichtpolarisation

Elektrozepzeption

Ultraschall

Infraschall

Sensorische Systeme

Reizverarbeitung erfolgt gewöhnlich bewusst.
Spezielle Sinne
Gesichtssinn (Sehen)
Gehör
Geschmackssinn
Geruchssinn
Gleichgewichtssinn
Verarbeitung erfolgt gewöhnlich unterbewusst.
Somatische Reize
Muskellänge und -spannung
Propriozeption

Tabelle 10.1: Sensorische Informationsverarbeitung.

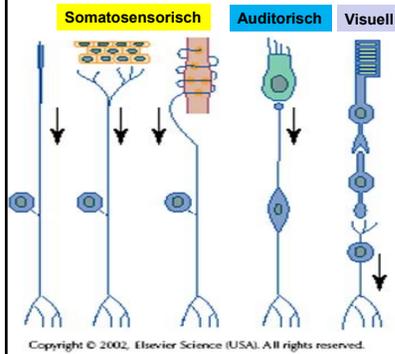
Sensorische Systeme

Somatische Sinne
Berührung
Temperatur
Schmerz
Jucken
Propriozeption (Tiefenwahrnehmung; Wahrnehmungen aus dem eigenen Körper)
Viscerale Reize
Blutdruck
Dehnung des Verdauungstrakts
Blutzuckerspiegel
Kerntemperatur des Körpers
Osmolarität von Körperflüssigkeiten
Lungendehnung
pH der Cerebrospinalflüssigkeit
pH und Sauerstoffgehalt des Blutes

Sinnessysteme

1. olfaktorische Bahn
2. die meisten sensorische Bahnen projizieren über den Thalamus
3. Gleichgewichtssinn: Kleinhirn

Sinnesrezeptoren haben einen engen, aber spezifischen Stimulus



- jede **Sinnesenergie** muss in ein neuronales Signal übersetzt werden
- bestimmte **Sinnesrezeptoren** sind für einen Sinnesreiz besonders empfänglich
- Sinnesempfindlichkeit ist eine direkte Folge der funktionellen und morphologischen Spezialisierungen der Sinnesrezeptoren
- auch innerhalb eines Sinnessystems gibt es verschiedene Rezeptortypen (z.B. Auge: Stäbchen und 3 Zapfentypen)

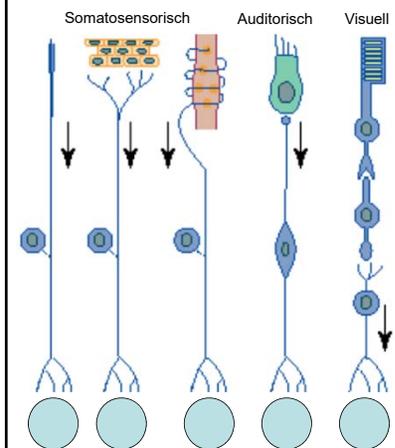
Copyright © 2002, Elsevier Science (USA). All rights reserved.



Prinzipien der Sinnesverarbeitung

- jeder Sinn braucht einen spezialisierten Sinneszelltyp
- physikochemisch gibt es vier Typen:
 - » **mechanische Deformation,**
 - » **Detektion von Photonen,**
 - » **chemische Sensoren,**
 - » **Temperatur**
- mechanische, chemische, photonen (licht), thermische Energie wird umgewandelt in elektrische Energie (Veränderung im Membranpotential)
- verschiedene Sinnesenergien (Sehen, Hören, Riechen ect.) werden von verschiedenen Verschaltungswegen verarbeitet (das erst macht Sinnesmodalität aus)
- Sinneszelltyp (Sensor) muss sicher stellen, das eine geordnete Abbildung der externen Welt im Gehirn erfolgt (Nachbarschaftsbeziehungen bleiben erhalten)
- Sinnesrezeptoren sind ebenso spezifisch für einen Sinnesreiz, wie in ihrer weiteren Verschaltung auf Ganglienzellen und weiteren neuronalen Bahnen
- verschiedene Sinnesqualitäten (hochfrequent/niederfrequent; Farbe vs Form vs Bewegung; heiss/kalt) werden von eigenen Neuronengruppen bearbeitet

Sinnesrezeptoren haben einen engen, aber spezifischen Stimulus

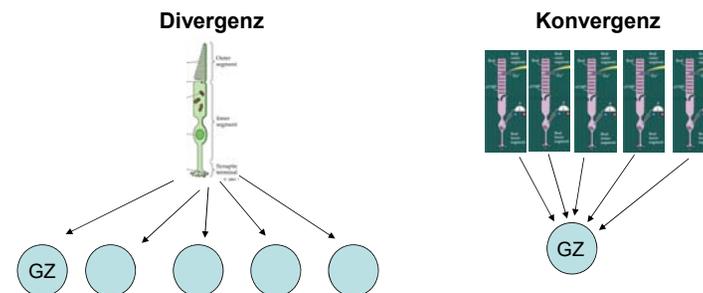


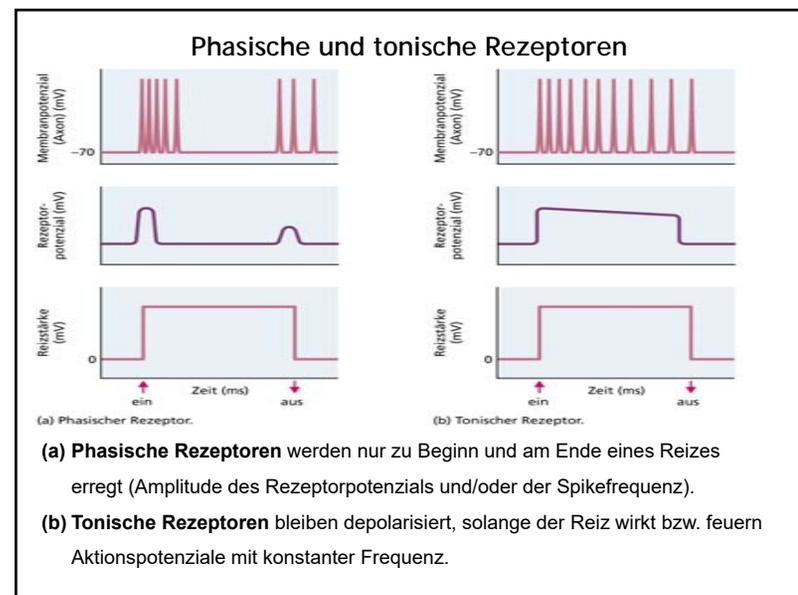
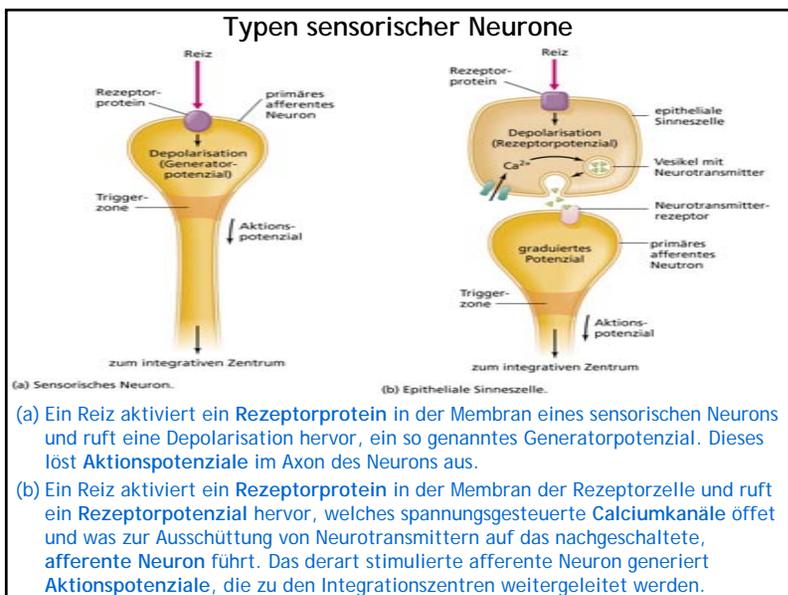
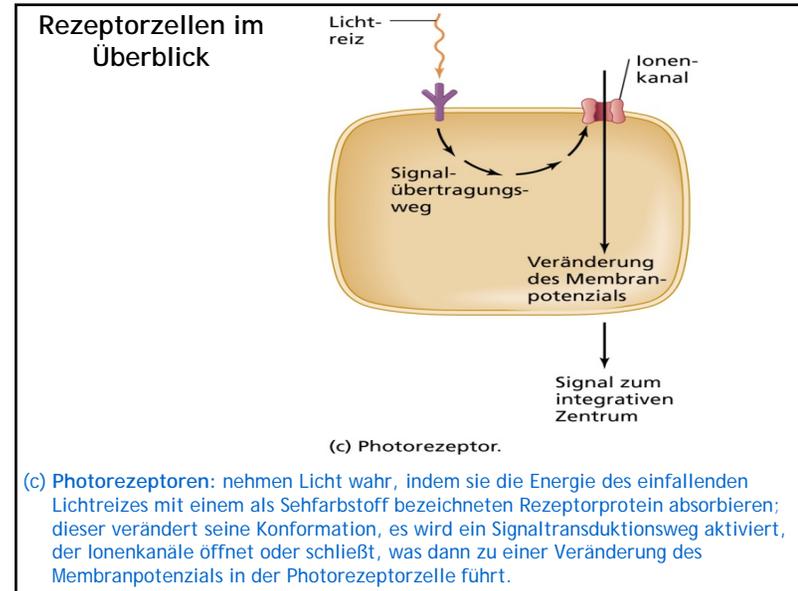
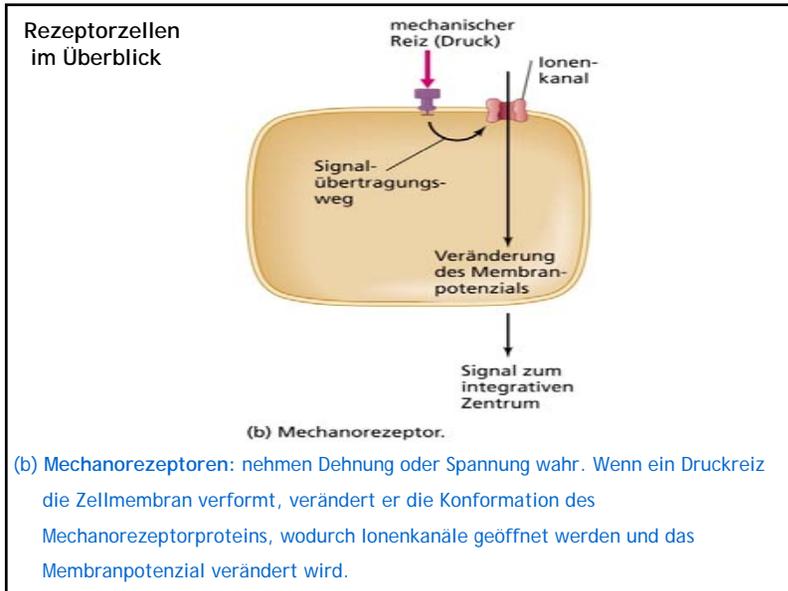
- jede Sinnesenergie muss in ein neuronales Signal übersetzt werden
- bestimmte Sinnesrezeptoren sind für einen Sinnesreiz besonders empfänglich
- diese unterschiedliche Sinnesempfindlichkeit ist eine direkte Folge der funktionellen und morphologischen Spezialisierungen der Sinnesrezeptoren
- auch innerhalb eines Sinnessystems gibt es verschiedene Sinnesrezeptortypen (z.B. Auge: Stäbchen (Hell/Dunkelsehen) und 3 Zapfen (Farbensehen))

Ganglienzellen

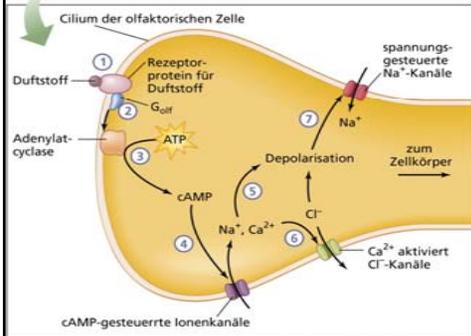
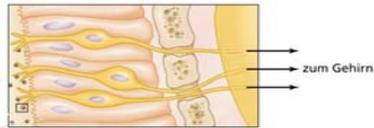
Konvergenz und Divergenz

- das Verhältnis von Sinneszellen zu Ganglienzellen (GZ) ist selten 1: 1:
- gibt es mehr Ganglienzellen als Sinneszellen, spricht man von **Divergenz** (z.B. wird eine innere Haarzelle des Innenohres von 20 Ganglienzellen innerviert), vor allem zur Verarbeitung komplexer Signale (getrennte Verarbeitungswege möglich), trägt zur Redundanz bei
- gibt es pro Sinneszelle mehrere Ganglienzellen, spricht man von **Konvergenz** (z.B. Detektion von sehr kleinen Signalen), Datenübertragungssicherheit wird so erhöht



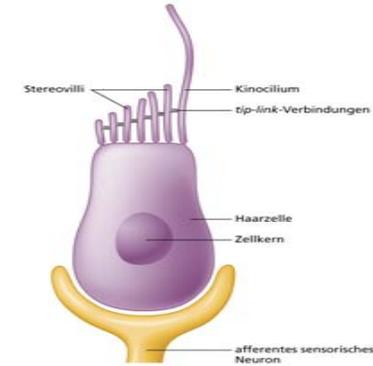


Signaltransduktion in einer olfaktorischen Sinneszelle.



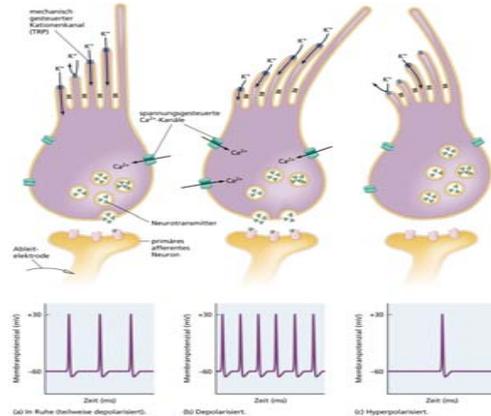
- 1 Bindung eines Duftstoffs an ein Rezeptorprotein führt zu einer Konformationsänderung.
- 2 Das aktivierte G-Protein, G_{olf} , aktiviert eine Adenylatcyclase.
- 3 Adenylatcyclase wandelt ATP in cAMP um.
- 4 cAMP öffnet cAMP-gesteuerte Ionenkanäle.
- 5 Von Ca^{2+} und Na^+ getragener Einwärtsstrom depolarisiert die Zelle (Generatorpotenzial).
- 6 Ca^{2+} öffnet auch Ca^{2+} -aktivierte Cl^- -Kanäle. Der Cl^- -Auswärtsstrom verstärkt die Depolarisation.
- 7 Das Generatorpotenzial öffnet spannungsgesteuerte Natriumkanäle und löst Aktionspotenziale aus.

Bau einer Wirbeltier-Haarzelle.



Wirbeltier-Haarzellen (mit Ausnahme von jenen im Ohr erwachsener Säuger) weisen ein langes Kinocilium und mehrere kürzere Stereovilli auf. Das Kinocilium und die Stereovilli sind über so genannte *tip-links* miteinander verbunden.

Signaltransduktion in der Wirbeltier-Haarzelle

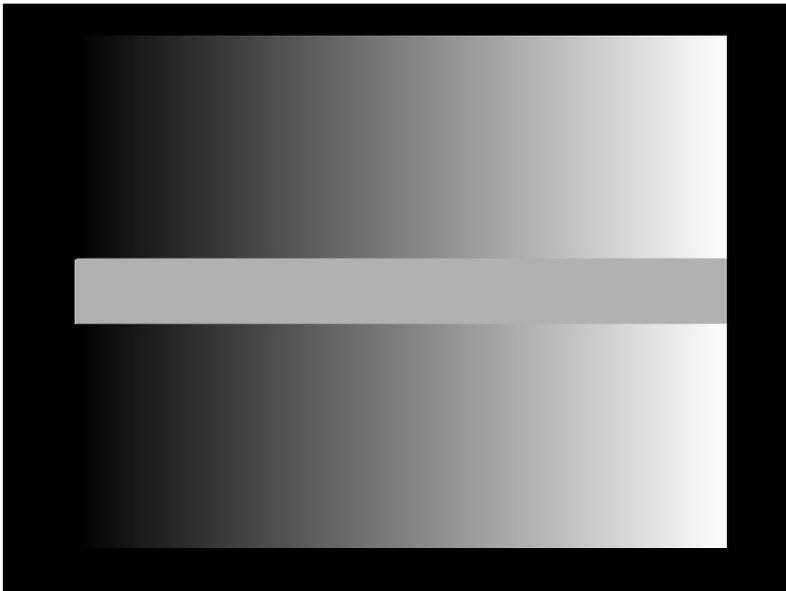
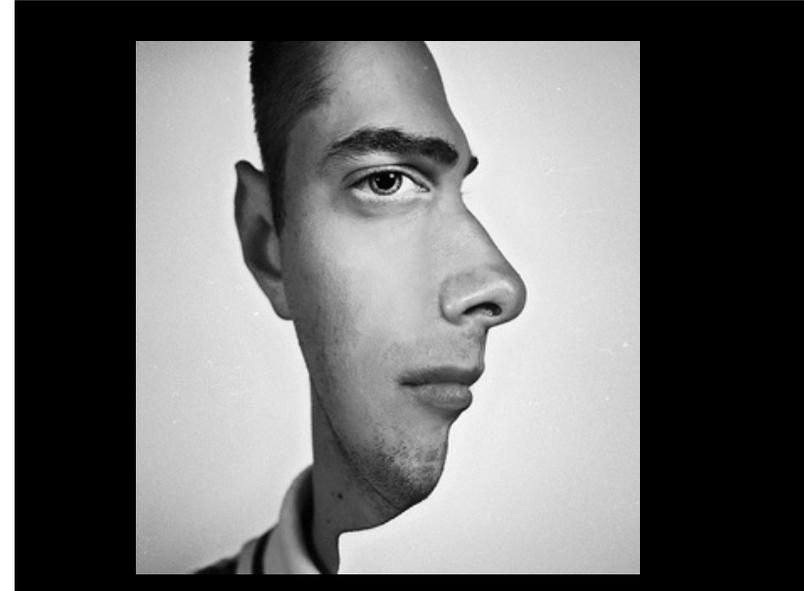


- (a) In Ruhe ist die Zelle teilweise depolarisiert.
- (b) Drucksignal: Stereovilli wird in Richtung Kinocilium geschert, es öffnen sich mechanisch gesteuerte K^+ -Kanäle auf den Stereovilli (K^+ Einstrom); Depolarisation: öffnet spannungsgesteuerte Ca^{2+} Kanäle
- (c) Wenn ein Drucksignal dazu führt, dass die Stereovilli vom Kinocilium weggeschert werden, schließen sich mechanisch gesteuerte Kaliumkanäle auf den Stereovilli, so dass die Zelle hyperpolarisiert wird und sich spannungsgesteuerte Calciumkanäle schließen. Die resultierende Verringerung des intrazellulären Calciumspiegels reduziert die Neurotransmitterausschüttung.

generelle Verarbeitungsprinzipien

- Adaptation: Gehirn interessiert sich nur für Veränderungen
- Kontrastverstärkung ist ein generelles Prinzipien dieser Verarbeitung
- Vorerfahrungen beeinflussen aktuelle Erfahrungen (Helligkeitskontraste, Distanzen schätzen ect.)

Eine Schale Gemüse - oder ?



Objektivität ist Illusion: Perzeption ist Konstruktion

Perzeption kann sich ändern, obwohl das gleiche Objekt gesehen wird (Netzhautbild ist das gleiche) – jeder Sehvorgang ist konstruiert und keine 1:1 Abbildung der externen Welt

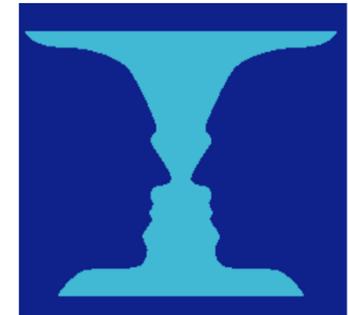
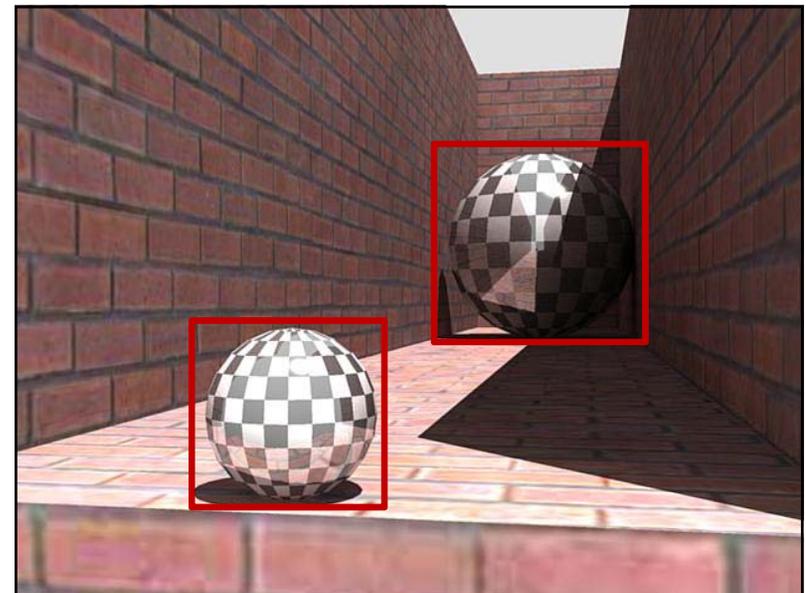
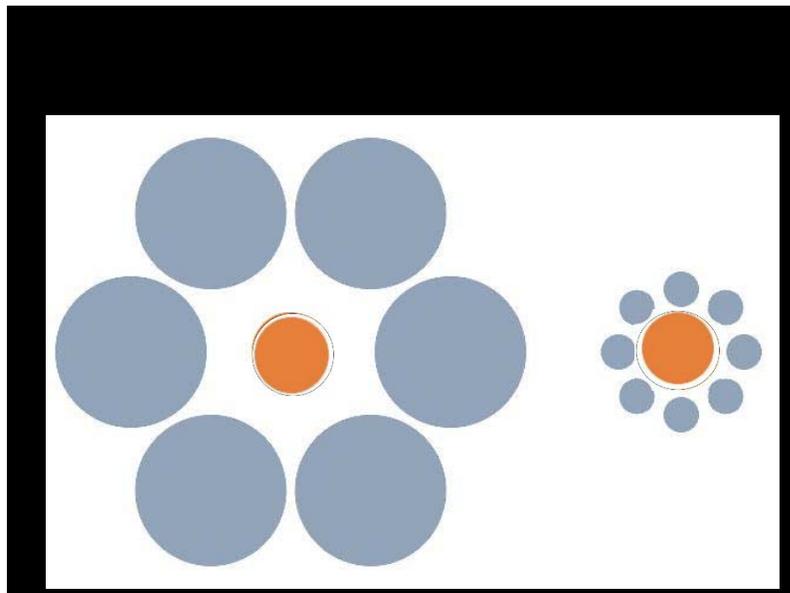
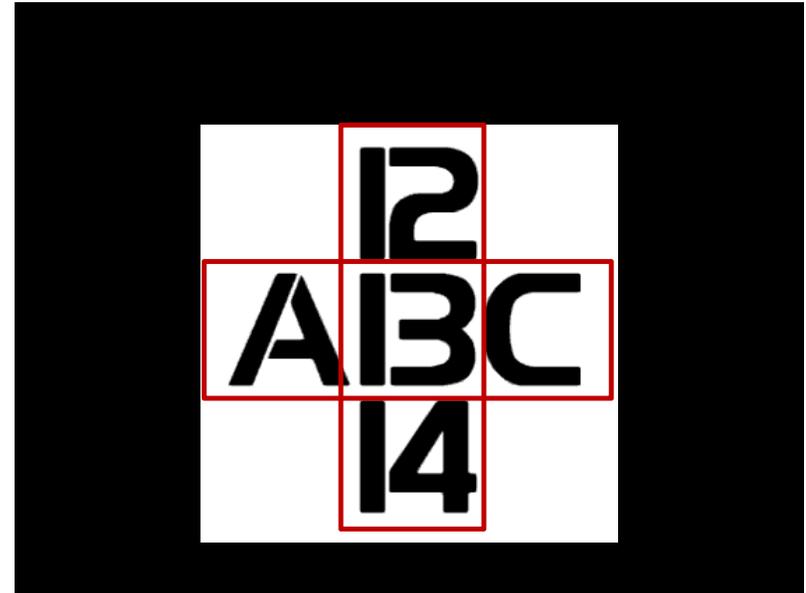


FIGURE 1 An example of a figure that can elicit different perceptions (faces or vase) even though stimulus and sensation remain constant. The mind can "see" purple figures against a blue background or a blue figure against a purple background.

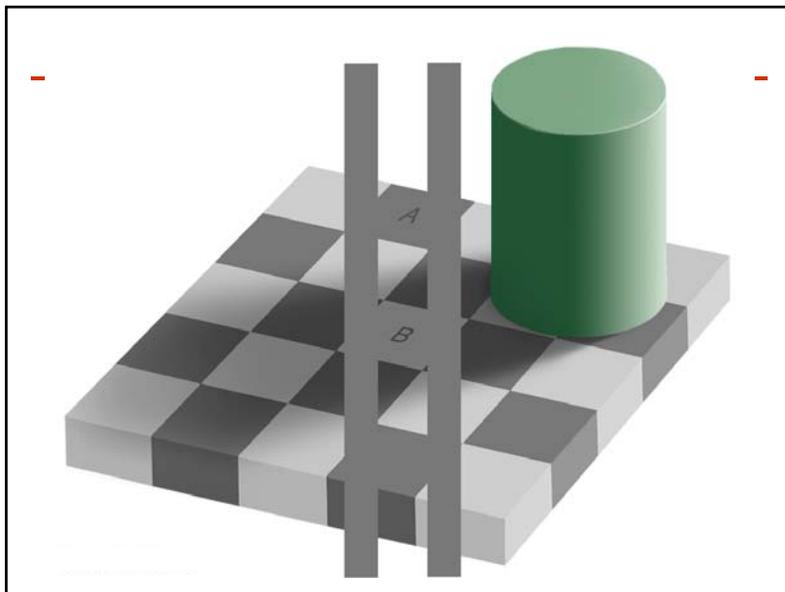
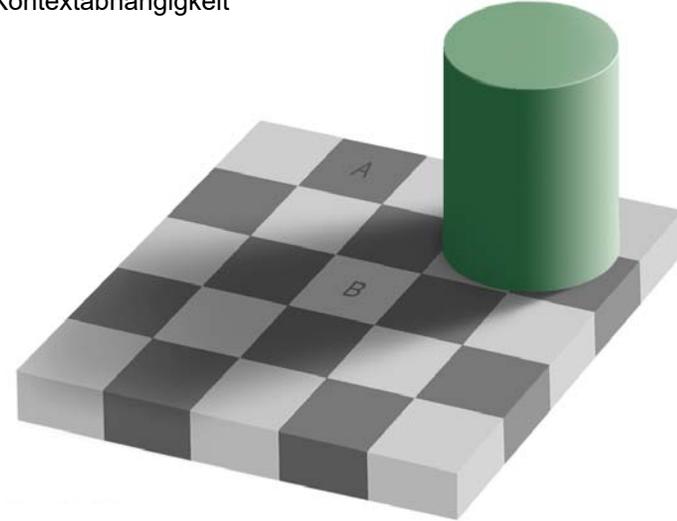
Wie arbeitet das menschliche Gehirn?

Das Gehirn verarbeitet und speichert ALLES im Kontext des Augenblickes





Kontextabhängigkeit



Welches Problem gilt es zu lösen:

- ein Blick muss genügen um den Ort, die Größe, Form, Farbe, Textur eines Objektes zu bestimmen, wenn es sich bewegt, seine Richtung und Geschwindigkeit
- eine weite Spanne an Stimulusintensitäten müssen verarbeitet werden können (nachts genauso wie in der hellen Mittagssonne)



(a)



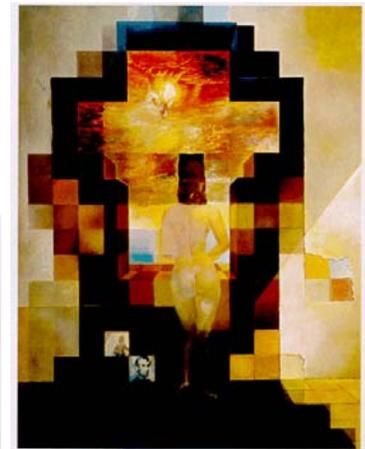
(b)



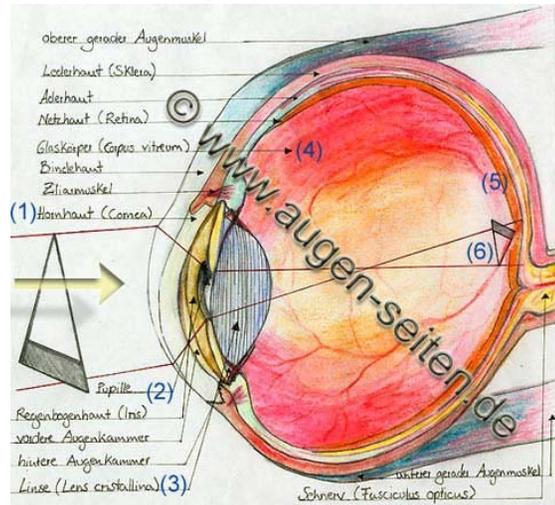
(c)



(d)



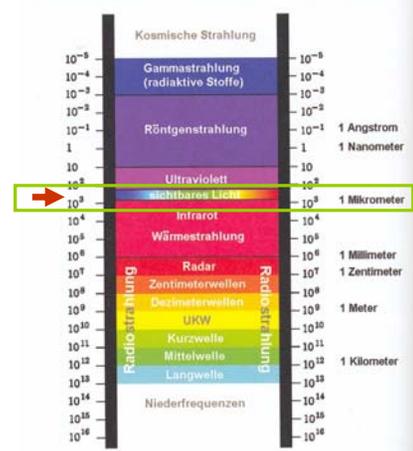
Sehsystem (Visuelles System)



Sehen

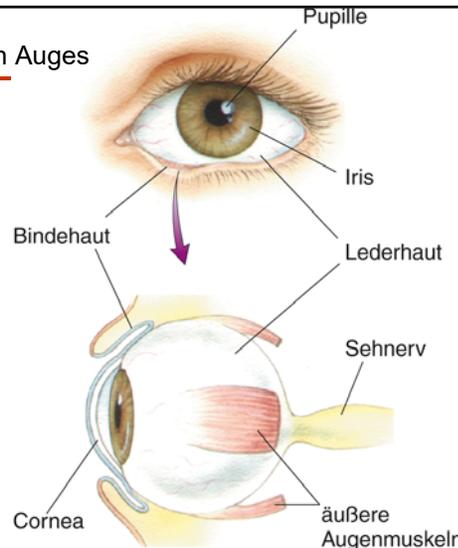
- Elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge von 400 – 750 nm wird als Licht wahrgenommen (blau bis rot)
- riesiger Intensitätsbereich:
- Leuchtdichtebereich: $1 : 10^{11}$
 - $10^{-5} \text{ cd x m}^{-2}$ bei bewölktem Nachthimmel
 - $10^{-3} \text{ cd x m}^{-2}$ bei klarem Sternenhimmel
 - 10^6 cd x m^{-2} bei hellem Sonnenschein
- ca. 50 Areale im menschlichen Gehirn mit Sehen beschäftigt
- Sehen ist nicht „Objektiv“

Wellenlänge in Nanometer (10^{-9} Meter)

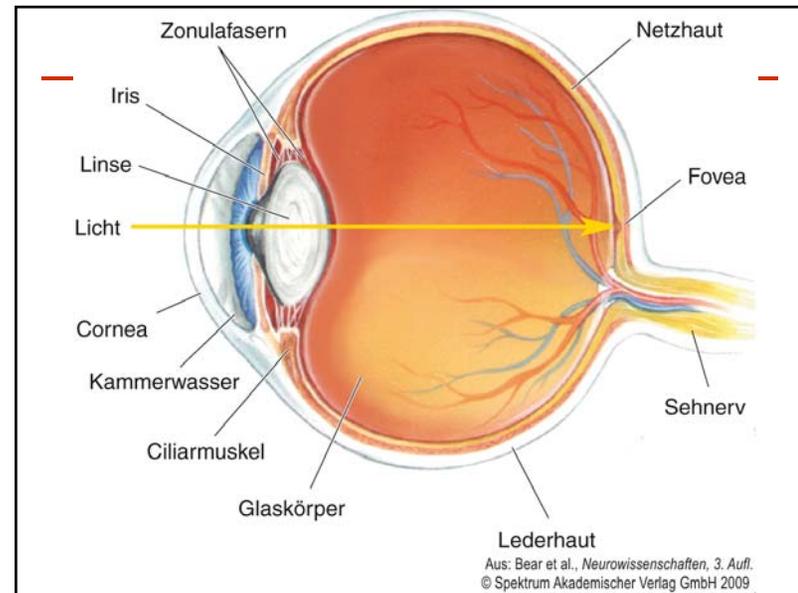


Aufbau des menschlichen Auges

- **Pupille:** Öffnung, die es dem Licht ermöglicht, auf die Netzhaut zu gelangen
- **Iris:** enthält zwei Muskeln und bestimmt durch ihre Pigmentierung die Augenfarbe:
- **Hornhaut:** bedeckt Iris und Pupille, geht seitlich in die Lederhaut über
- **äußere Augenmuskeln:** setzen an der Lederhaut an, bewegen Augapfel in der Augenhöhle

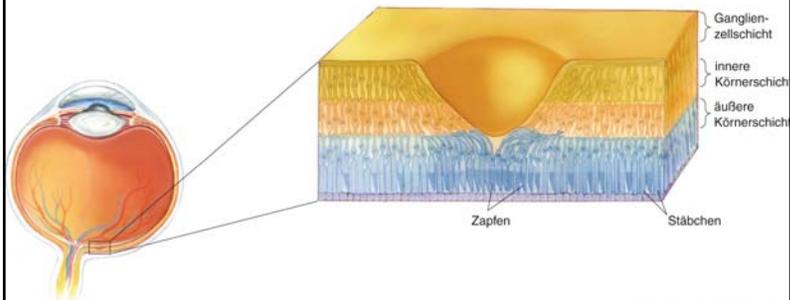


Aus: Bear et al., Neurowissenschaften, 3. Aufl. © Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2009



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

Fovea

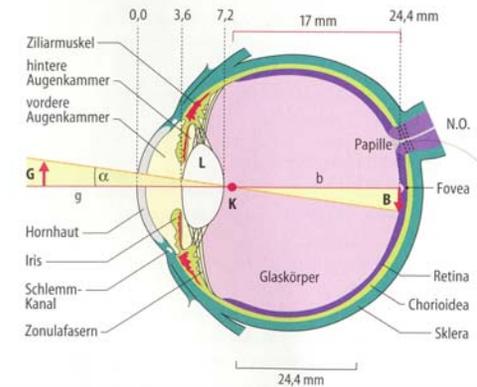


Aut: Beier et al., Neurowissenschaften, 3. Aufl
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2009

Auge als dioptrischer Apparat:

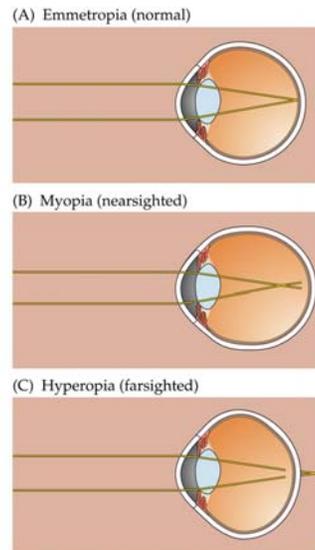
- Augenapparat entwirft umgekehrtes und verkleinertes Bild auf der Netzhaut
- zusammengesetztes Linsensystem
- Hornhaut (Kornea)
- Kammerwasser (vordere u. hintere Augenkammer)
- Pupille bildende Iris
- Linse
- Glaskörper (wasserklares Gel)

Gesamtbrechkraft: 58,8dpt:
 • 43dpt Hornhaut
 • 19,5 Linse
 • - 3,7 vordere Augenkammer

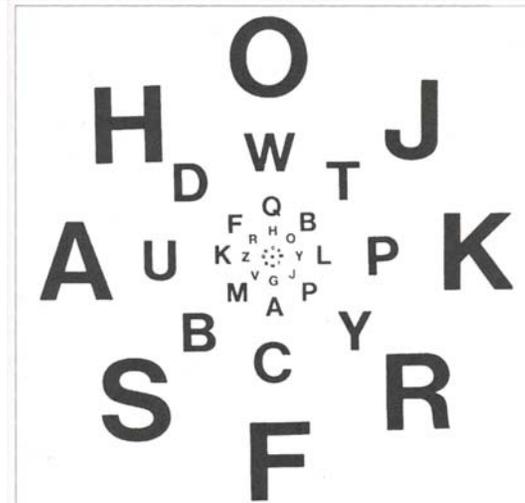


Kurz- u. Weitsichtigkeit

- Abstand zwischen Hornhautscheitel u. Fovea centralis muss genau 24,4 mm betragen
- Bei einer Abweichung von nur 0,1 mm führt dies bereits zu einer korrekturbedürftigen Fehlsichtigkeit
- Bulbus länger als normal: **Kurzsichtigkeit**, Korrektur: -dpt (Zerstreuungslinsen), um in der Ferne scharf sehen zu können
- **Weitsichtigkeit**: Bulbus zu kurz, Korrektur durch Sammellinsen (+dpt), um in der Nähe scharf sehen zu können
- **Astigmatismus**: Hornhautverkrümmungen (zylindrische Brillengläser)

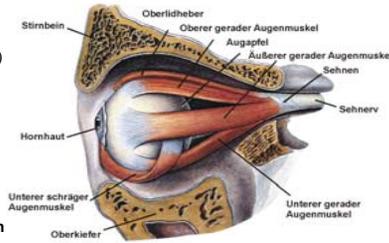


Abbildungsverhältnisse Peripherie zur Fovea Zentralis



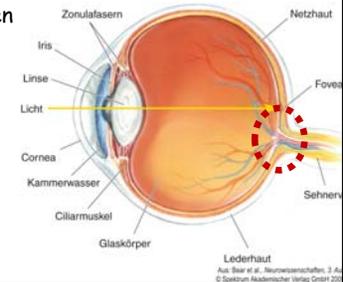
Augenbewegungen

- verschiedene Arten von Augenbewegungen halten Objekte in der Fovea (bei Eigen oder Fremdbewegungen)
- 6 äußere Augenmuskeln bewegen die Augen. Sie werden von 3 Hirnnerven innerviert
- folgende Augenbewegungen können u.a. unterschieden werden:
 - **konjugierte Augenbewegungen** (beide Augen bewegen sich in die gleiche Richtung)
 - **Fixationsperioden** von 0,2-0,6 s Dauer
 - **Augenfolgebewegungen** bis zu 100°/s
 - **Sakkaden**: bis zu 500°/s
- Augenbewegungen beim **Lesen**: Sakkaden und Fixationsperioden wechseln sich ab
- Steuerung der Sakkaden beim **visuellen Abtasten Objekten**
- **optokinetischer Nystagmus**: regelhafte Folge von gleitenden Augenbewegungen und Rückstellsakkaden (Betrachtung der Umwelt während einer Eisenbahnfahrt)

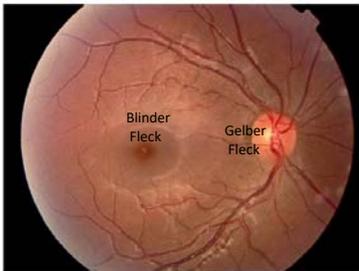


BLINDER FLECK

- z.B. der blinde Fleck im Auge: Bei ihm handelt es sich um die Stelle, an dem der Sehnerv das Auge verlässt, weshalb dort kein Platz für lichtempfindliche Fotorezeptoren ist. Eigentlich sind wir dort also blind. Dennoch haben die von uns gesehenen Bildszenen kein Loch, denn ohne Unterlass füllt unser Gehirn diesen
- Grösse: riesig! (Loch von der Größe von 17 Vollmonden am Nachthimmel!)



Stelle des schärfsten Sehens:



Blick durch die Linse auf die Rückseite des Auges

Scharf sehen können wir nur im Bereich der Sehgrube ("Gelber Fleck"), wo die höchste Dichte an Rezeptoren erreicht wird, schon 5° außerhalb dieser Achse nimmt er rapide auf Werte unter 0,5 ab. Sie können sich leicht davon überzeugen, indem Sie das nebenstehende Bild fixieren und versuchen, hier weiter zu lesen - das klappt nicht.

Größenverhältnisse

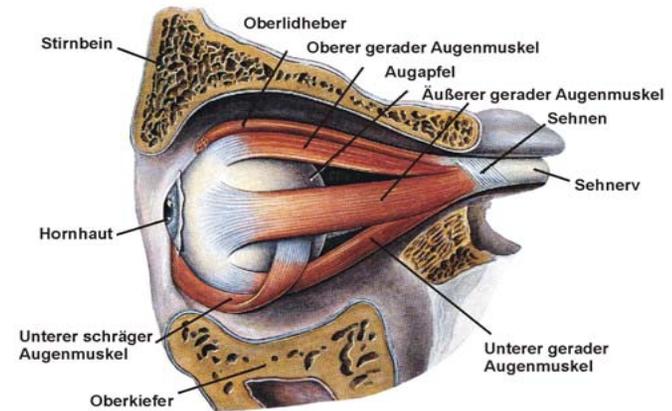
Peripherie zur Fovea



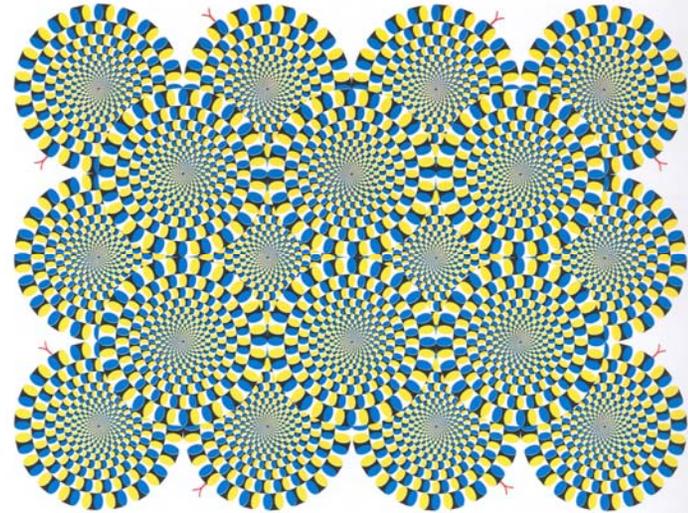
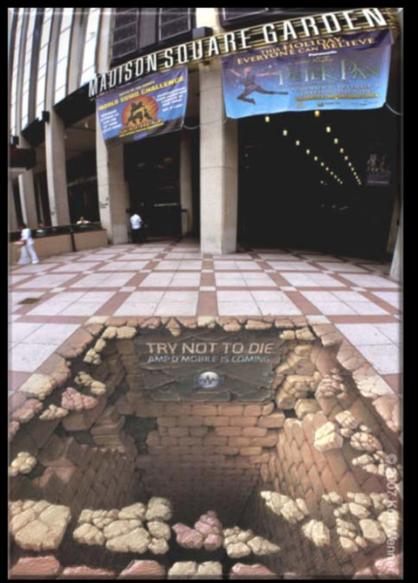
**ständige Frage für das Gehirn:
Was bewegt sich, ich oder etwas in der Welt?**

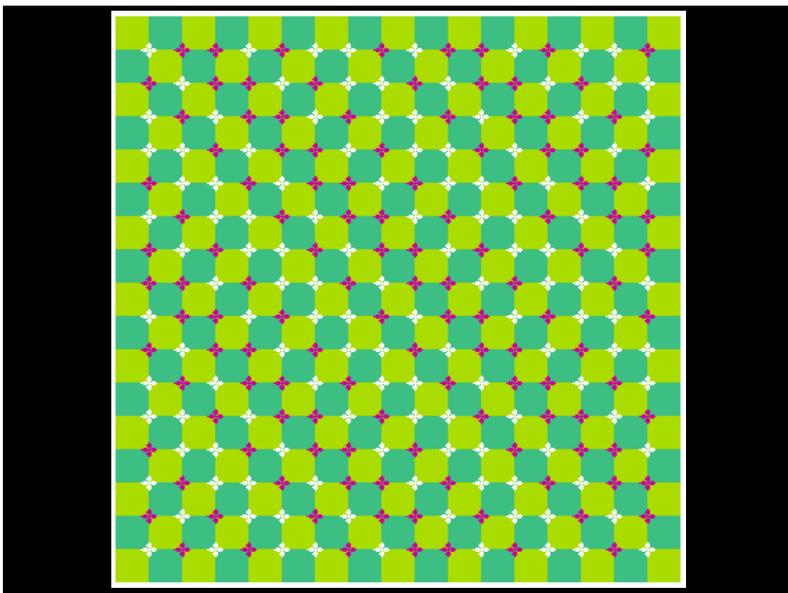
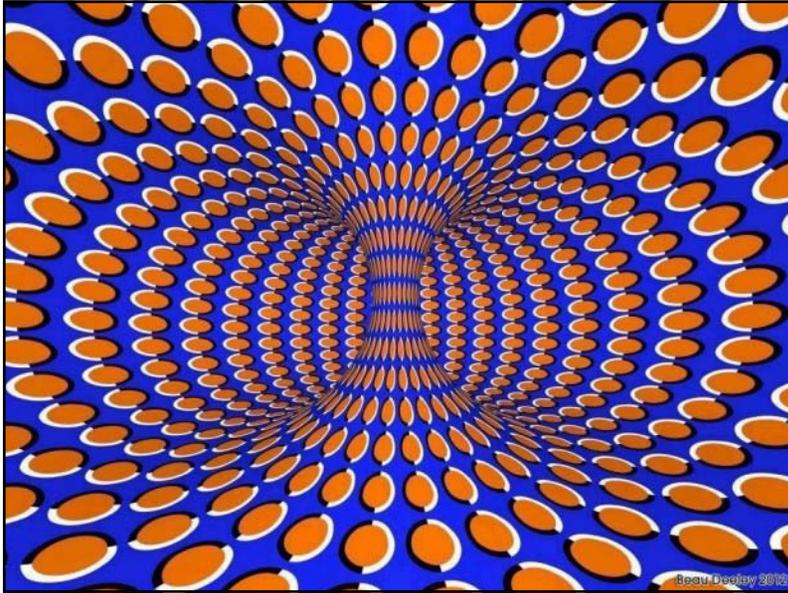
- das Gehirn muss ständig unterscheiden, ob eine Bewegung „in der Welt“ stattgefunden hat, oder durch eine Kopf-/Körperbewegung verursacht wird, oder durch eine Bewegung der Augen
- auch der genaue Focus des Sehens ändert sich ständig, z.B. zwischen Sakkaden
- Muskeln senden ständig Signale an die Augen, damit diese in ungefähr der gleichen Schärfenebene bleiben, dies führt zu ganz leichten Pulsationsbewegungen des Auges

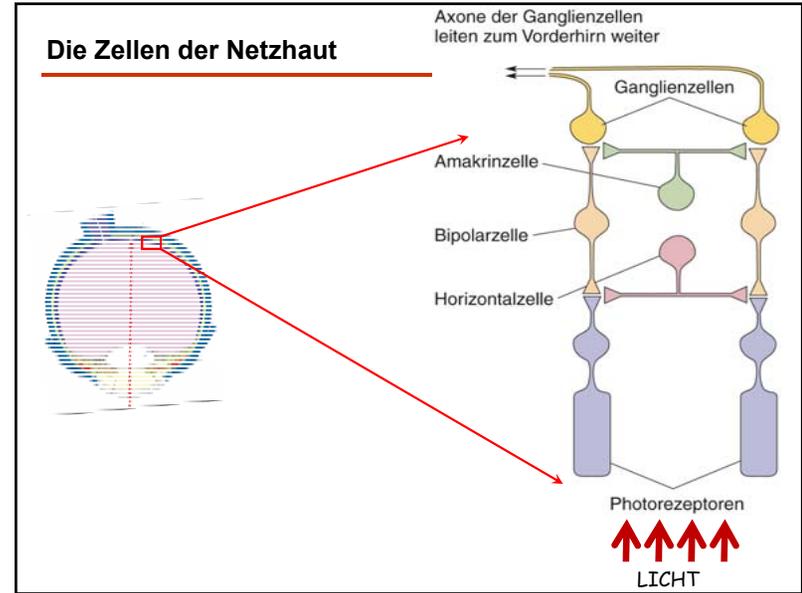
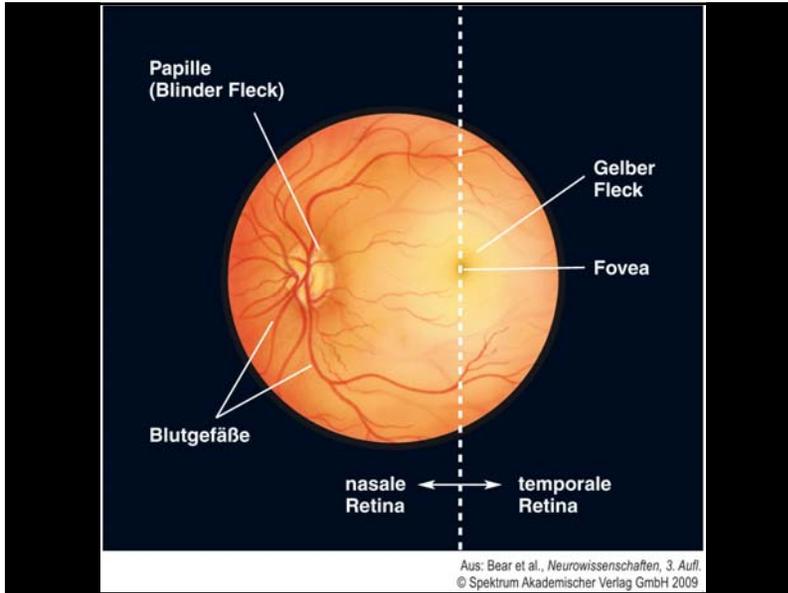
Augenbewegungen



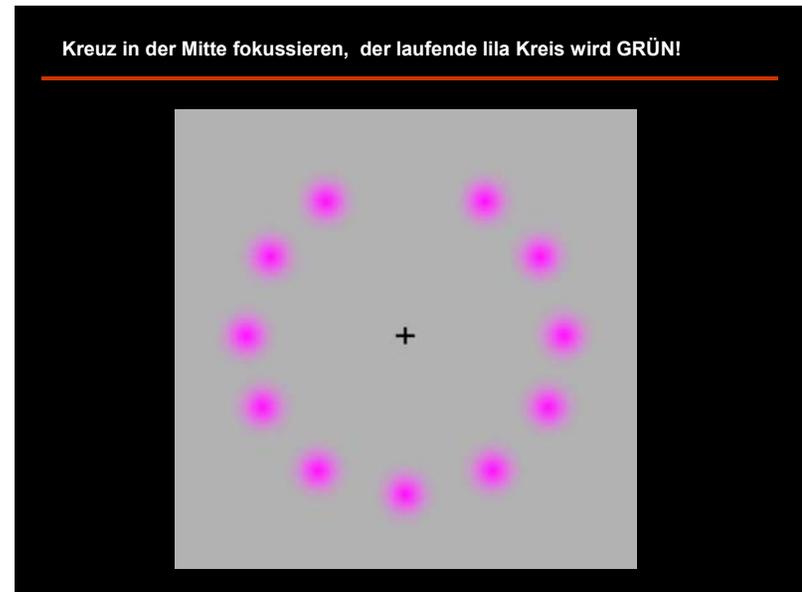
**Stolpersteine der
Wahrnehmung...**



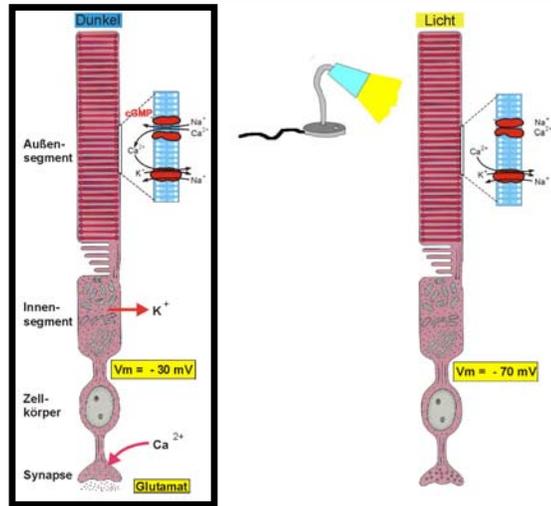




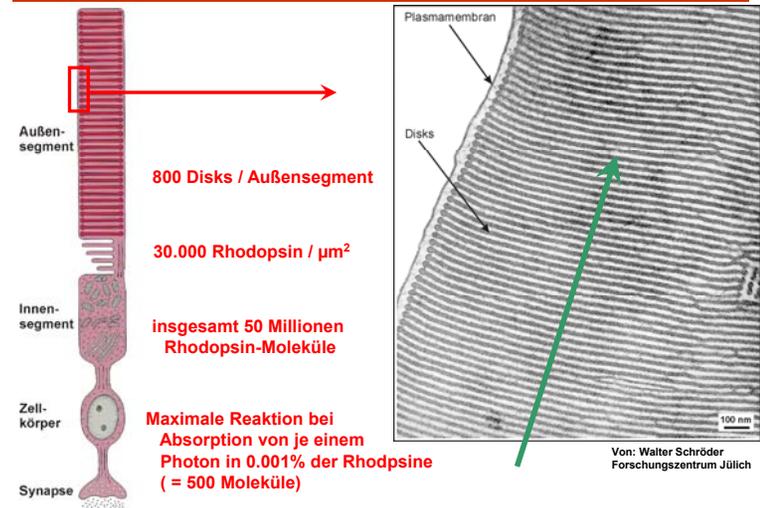
**Funktionsweise
der
Fotorezeptoren**



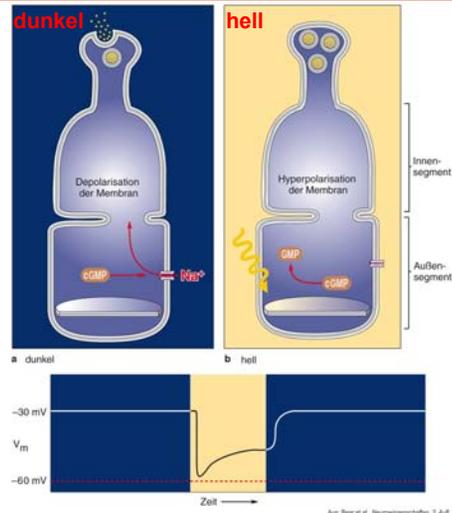
Funktionsweise der Photorezeptoren



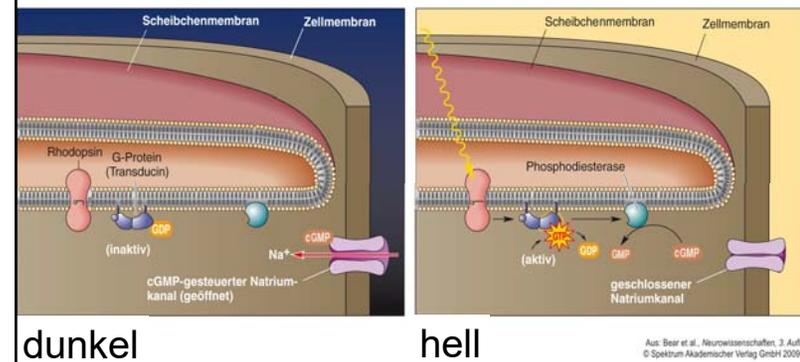
Der Lichtsensor: Rhodopsin



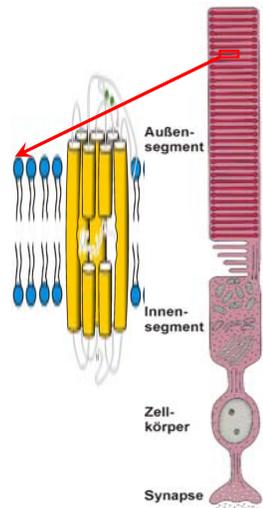
Signaltransduktion in Photorezeptoren



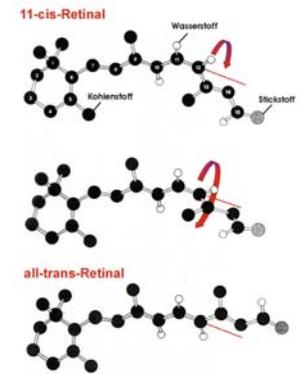
Signaltransduktion in Photorezeptoren



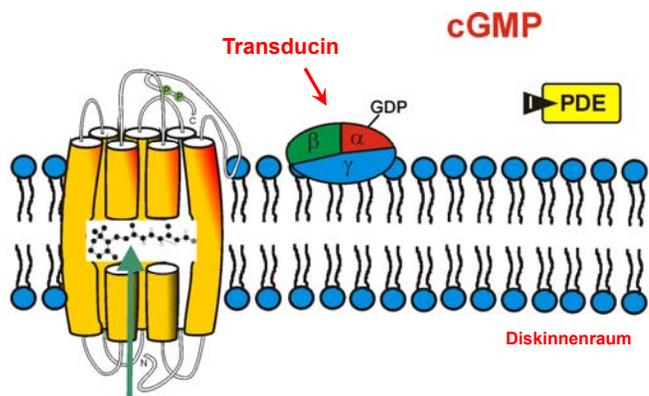
Opsin + Retinal = Rhodopsin



Opsin + Retinal = Rhodopsin



Vom Photon über das chemische Signal ...



Vom Photon über das chemische Signal ...

