

Ringvorlesung:
Sensorik und Wahrnehmung I
Wintersemester 2008 / 2009

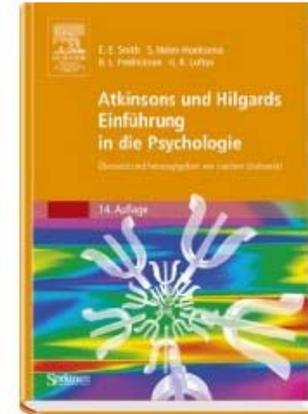
Thomas Schmidt

Folien: <http://www.allpsych.uni-giessen.de/thomas>

Literatur

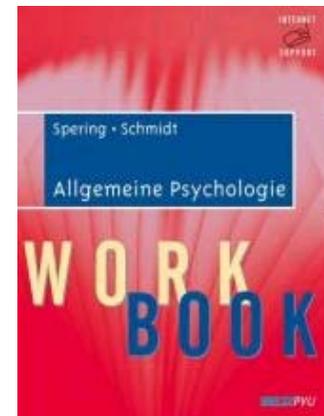
Prüfungsliteratur:

- Smith, E.E., Nolen-Hoeksema, S., Fredrickson, B. L., & Loftus, G. R. (2007): *Atkinson und Hilgards Einführung in die Psychologie* (Kap. 4+5). Berlin: Spektrum.



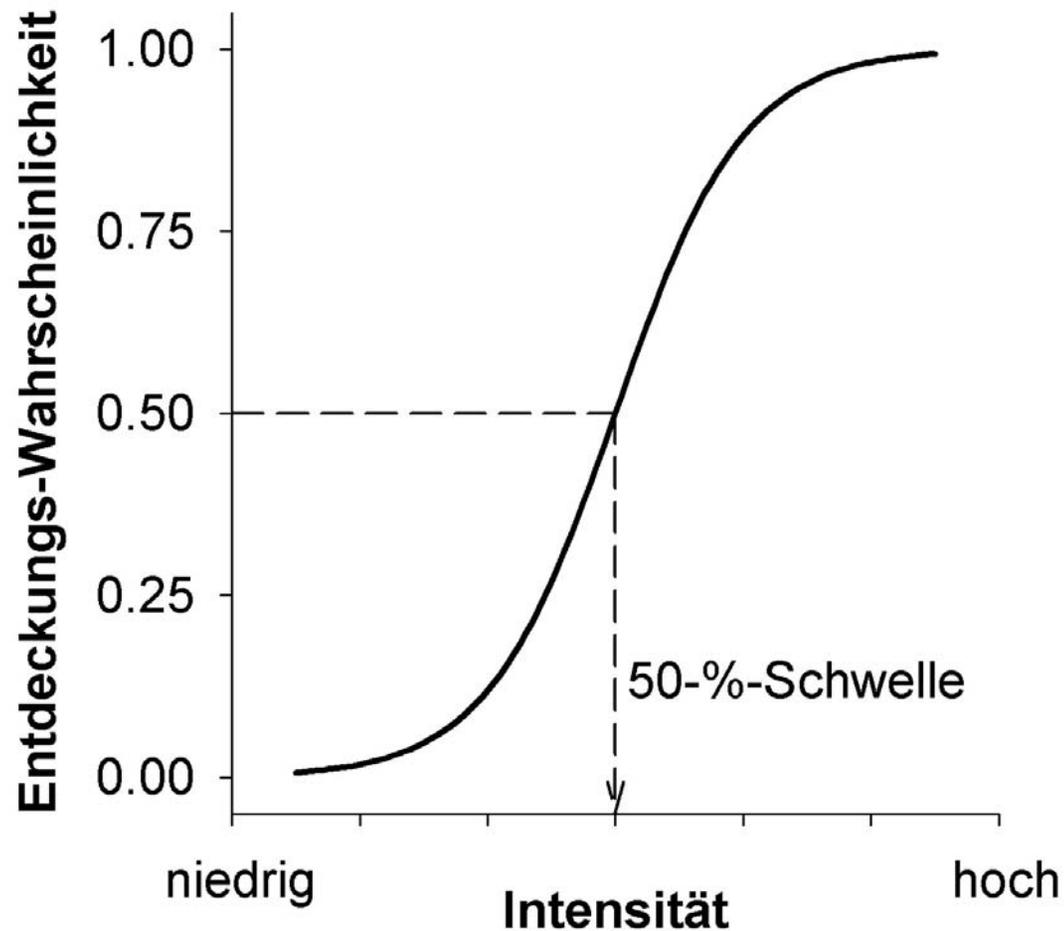
Zur Ergänzung, aber keine Prüfungsliteratur

- Spering, M., & Schmidt, T. (2008). *Workbook Allgemeine Psychologie* (Kap. 1). Weinheim: Beltz.



Psychometrische Funktion

Entdeckungs-Experiment:



Gesetze der Psychophysik

Definition

Webersches Gesetz

Die Unterschiedsschwelle ΔS zweier Reize ist proportional zur Größe des Standardreizes S , also $\Delta S = k \cdot S$. Dabei ist k die sog. Weber-Konstante (in unserem Beispiel 10 %), die für jede Reizmodalität unterschiedlich ist.

Definition

Fechnersches Gesetz

Die Empfindungsstärke E ist proportional zum natürlichen Logarithmus der Reizstärke S , also $E = c \cdot \ln S$. Dabei ist c wieder eine für jede Reizmodalität verschiedene Konstante, die sog. Fechner-Konstante.

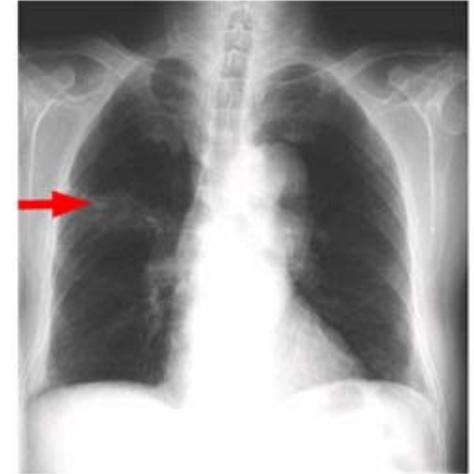
Definition

Stevensches Gesetz

Die Empfindungsstärke E ist eine Potenzfunktion der Reizstärke S , also $E = b \cdot S^a$ (Stevens, 1957). Dabei ist die Konstante b nur zur Skalierung nötig, um die E - und S -Variablen in den gleichen Einheiten ausdrücken zu können; die eigentlich wichtige Größe ist die Stevens-Konstante a , die wieder für jede Reizmodalität unterschiedlich ist.

Signal-Entdeckungs-Theorie

	Reiz präsentiert	Kein Reiz präsentiert
Beobachter entscheidet: „Reiz präsentiert“	Treffer (Hit)	Falscher Alarm (False Alarm)
Beobachter entscheidet: „Kein Reiz präsentiert“	Korrekte Ablehnung (Correct Rejection)	Verpasser (Miss)



Thorax-Röntgenaufnahme eines Patienten mit einem operablen Lungenkarzinom.

Hohe Sensitivität:

Viele Treffer, wenig Falsche Alarme

Konservatives Kriterium:

Man landet wenige Treffer, vermeidet aber Falsche Alarme

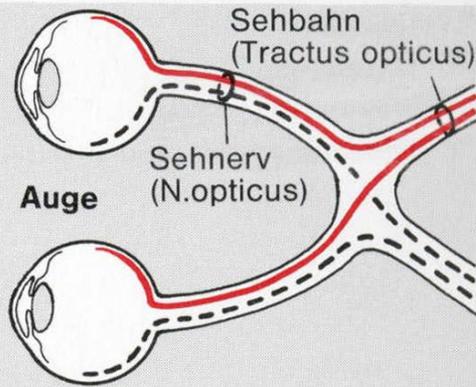
Progressives Kriterium:

Man landet viele Treffer, macht aber auch viele Falsche Alarme

Sinnesphysiol. Begriff

Modalität
Gesichtssinn

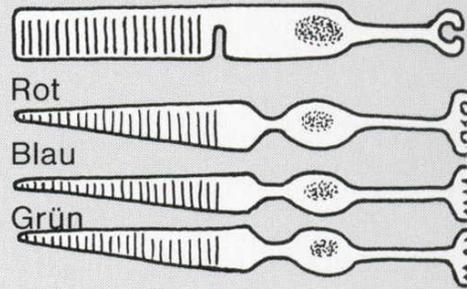
organisches Substrat



Verschiedene Modalitäten haben unterschiedliche Sensoren und werden in unterschiedlichen kortikalen Arealen verarbeitet („labeled lines“)

Qualitäten
Helligkeit
Rot
Grün
Blau

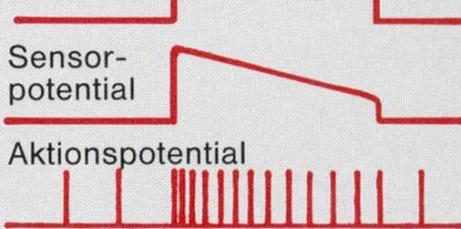
Sensoren für Helligkeit



Qualitäten der Sinnesempfindungen innerhalb einer Modalität sind durch die Sensororgane und durch die kortikale Verarbeitung bedingt

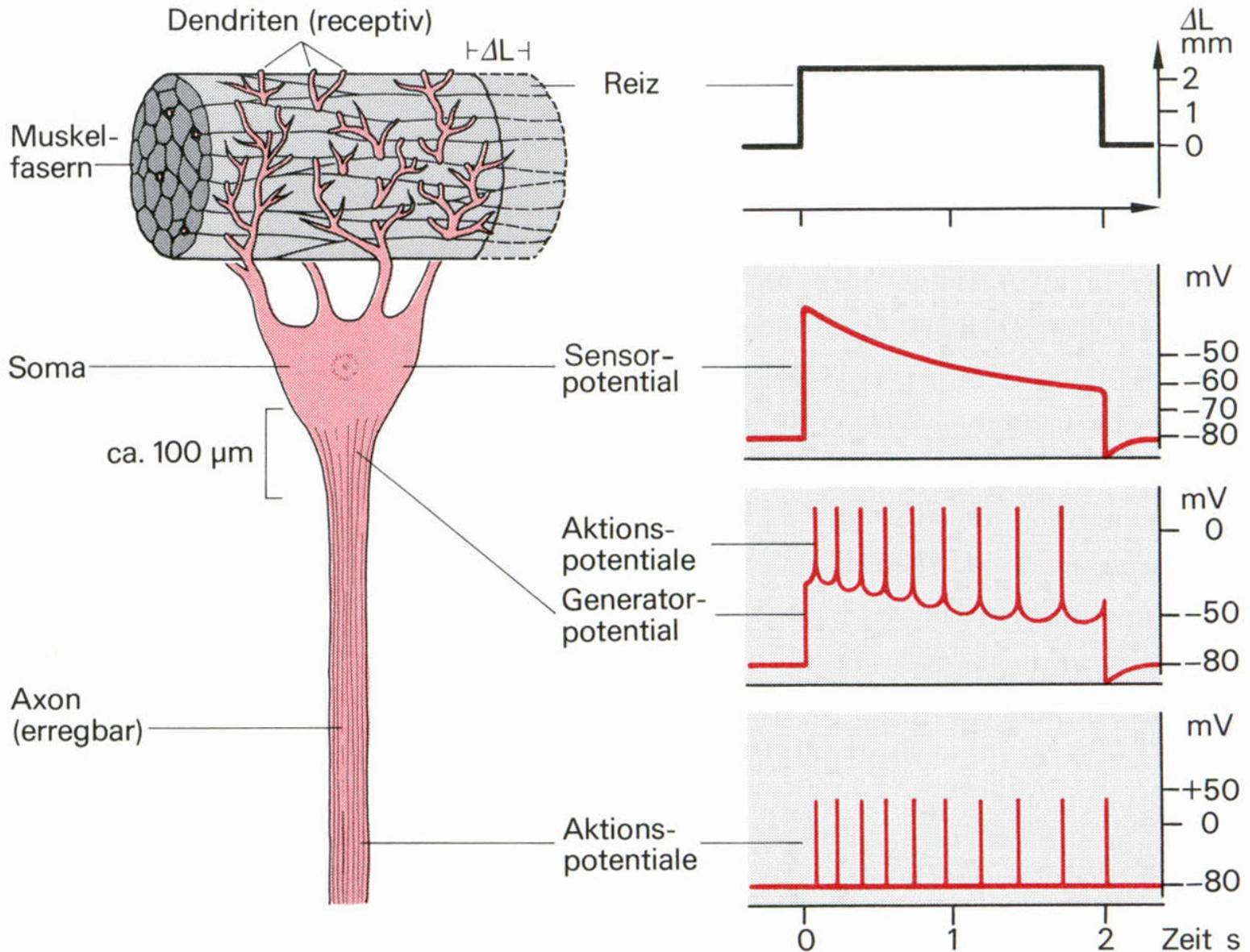
Quantität
Intensität der Lichtempfindung

Amplitude d. Sensorpotent. Lichtreiz

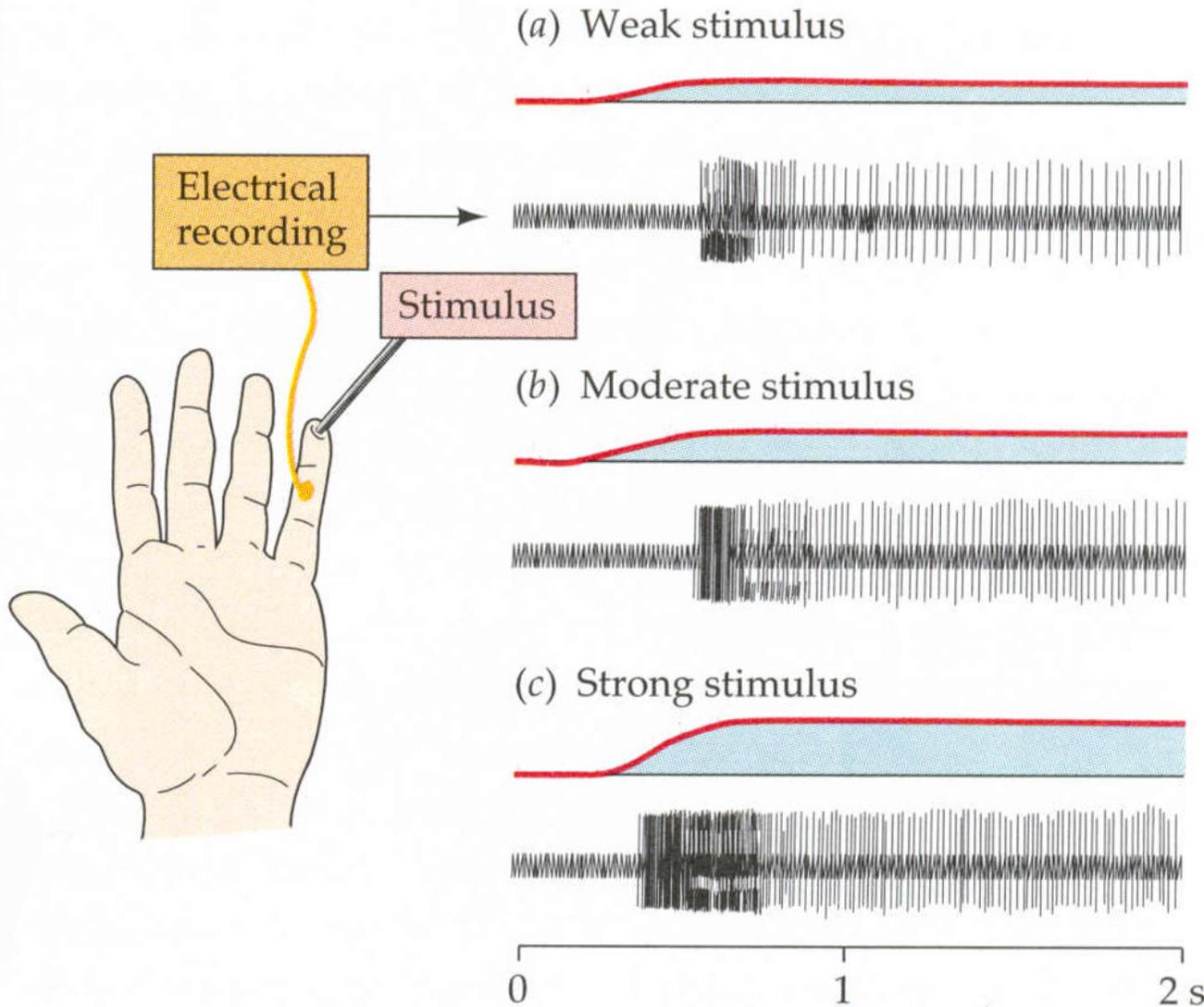


Wenn alles andere gleich bleibt, gilt: Je stärker die Stimulation, desto größer die Anzahl der Aktionspotentiale und die Empfindungsstärke

Transduktion und Transformation



Adaptation



Abweichungen vom momentanen Zustand sind besonders wichtig!

Adaptation verschiebt den Arbeitsbereich des sensorischen Systems hin zu den aktuell gegebenen Reizen.

Visuelle Wahrnehmung



Franz Marc, „Yellow Cow“ (1911)

Die Mehrdeutigkeit visueller Bilder

Verschiedenste Objekte können dasselbe Bild auf der Netzhaut erzeugen.

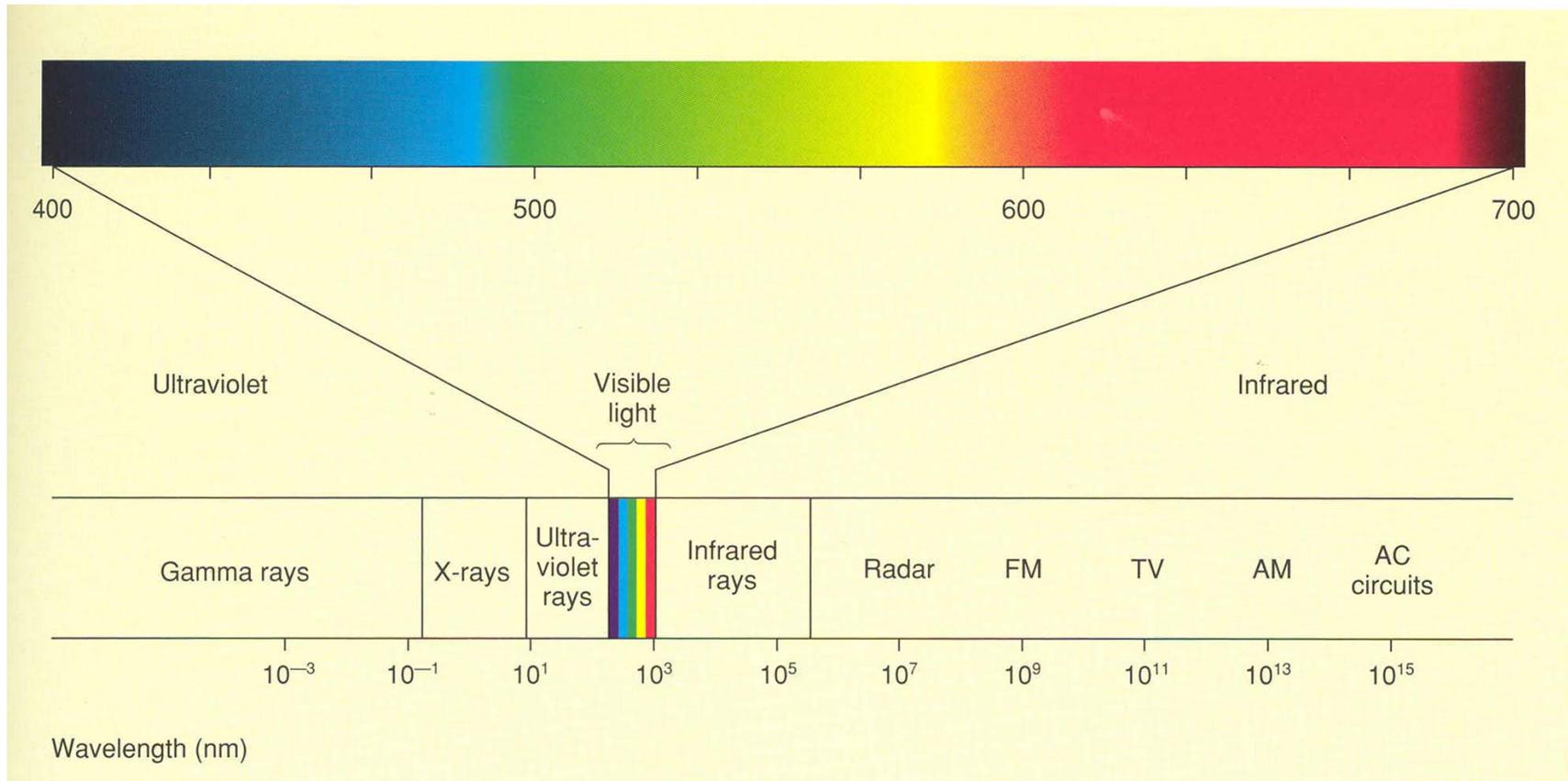
Das visuelle System muss sich daher für eine „plausible“ Interpretation entscheiden.

In einem strengen Sinne sind alle unsere Wahrnehmungen „falsch“, weil sie nur (Re-)konstruktionen der wirklichen Welt sind.



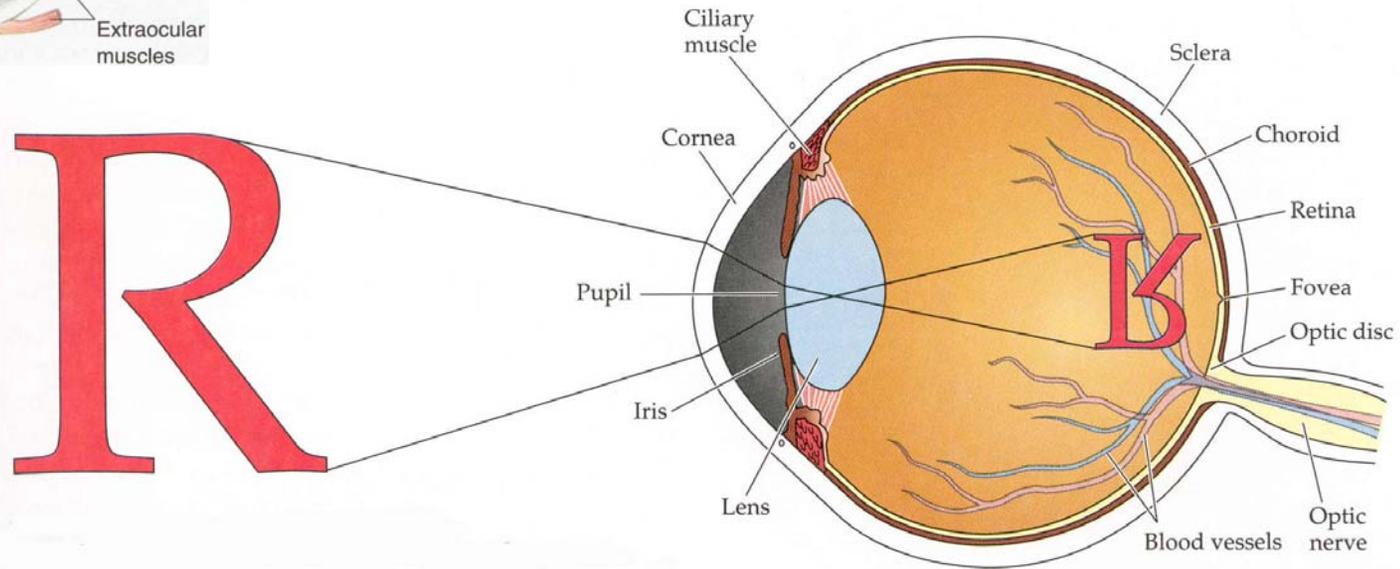
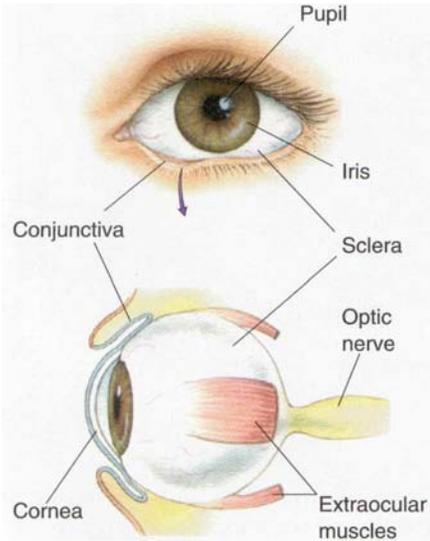
Shigeo Fukuda,
Man kann das Meer nicht schneiden (1988)

Licht



Das Sehsystem ist empfindlich für elektromagnetische Strahlung in einem eng umgrenzten Bereich von Wellenlängen. Nur für Strahlung dieser Wellenlängen besitzen wir Rezeptoren. Andere Tierarten können jedoch UV- oder Infrarot-Strahlung wahrnehmen.

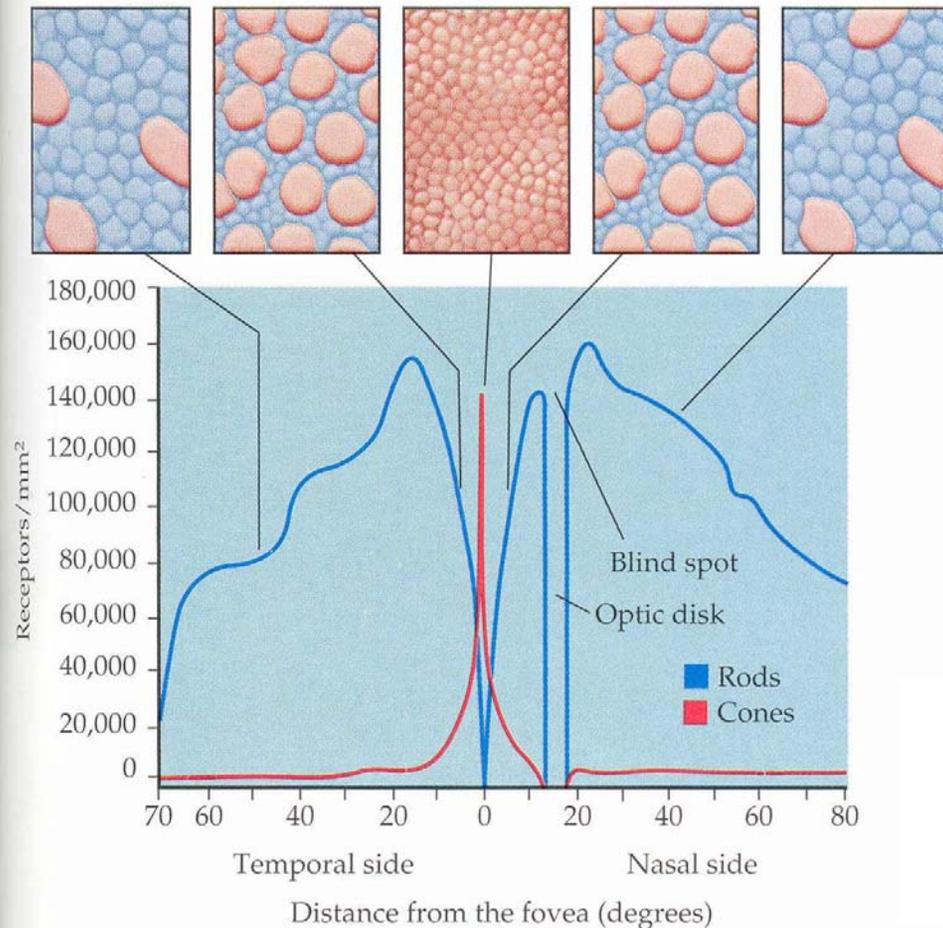
Anatomie des Auges



Auf der Netzhaut entsteht ein umgekehrtes Abbild unserer Umwelt. Das Auge ist aber keine gute "Kamera": Durch wiederholte Lichtbrechung und -beugung ist das Bild auf der Retina unscharf.

Rezeptorverteilung

(a) Distributions of rods and cones across the retina

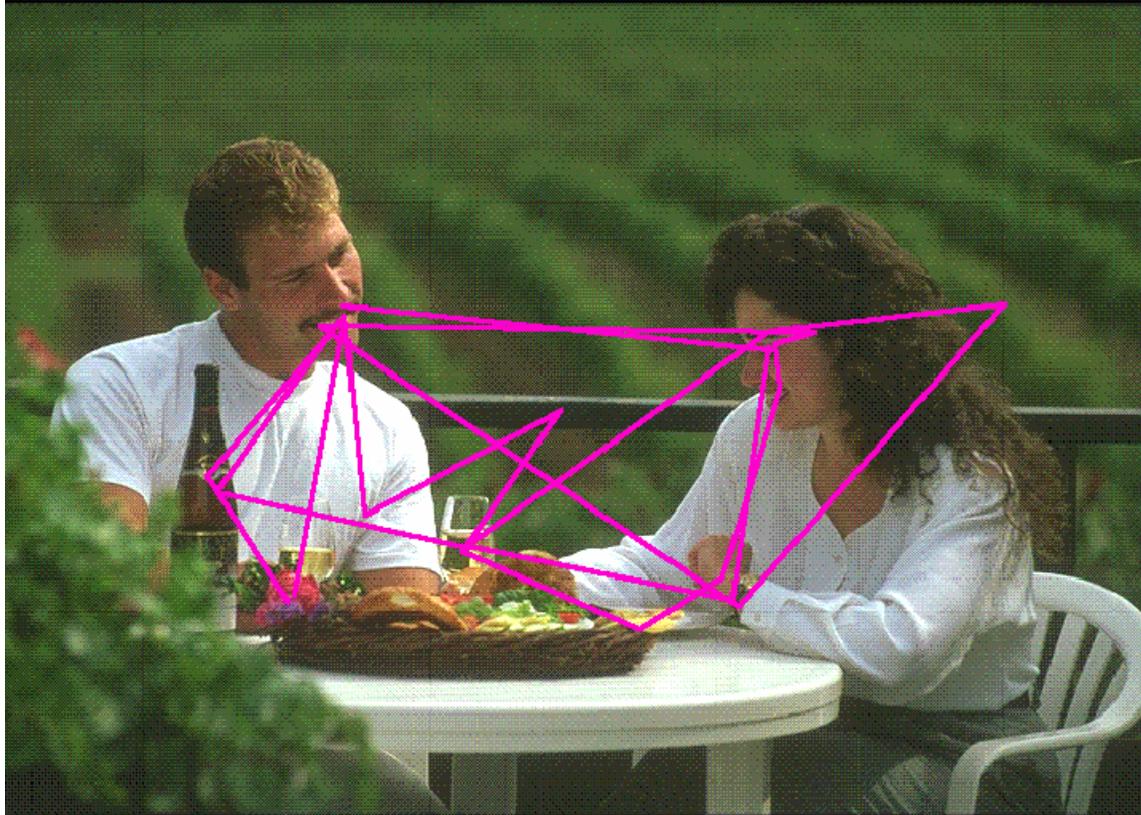


- In der Fovea befinden sich nur Zapfen.
- Am "blinden Fleck" gibt es keine Rezeptoren: dort tritt der Sehnerv aus.
- Die Dichte der Zapfen nimmt zur Peripherie hin rasch ab, es gibt aber überall Zapfen.
- Es gibt mehr Stäbchen (10^8) als Zapfen (5×10^6).
- In der Fovea sind die Rezeptoren dichter gepackt.
- Folge: wir kommen mit weniger Zapfen aus, müssen dafür aber unsere Augen bewegen!

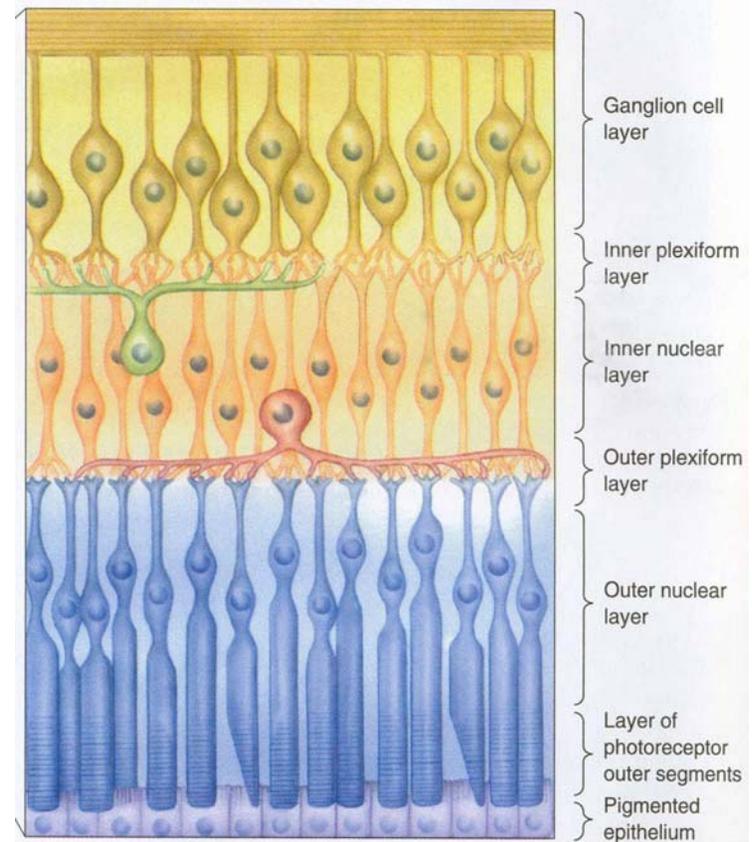
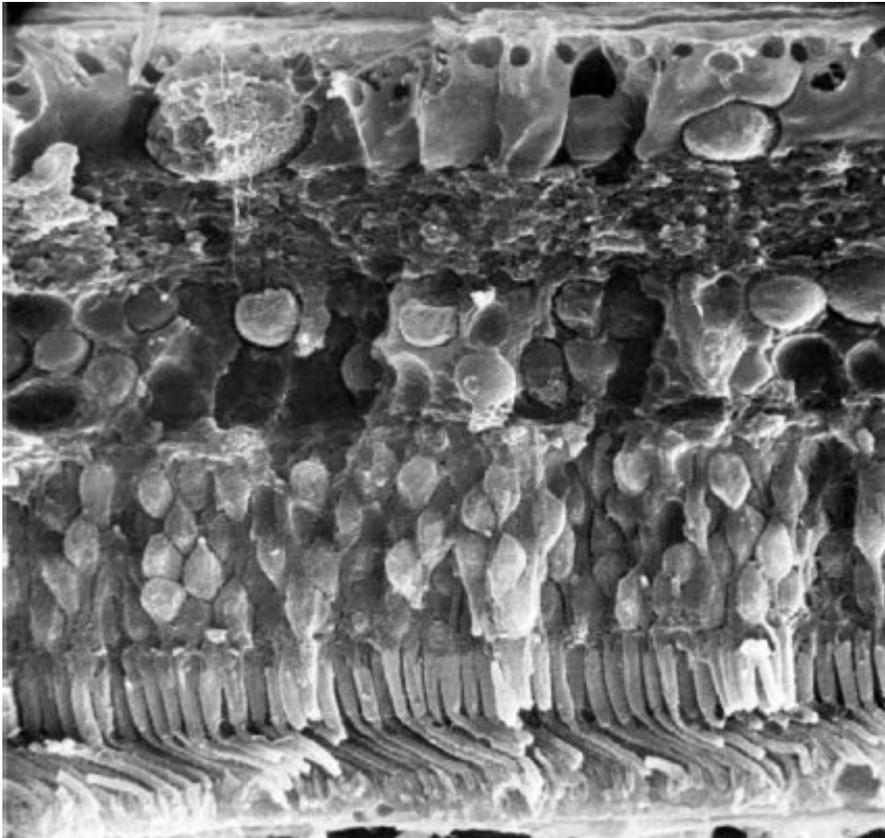
Räumliches Auflösungsvermögen



Blickbewegungen

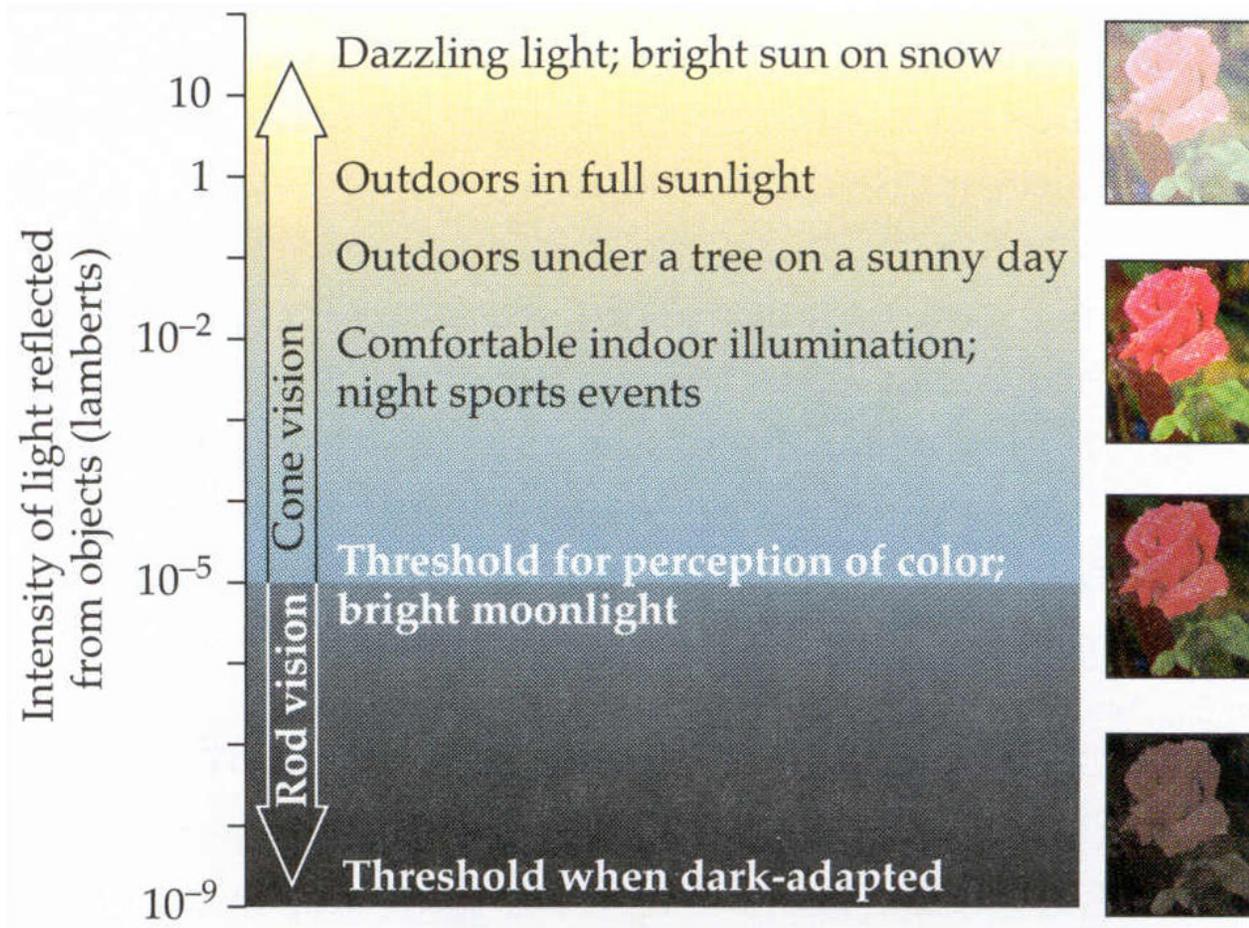


Das retinale Netzwerk



- Die Ganglienzellen leiten die Information vom Auge zum Gehirn.
- Zwischen Rezeptoren und Ganglienzellen gibt es ein Netzwerk aus vertikalen (Bipolarzellen) und horizontalen (Amakrin- und Horizontalzellen) Verbindungen.
- Zapfen und Stäbchen projizieren auf die gleichen Ganglienzellen.

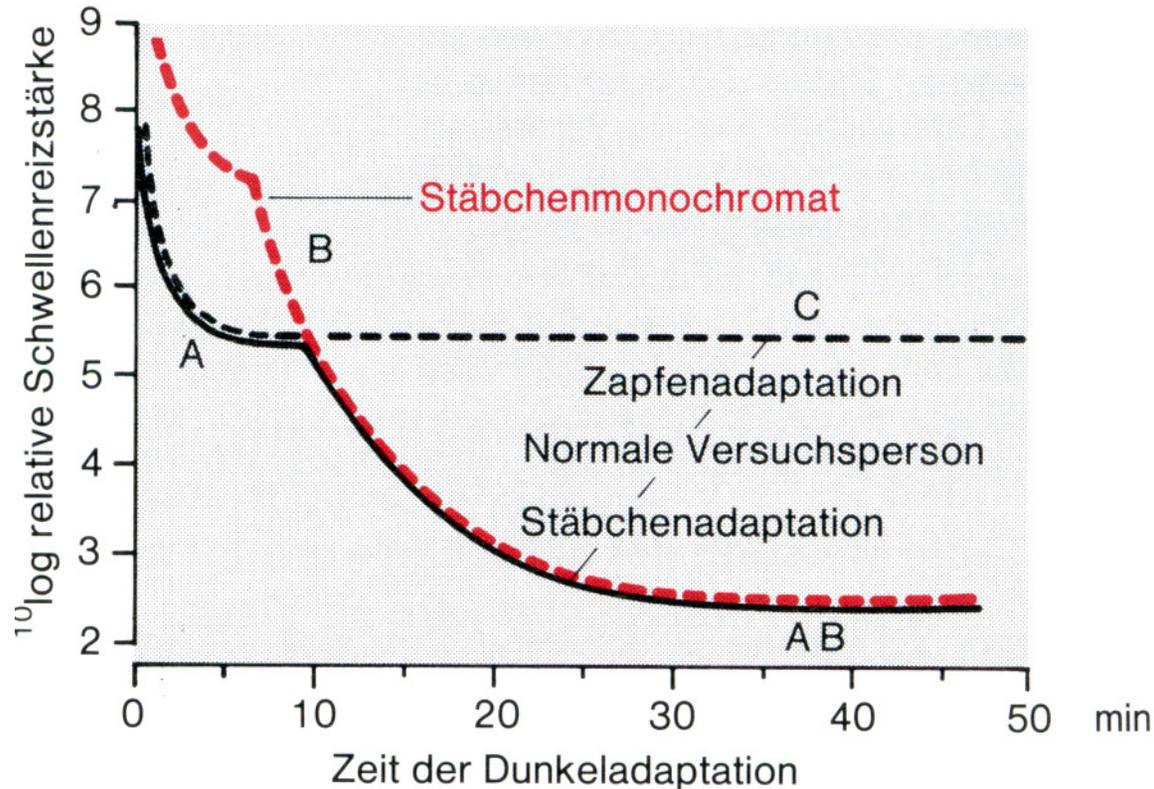
Unser Sehen funktioniert über einen gewaltigen Bereich von Helligkeiten



Zwei Rezeptorsysteme

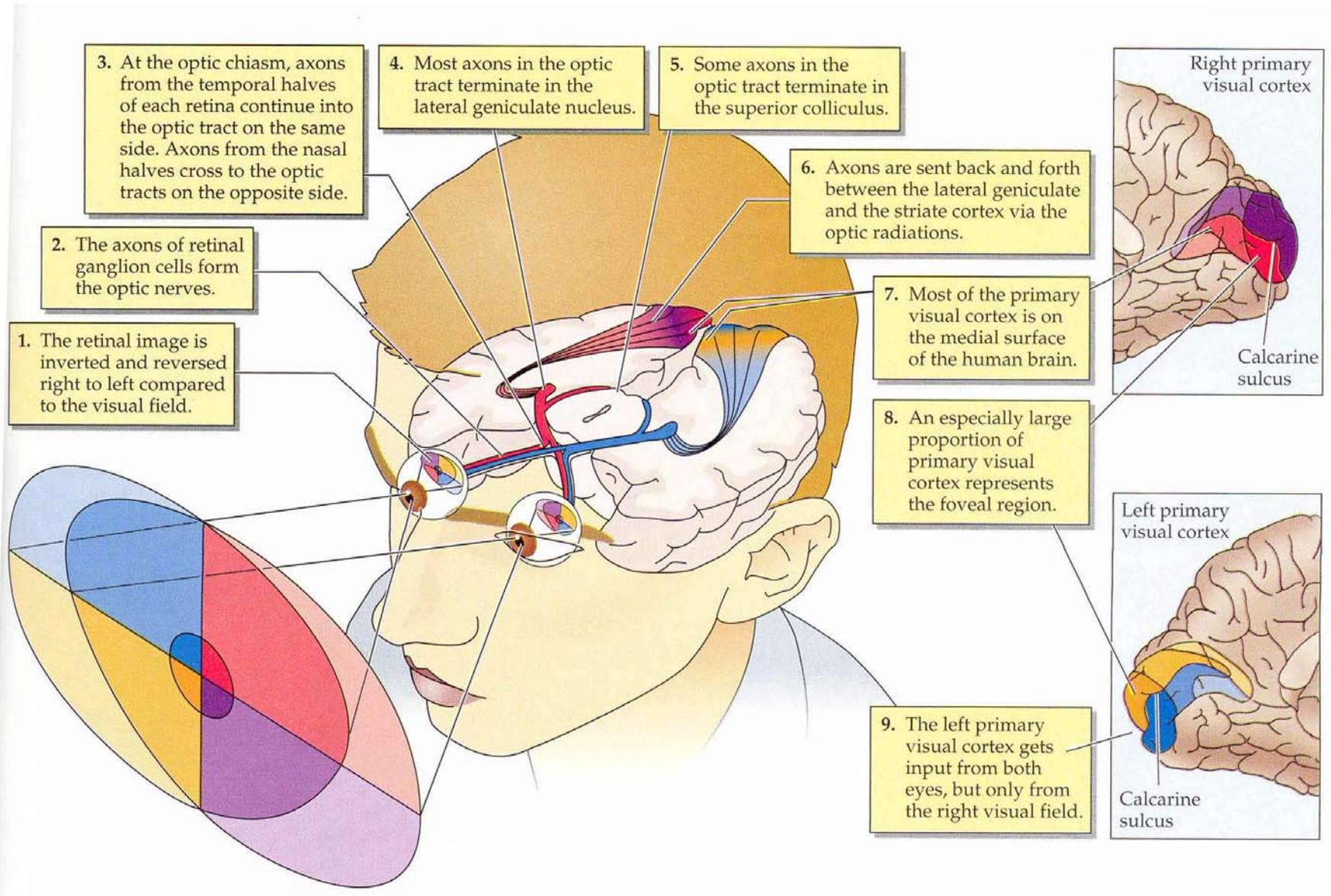
Eigenschaft	Photopisch	Skotopisch
Rezeptoren	Zapfen	Stäbchen
Photopigment	Drei verschiedene Zapfenopsine	Rhodopsin
Empfindlichkeit	Niedrig, für das Tagessehen	Hoch, für das Sehen bei Nacht
Ort auf der Netzhaut	Konzentriert in der Fovea	Ausserhalb der Fovea
Farbdiskrimination	Trichromatisch	Farbenblind
Sehschärfe	Sehr gut in der Fovea, schlechter ausserhalb	Niedrig

Dunkeladaptation

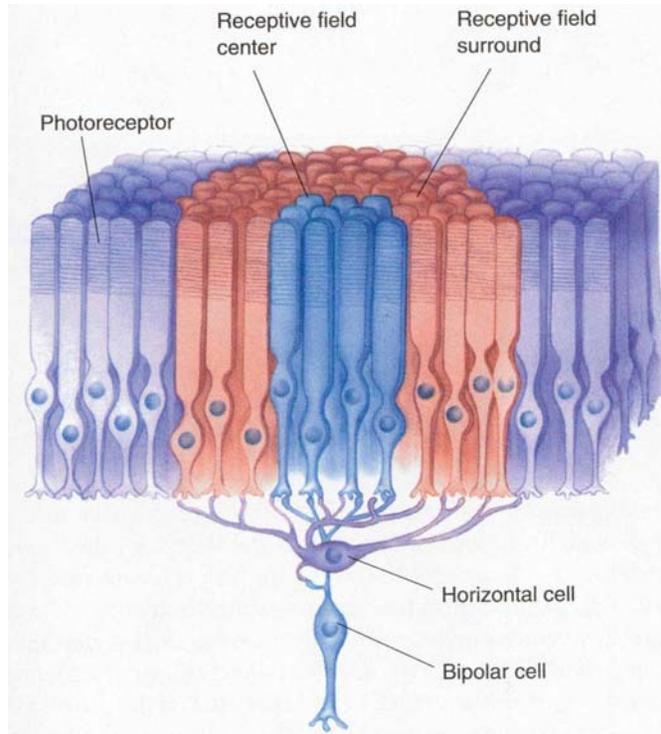


- Erste Reaktion: Änderung der Pupillengröße
- Regeneration von Photopigment: erst Zapfen, dann Stäbchen
- Die empfindlichsten Rezeptoren bestimmen jeweils die Wahrnehmungsschwelle (ergibt den „Knick“ im Adaptationsverlauf)
- Außerdem: neuronale Verstärkung

Retino-kortikale Bahnen

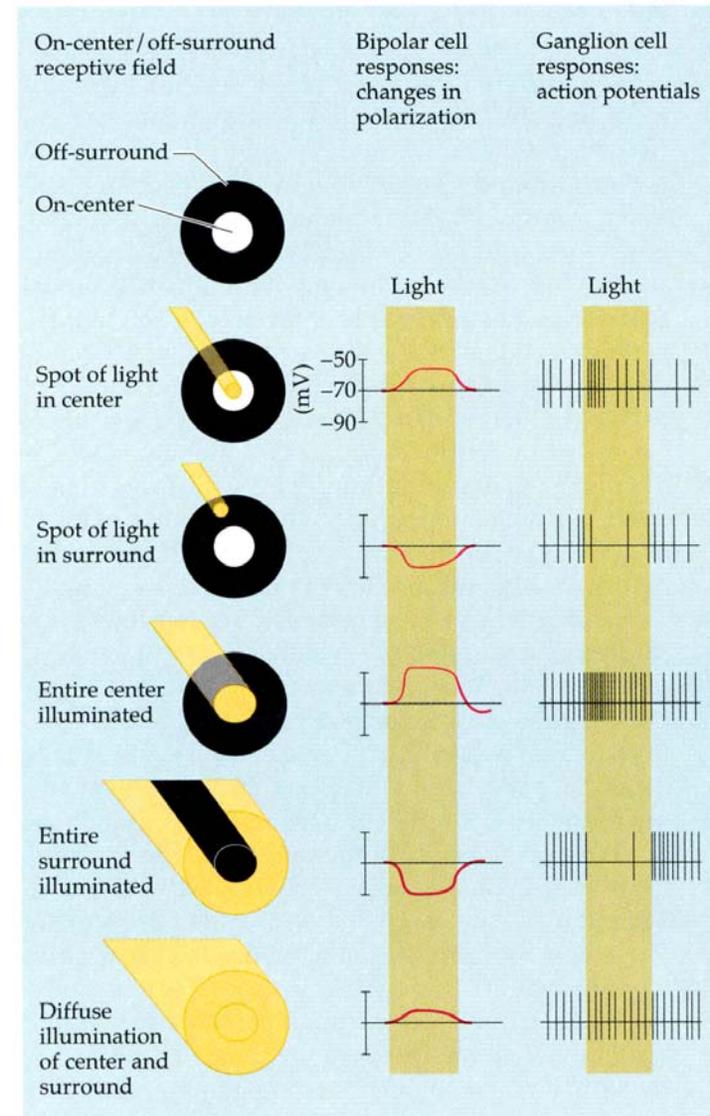


Rezeptive Felder von retinalen Ganglienzellen



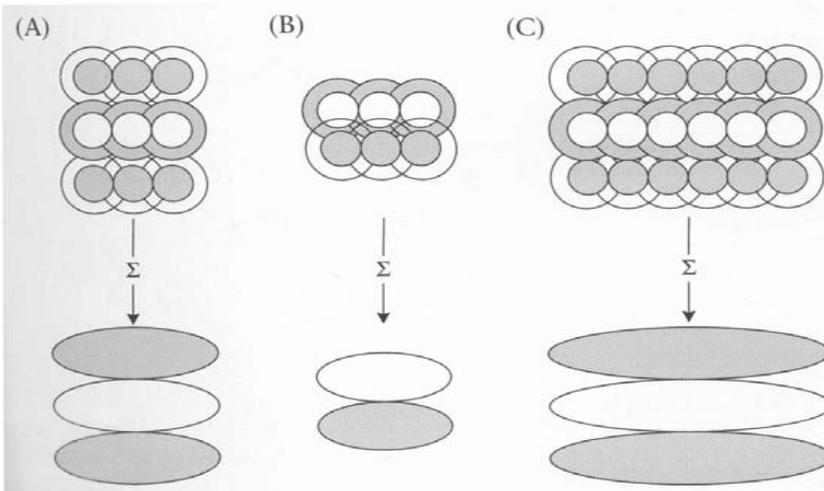
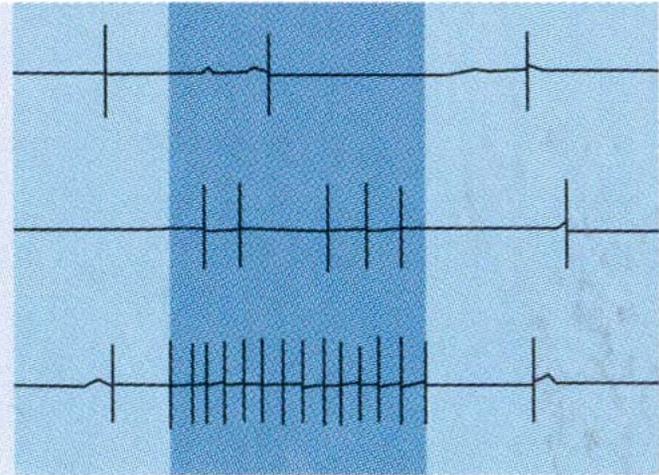
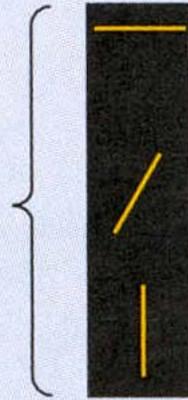
Laterale Hemmung:
wechselseitige Hemmung
benachbarter Zellen

(a) An on-center / off-surround cell



Rezeptive Felder im visuellen Kortex

(b) Orientation-sensitive cortical cell. This cell responds strongly only when the stimulus is a vertical stripe.



Mögliche Verschaltung von konzentrischen RFs zu „simple cells“

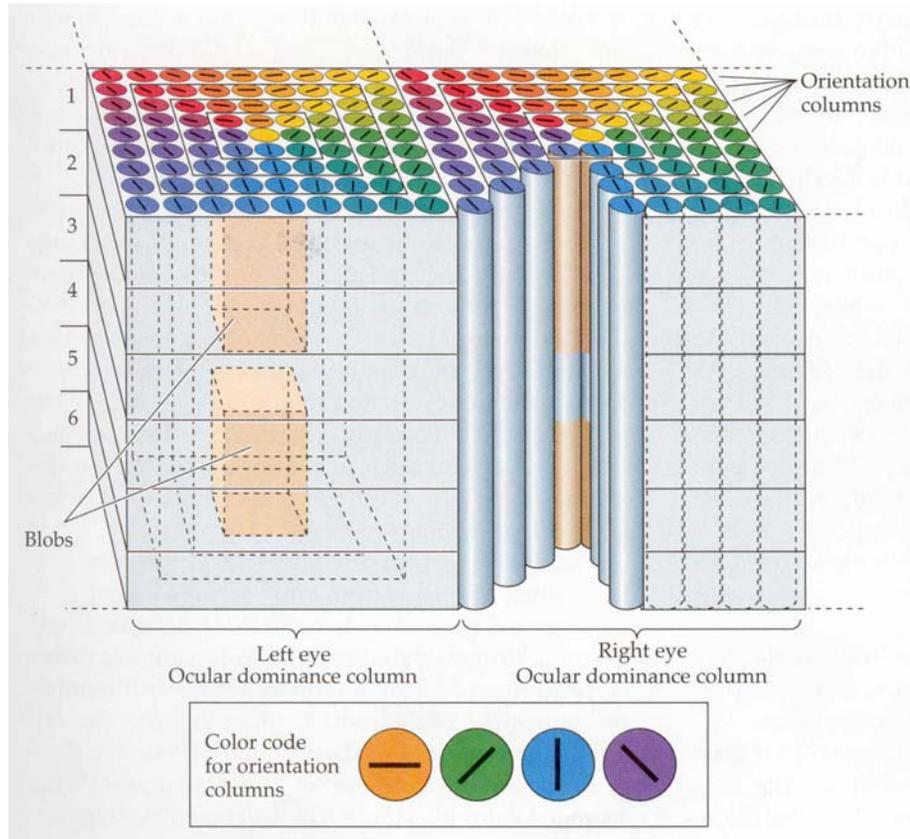
Simple cells: passender Reiz muss an einer bestimmten Stelle des RF sein

Complex cells: passender Reiz darf irgendwo im RF sein

Hypercomplex cells: reagieren auf Ecken

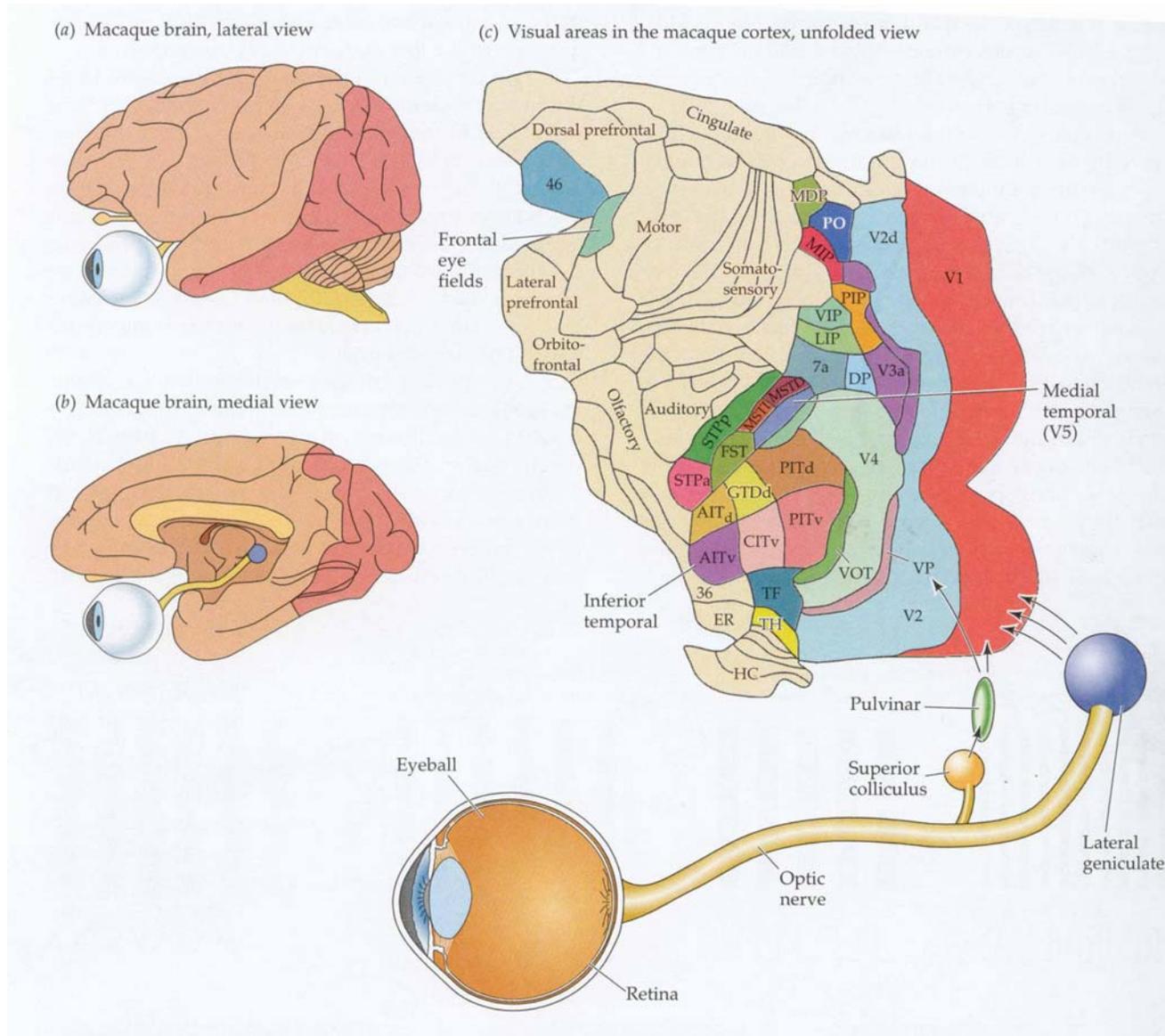
Bewegungselektive Zellen: reagieren auf Reize mit einer bestimmten Richtung

Kolumnare Organisation



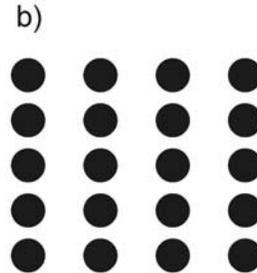
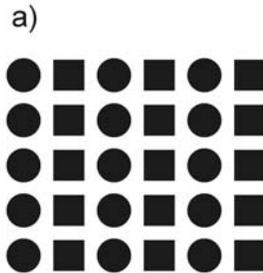
Die Kolumne ist die elementare Recheneinheit im visuellen Kortex. In einer Kolumne sind die Signale aus beiden Augen für alle Orientierungen repräsentiert.

Visueller Assoziationskortex



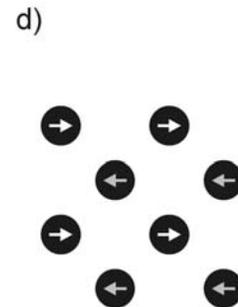
Gestaltgesetze der Gruppierung

Ähnlichkeit

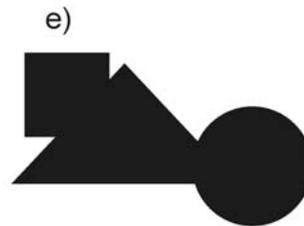


Nähe

Geschlossenheit

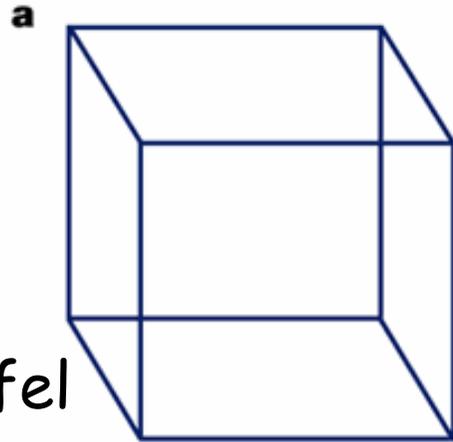


Gemeinsames
Schicksal



Prägnanz

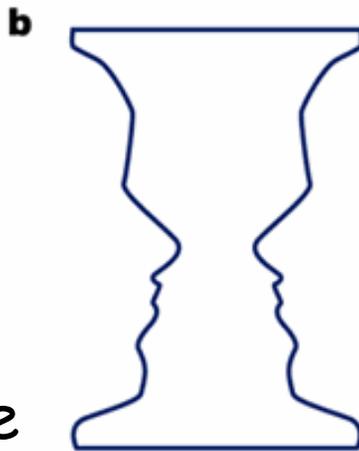
Figur, Grund und multistabile Reize



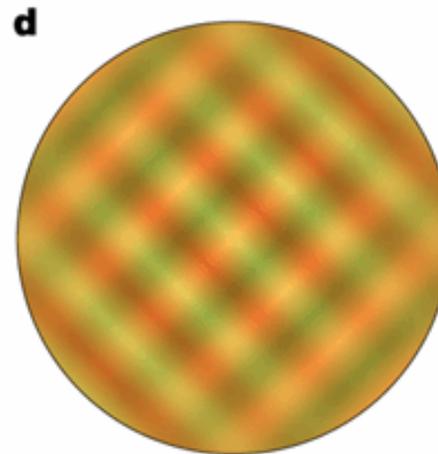
Necker-Würfel



Alte oder
junge Frau?

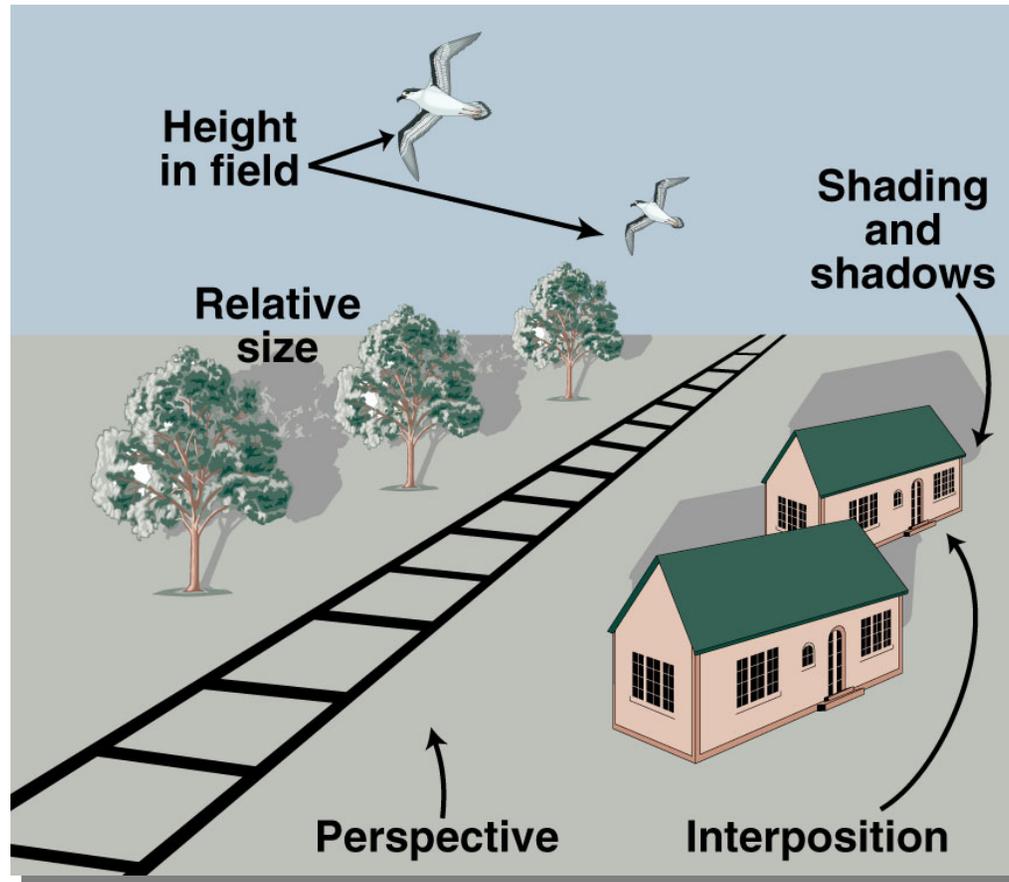


Rubin-Vase



Monocular
Rivalry: rote
oder grüne
Streifen?

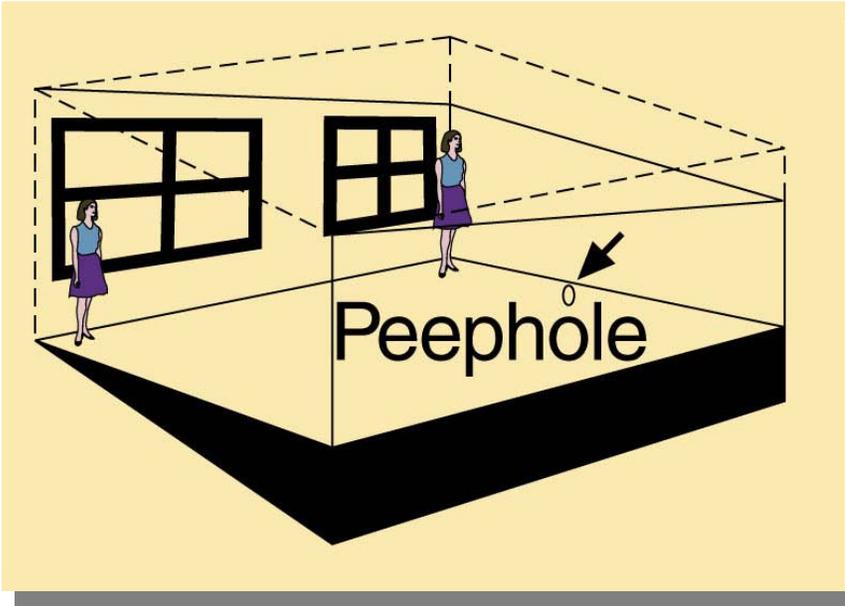
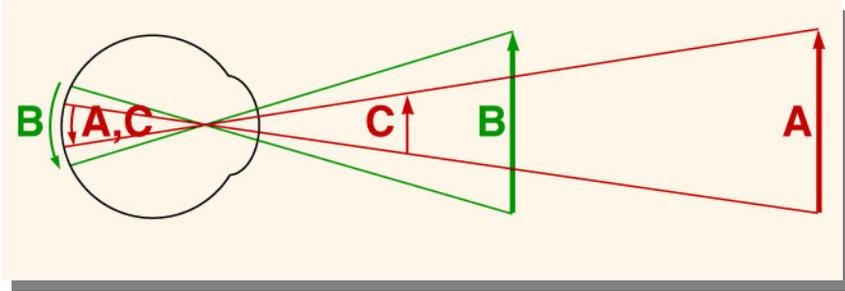
Wahrnehmung von Entfernung

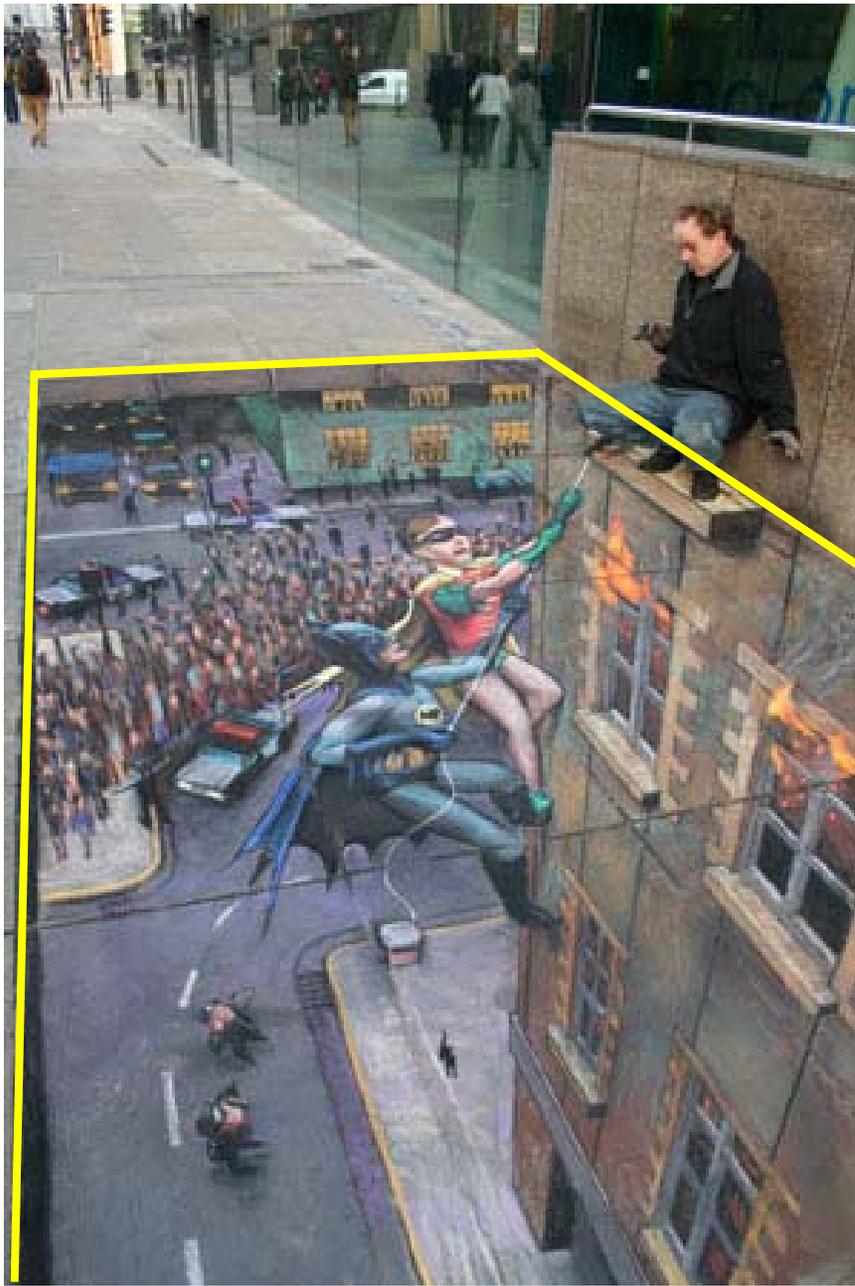


Außerdem:

Tiefensehen (auf kurze Entfernung), Bewegungsparallaxe, Texturgradienten, Dunst und Blauverschiebung

Das Problem der Größenkonstanz





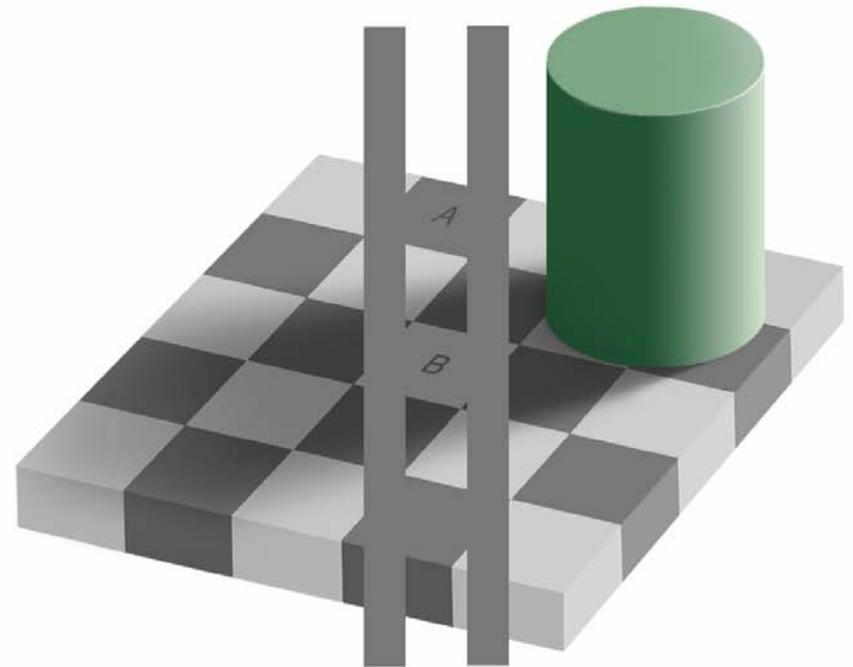
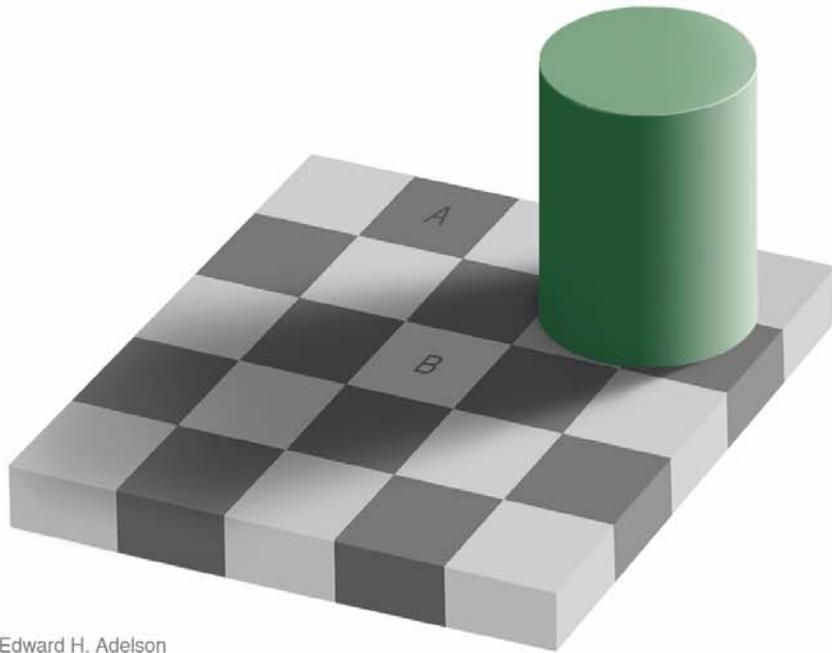
Julian Beever, *Batman and Robin to the Rescue*

Die Wahrnehmung von Helligkeit



Licht und Schatten in einer Szene aus „The Man Who Wasn't There“ (2001)
Regie: Joel & Ethan Coen; Kamera: Roger Deakins

Helligkeitskonstanz

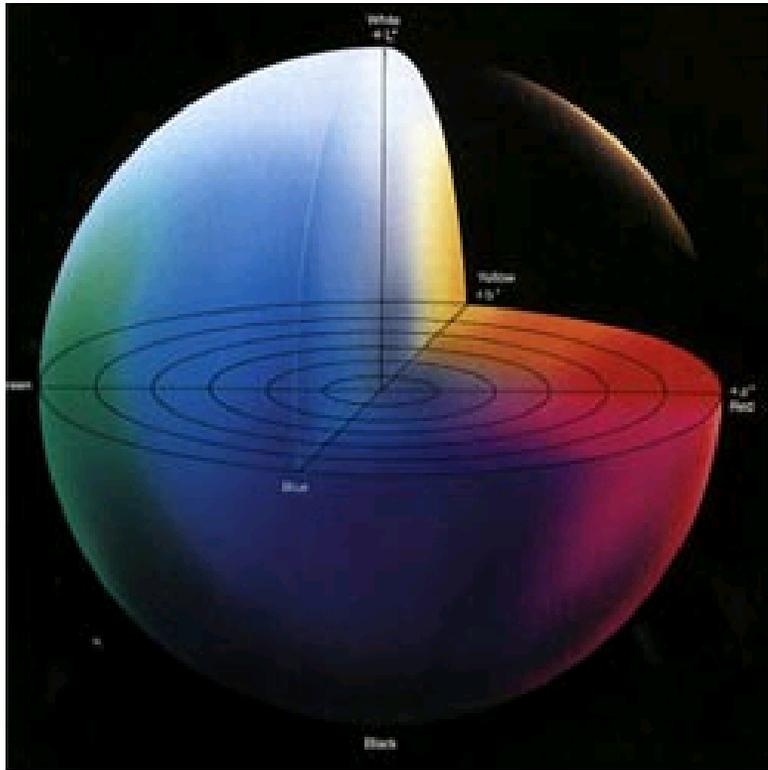


Edward H. Adelson

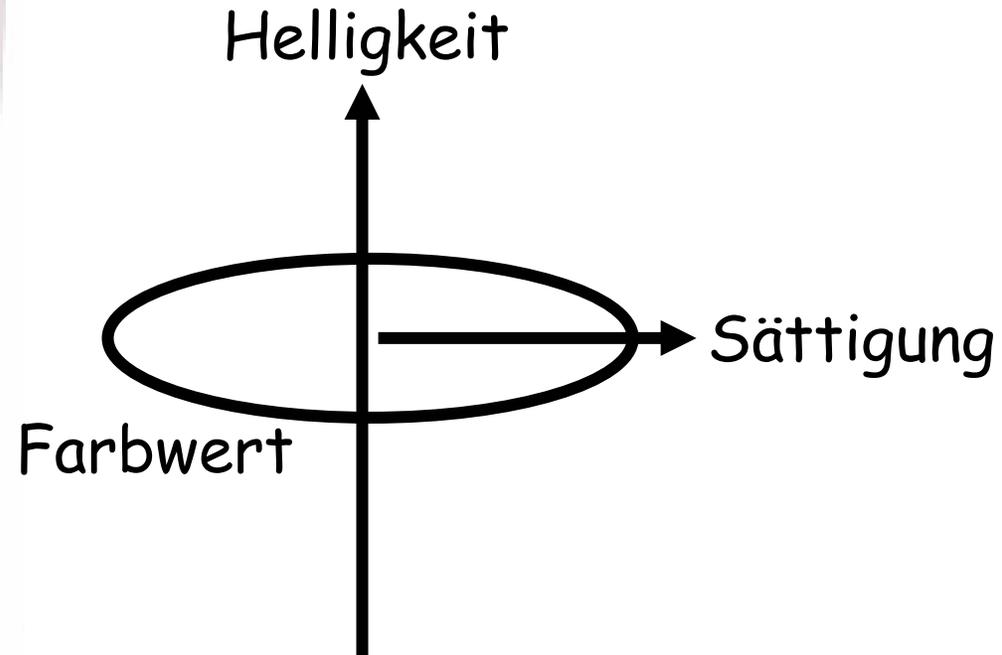
Farbwahrnehmung



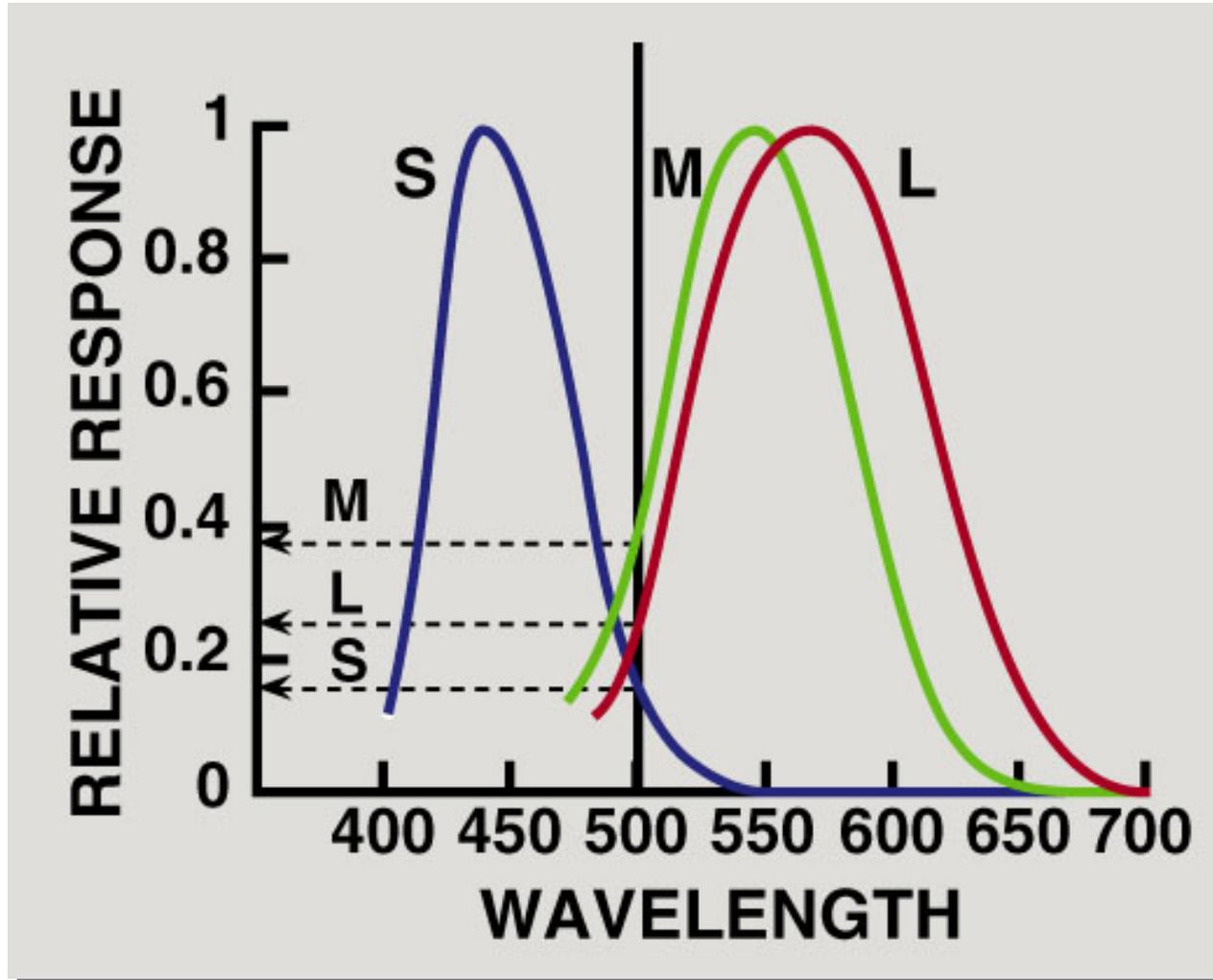
Dimensionen des Farbraums



CIE 1976 L*a*b*, Color Space



Die Basis des Farbensehens: Drei Typen von Zapfen

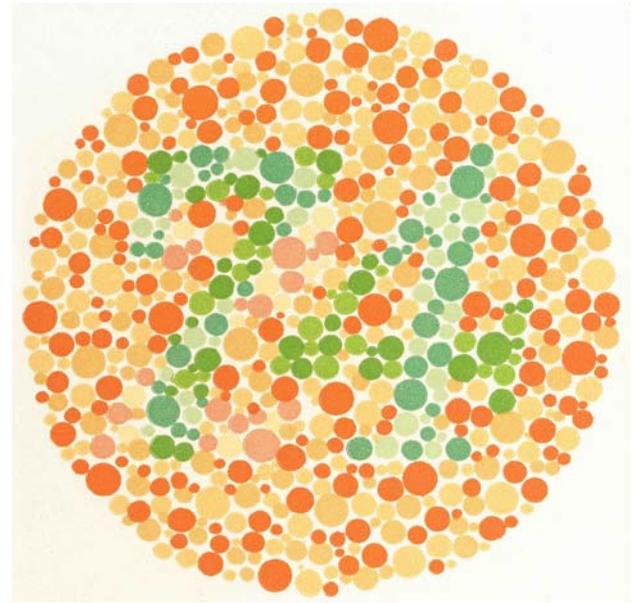


Farbenblindheit

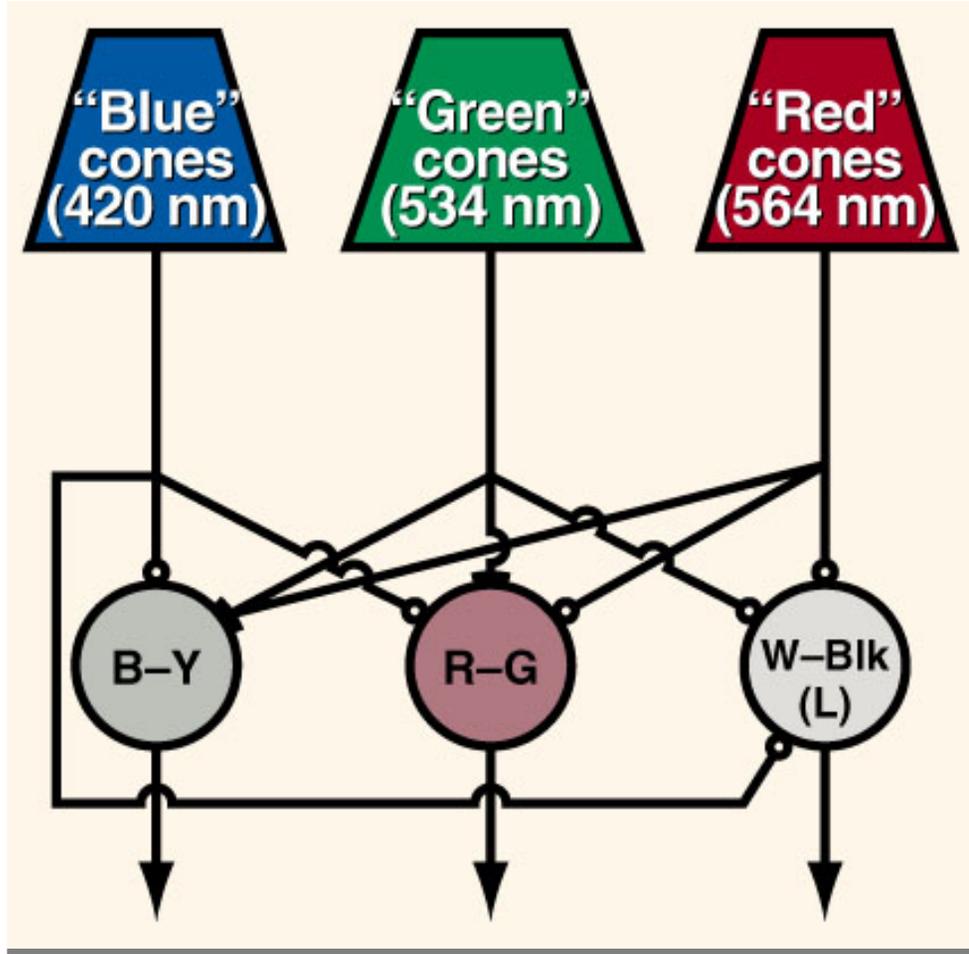
Bestimmte Zapfentypen fehlen:
Dichromaten haben noch zwei,
Monochromaten noch einen

Vor allem Männer sind betroffen: auf
eine fehlerhafte Kopie des Y-
Chromosoms zurückzuführen

Für Rot-Grün-Blinde (häufigste Form)
sind rote und grüne Farben nicht
unterscheidbar



Gegenfarbmechanismen

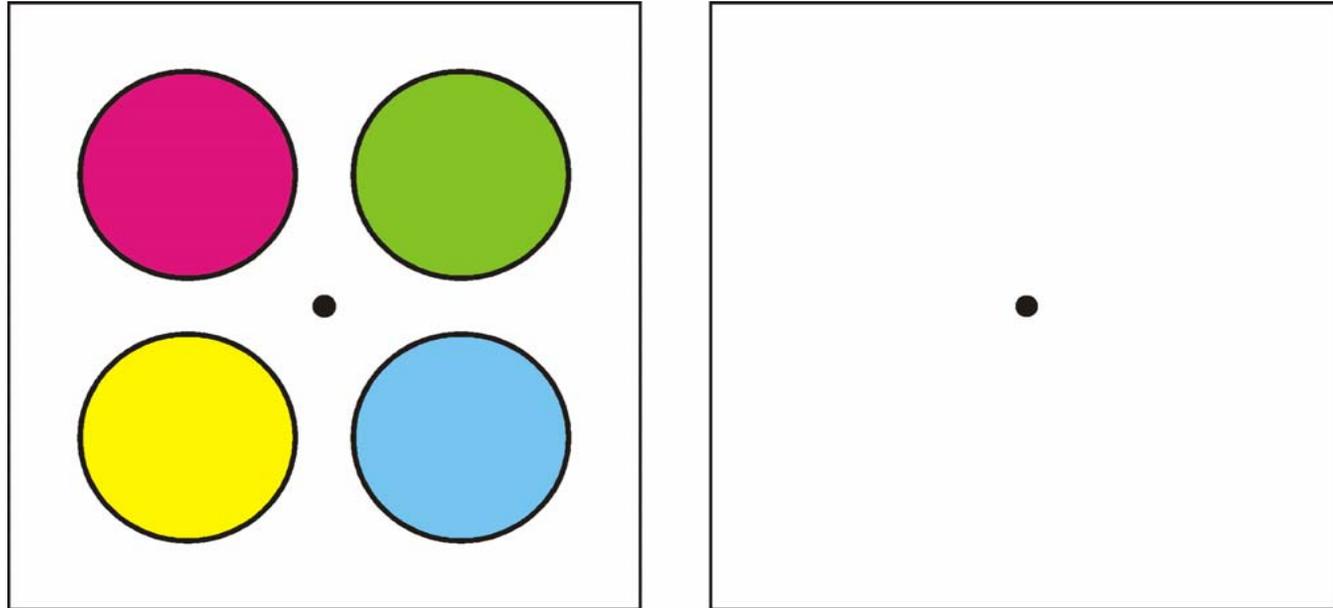


Zapfen

Retinale
Ganglienzellen und
Gehirn

Gegenfarb-Kanäle sorgen dafür, dass die Informationen der Zapfen optimal aufgeteilt werden, obwohl deren Absorptionsspektren ähnlich sind.

Farb-Nacheffekt durch Adaptation von Rezeptoren



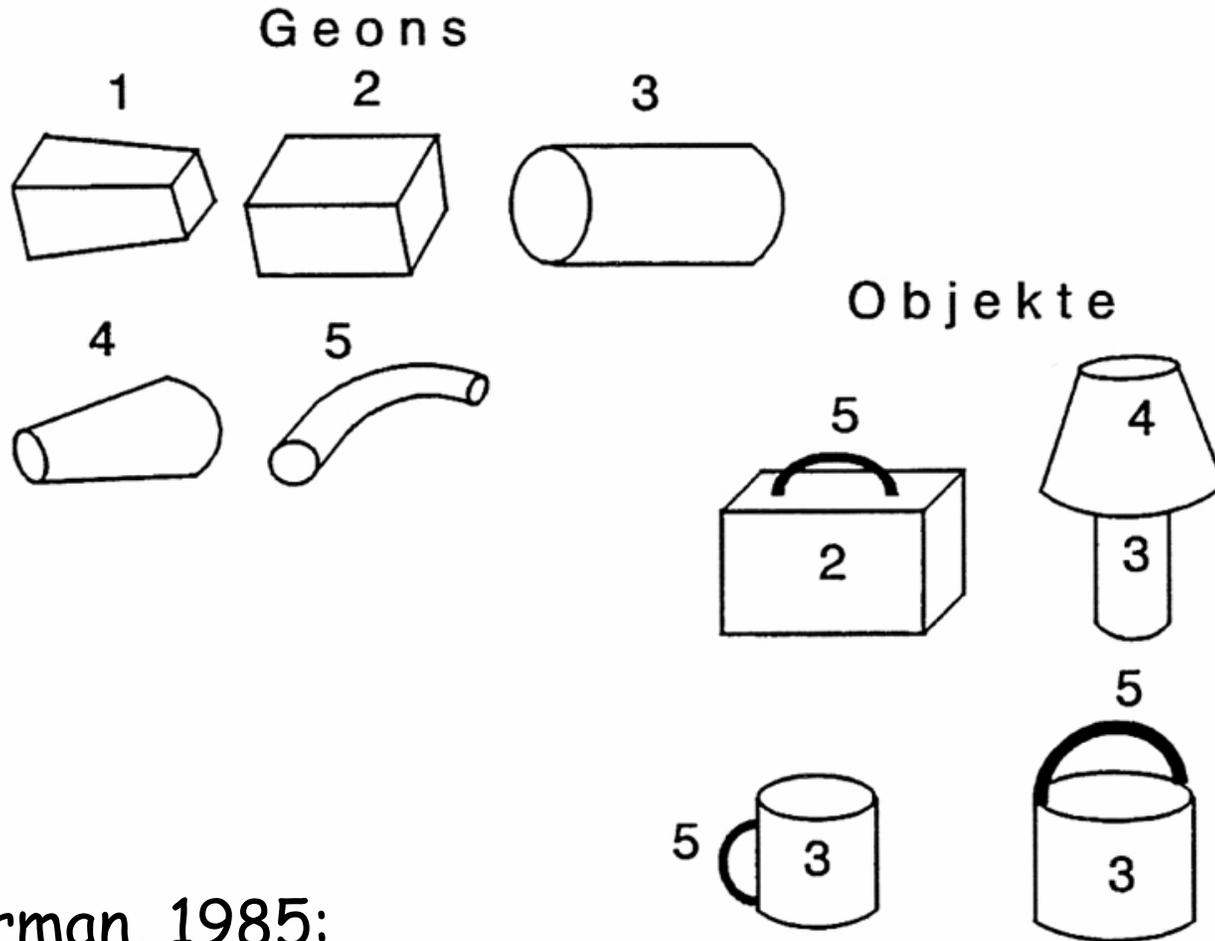
Bewegungswahrnehmung



Scheinbewegung: Bei stroboskopisch präsentierten Bewegungsabläufen (einzelnen Bildern, wie in Fernsehen oder Kino)

Das System ist besonders empfindlich für „biologische Bewegung“ (e.g., point-light walkers)

Objekterkennung



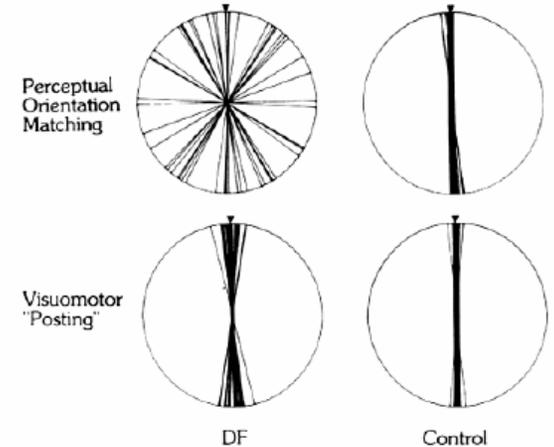
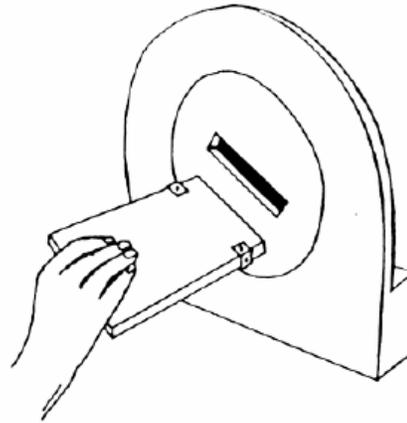
Biederman, 1985:

Wir erkennen Objekte anhand bestimmter Grundbausteine („Geonen“)

Top-Down-Verarbeitung: Welcher Objektteil wird wie interpretiert?



Visuelle Steuerung von Körperbewegungen



Milner & Goodale: Dissoziation zwischen Wahrnehmung und Handlung bei Patientin DF mit Schädigung des ventralen Stroms

Nächste Woche

Wegen Berufungsvorträgen in
Biologischer Psychologie: Vorlesung nur
von 8:00 Uhr (pünktlich!) bis 9:00 Uhr

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

Ringvorlesung:
Sensorik und Wahrnehmung II
Wintersemester 2008 / 2009

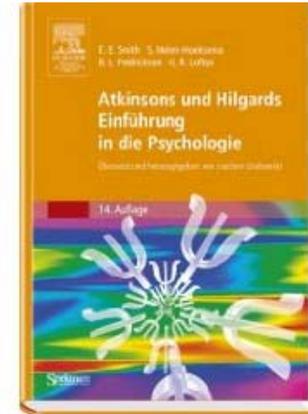
Thomas Schmidt

Folien: <http://www.allpsych.uni-giessen.de/thomas>

Literatur

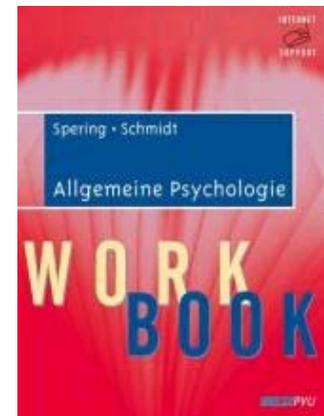
Prüfungsliteratur:

- Smith, E.E., Nolen-Hoeksema, S., Fredrickson, B. L., & Loftus, G. R. (2007): *Atkinson und Hilgards Einführung in die Psychologie* (Kap. 4+5). Berlin: Spektrum.



Zur Ergänzung, aber keine Prüfungsliteratur

- Spering, M., & Schmidt, T. (2008). *Workbook Allgemeine Psychologie* (Kap. 1). Weinheim: Beltz.



Auditive Wahrnehmung



Miles Davis (ca. 1964)

Die Hörwelt



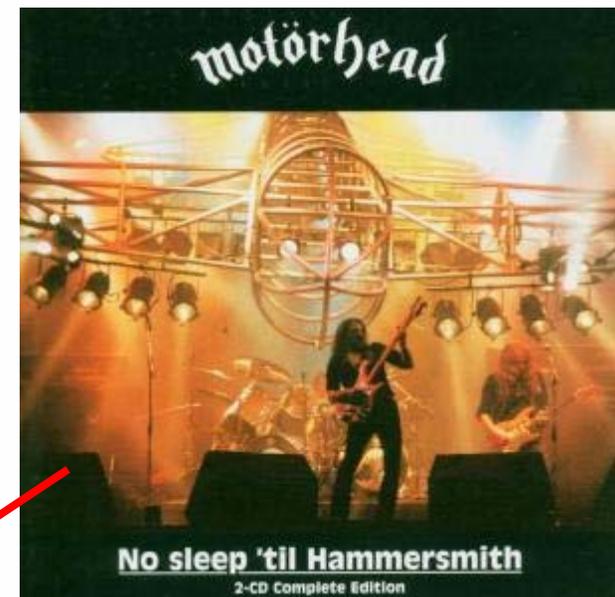
Schall

- Schall: Schwankungen des Luftdrucks im hörbaren Frequenzbereich
- Schalldruck: Kraft pro Fläche in Mikropascal ($1 \mu\text{Pa} = 1/1.000.000 \text{ N/m}^2$)
- Kleinste wahrnehmbare Änderung des Schalldrucks: ca. $20 \mu\text{Pa}$.
- Schmerzgrenze: ca. 100 Mio. μPa .
- Schallgeschwindigkeit in Luft: 344 m/s
- Schallgeschwindigkeit in Salzwasser: 1500 m/s

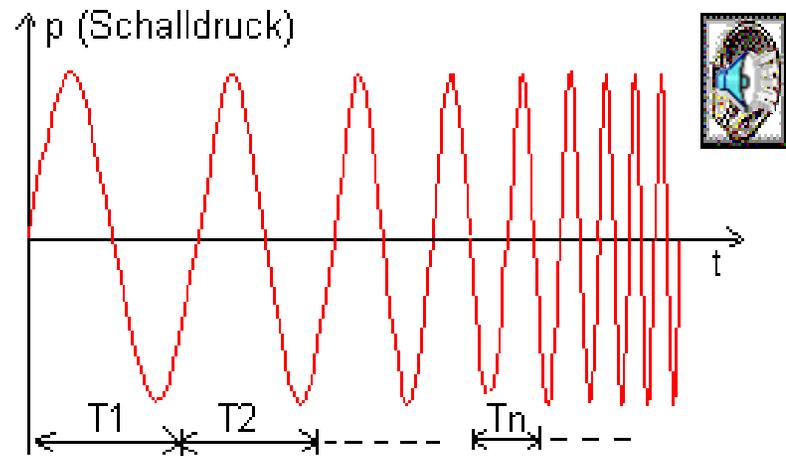
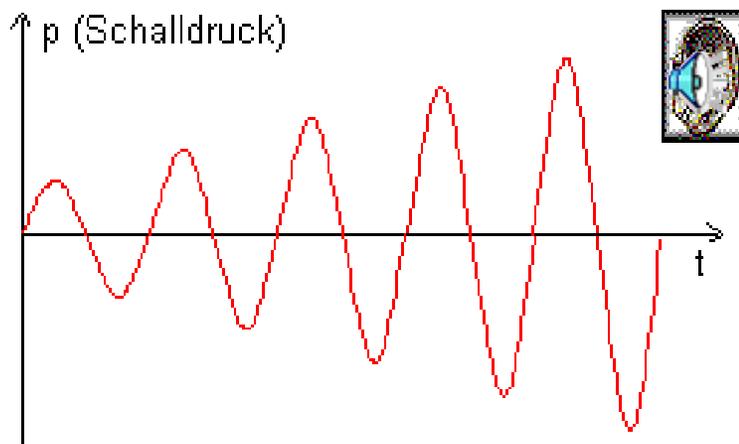
db-Werte einiger Schallereignisse

Tabelle 10.2 Die Lautstärken einiger im Alltag vorkommender Geräusche

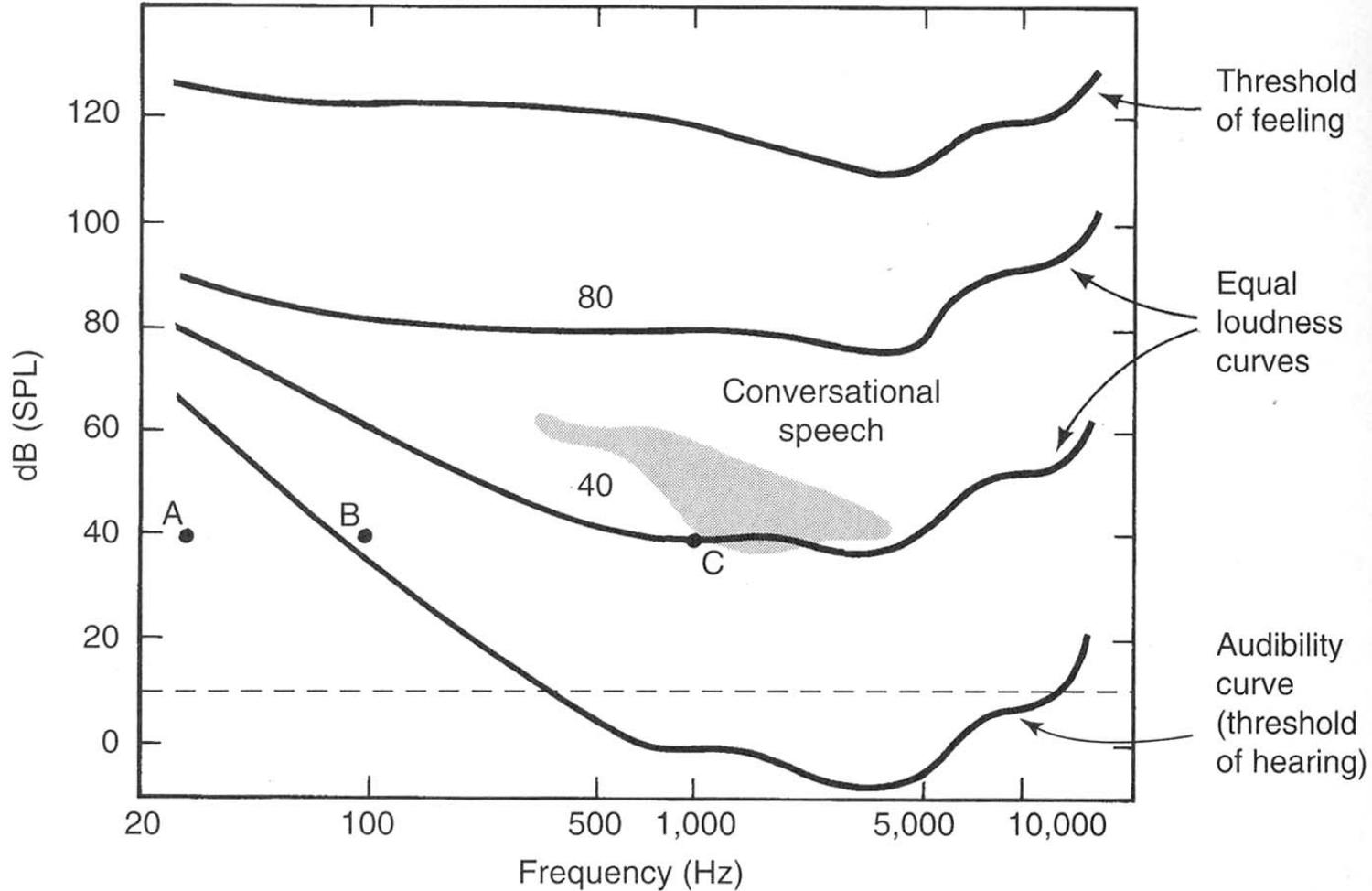
Geräusch	Schalldruckpegel (dB)
kaum hörbares Geräusch (Schwelle)	0
Blätterrascheln	20
ruhiges Wohngebiet	40
normales Gespräch	60
laute Radiomusik/lauter Straßenlärm	80
U-Bahn-Expresszug	100
startendes Propellerflugzeug	120
startender Düsenjet (Schmerzschwelle)	140
Raketenstart in unmittelbarer Nähe	180



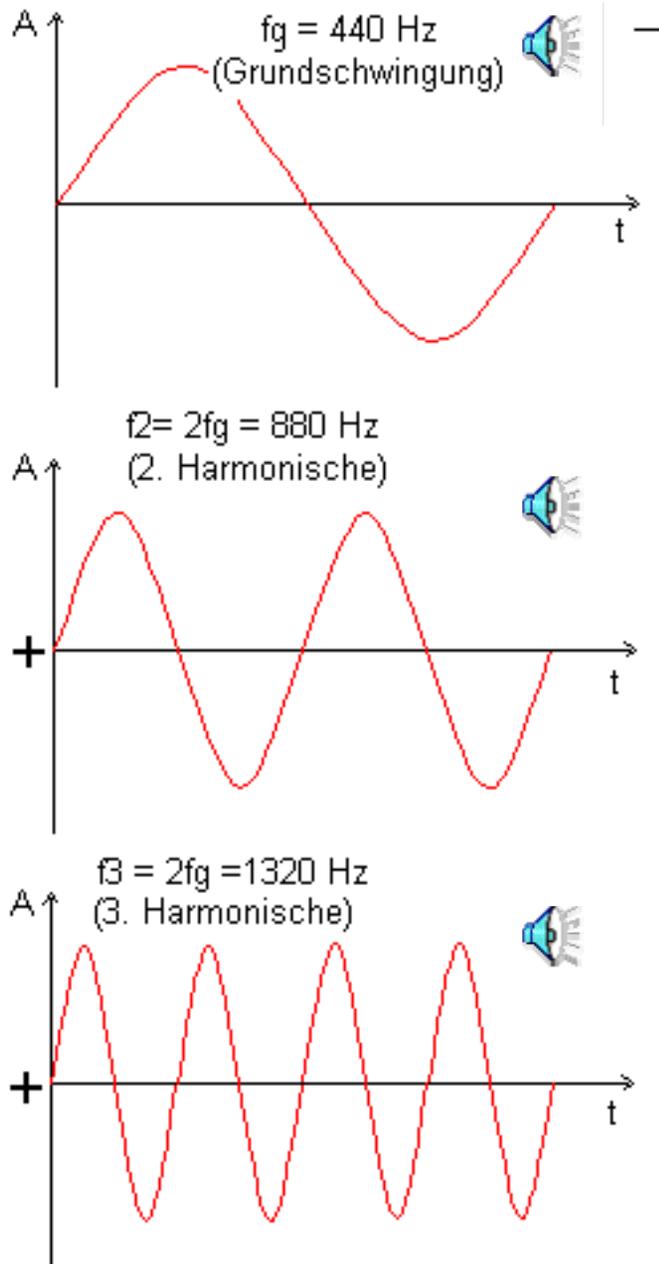
- Amplitude bestimmt die wahrgenommene Lautstärke
- Frequenz bestimmt die wahrgenommene Tonhöhe



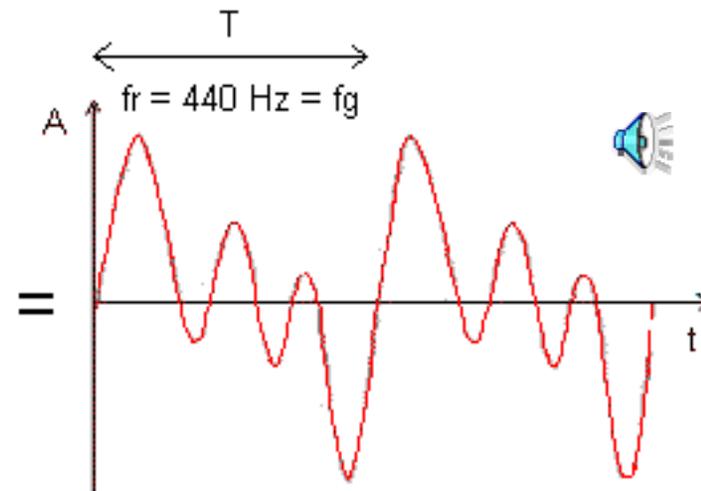
Kurven gleicher Lautheit



Obertöne (*harmonics*)



resultierende Schwingung =
Grundschiwingung +
2. Harmonische +
3. Harmonische



Reine Töne: einfache Sinusschwingungen

Obertöne: ganzzahlige Vielfache der
Grundfrequenz

Klänge: überlagerte Sinusschwingungen

Geräusche: unorganisierte Schallereignisse

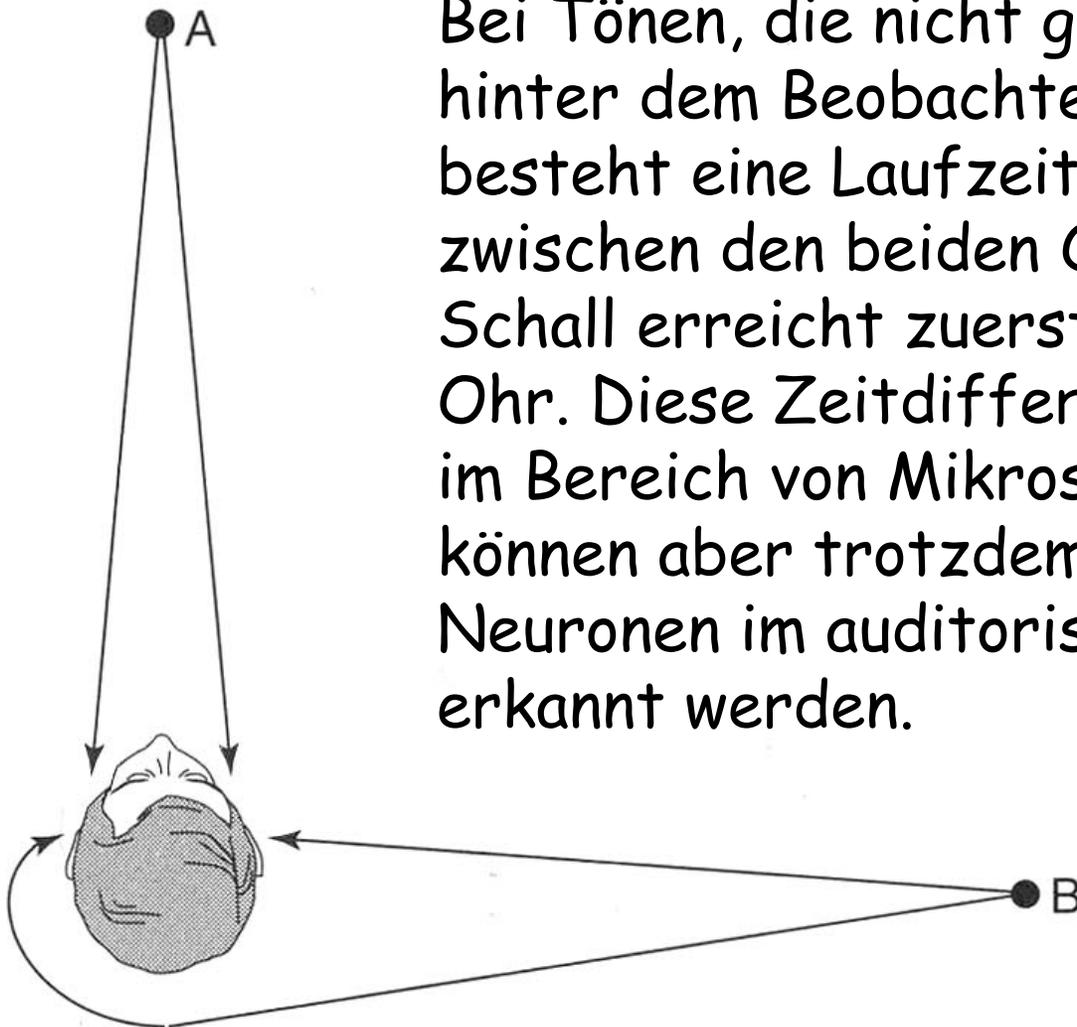
Schall und Wahrnehmung

- Lautstärke
 - Bei konstanter Frequenz nimmt die Lautstärke mit der Amplitude eines Tons zu
- Tonhöhe
 - Niedrige Frequenzen werden als tiefer wahrgenommen als hohe
- Lokalisation
 - Durch die Auswertung der Unterschiede im linken und rechten Ohr lässt sich feststellen, von welcher Stelle im Raum ein Ton kommt
- Klangfarbe
 - Komplexe Töne klingen oft (bei verschiedenen Instrumenten) unterschiedlich, auch wenn sie die gleiche Tonhöhe haben. Die Klangfarbe hängt vom Mischungsverhältnis der Obertöne ab.

Richtungshören

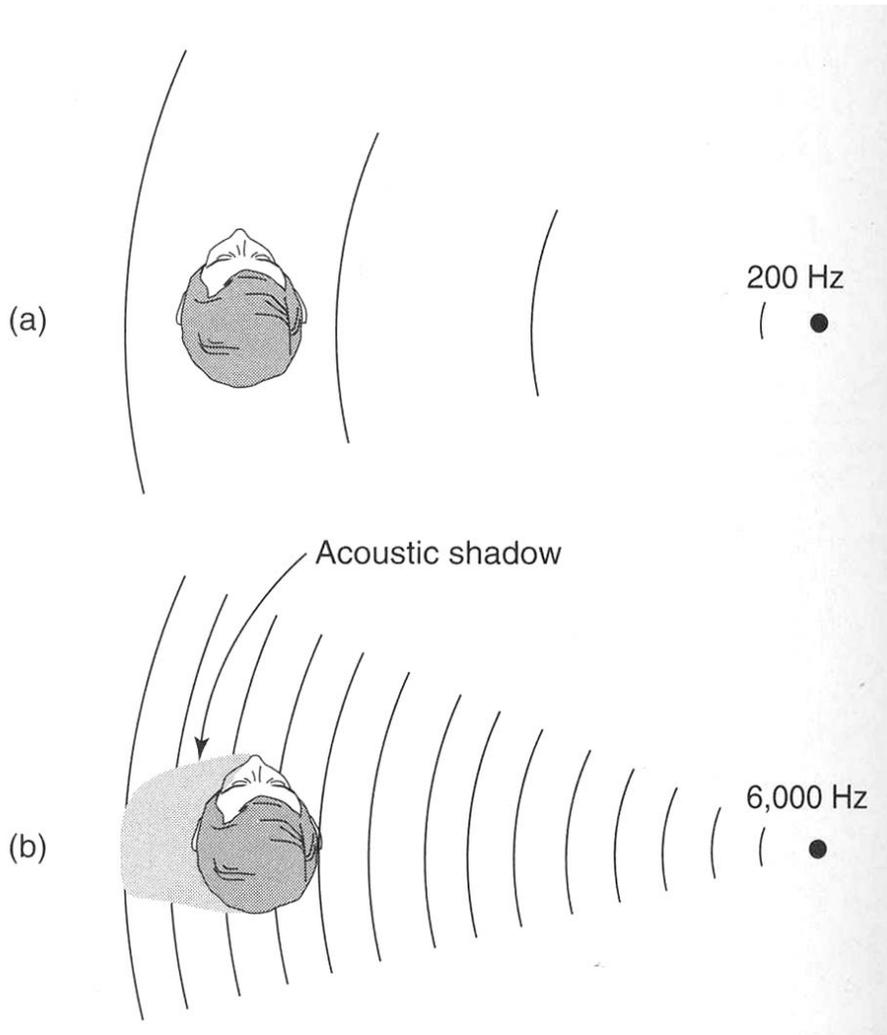


Interaurale Zeitdifferenz



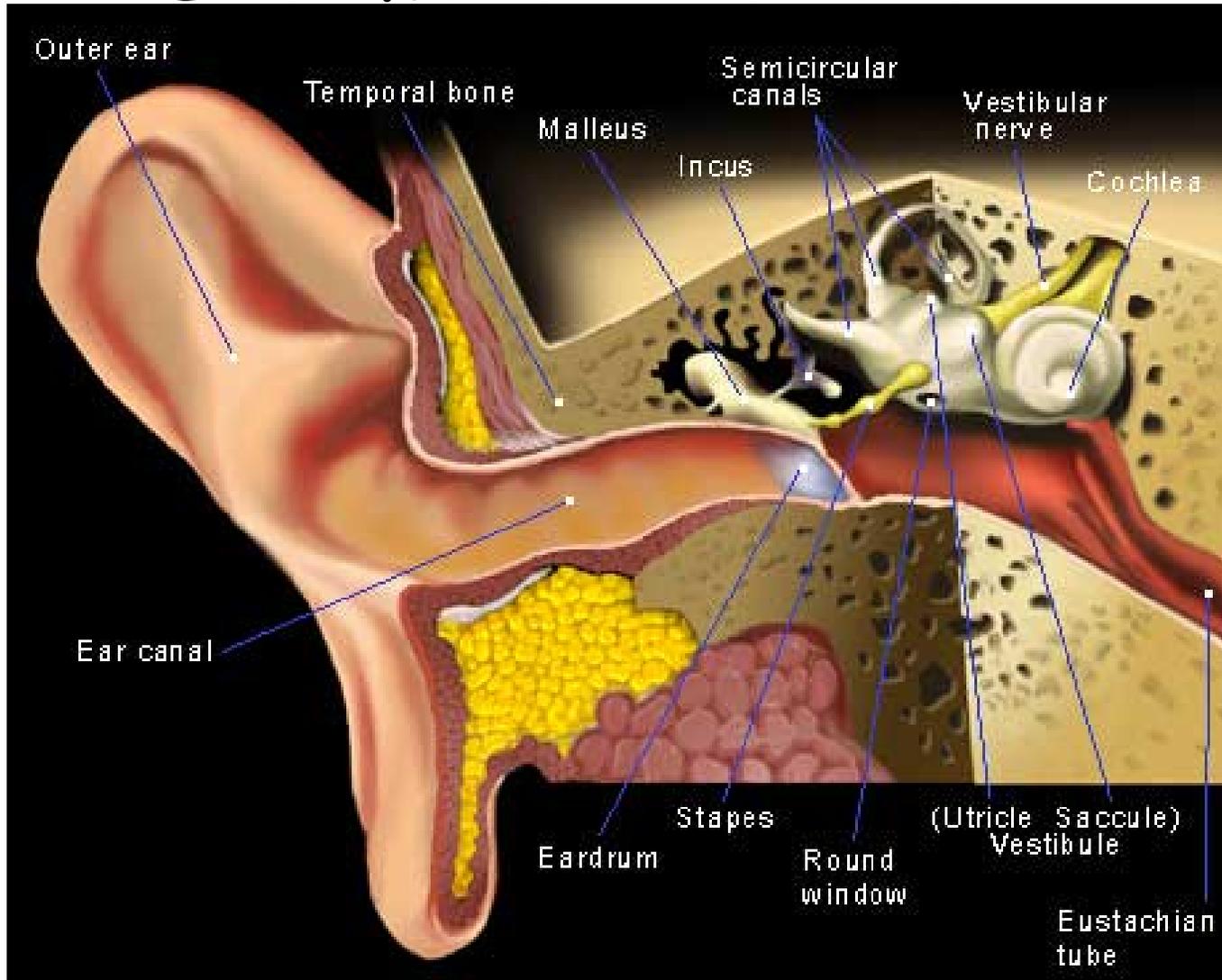
Bei Tönen, die nicht genau vor oder hinter dem Beobachter entstehen, besteht eine Laufzeitdifferenz zwischen den beiden Ohren. Der Schall erreicht zuerst das nähere Ohr. Diese Zeitdifferenzen liegen im Bereich von Mikrosekunden, können aber trotzdem von Neuronen im auditorischen System erkannt werden.

Der Hörschatten

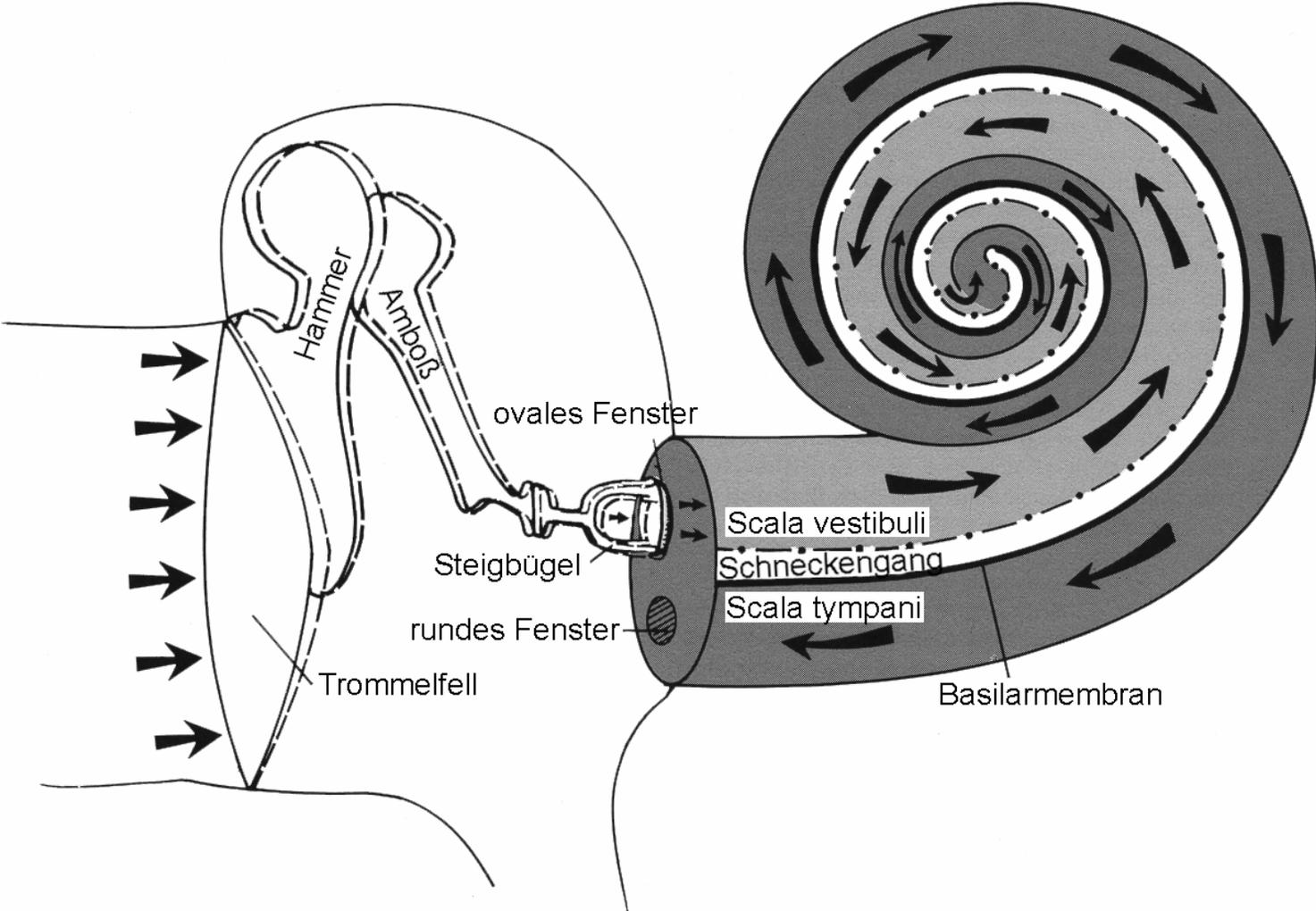


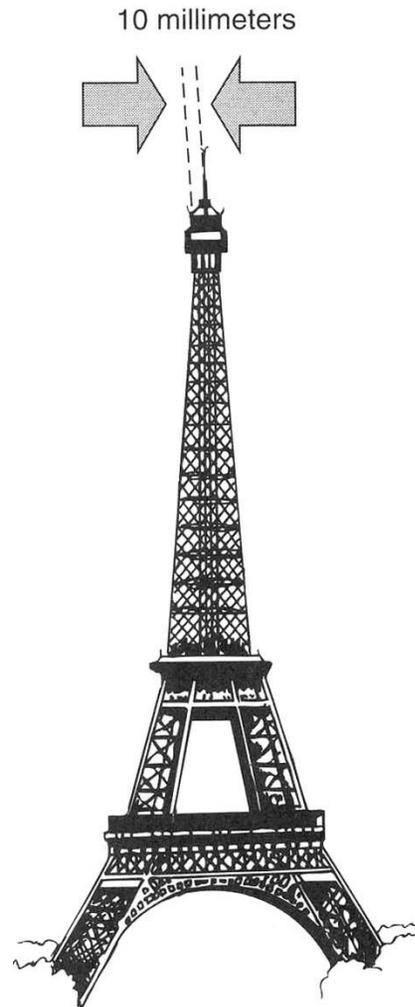
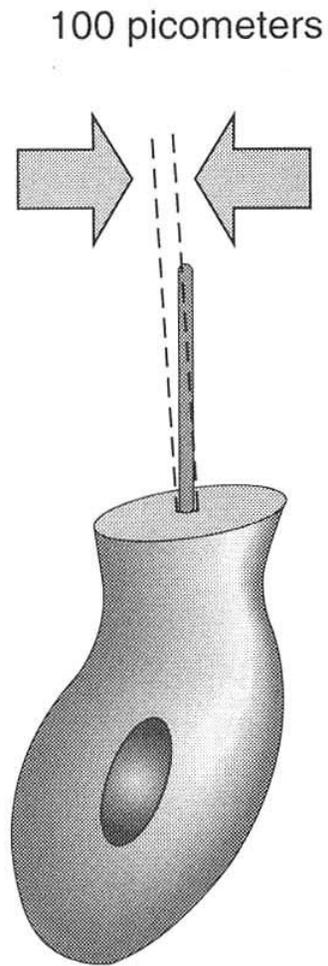
Hochfrequente Töne von der dem Ohr entfernten Seite fallen in einen Hörschatten. Der Pegel dieser Töne wird abgeschwächt. Tiefe Frequenzen sind davon nicht betroffen, deshalb kann man sie schwer orten.

Das menschliche Ohr



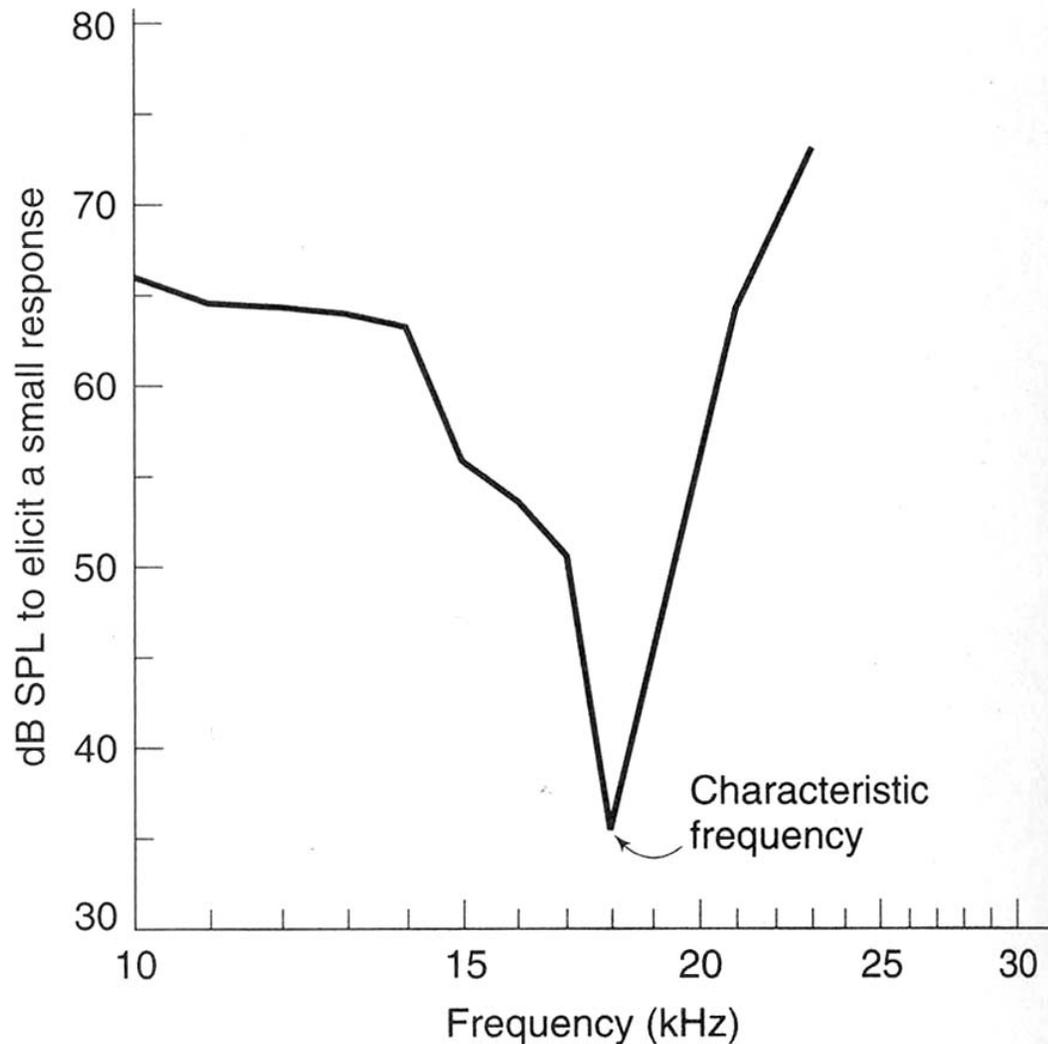
Druckausbreitung im Innenohr





Die Empfindlichkeit der Haarzellen ist enorm. Stellt man sich eine Haarzelle von der Größe des Eiffelturms vor, dann reicht eine Verschiebung der Stereozilien um 10 Millimeter zur Wahrnehmung. Leider können die Haarzellen auch leicht beschädigt werden, z.B. durch Dauerlärm oder einen plötzlichen Knall.

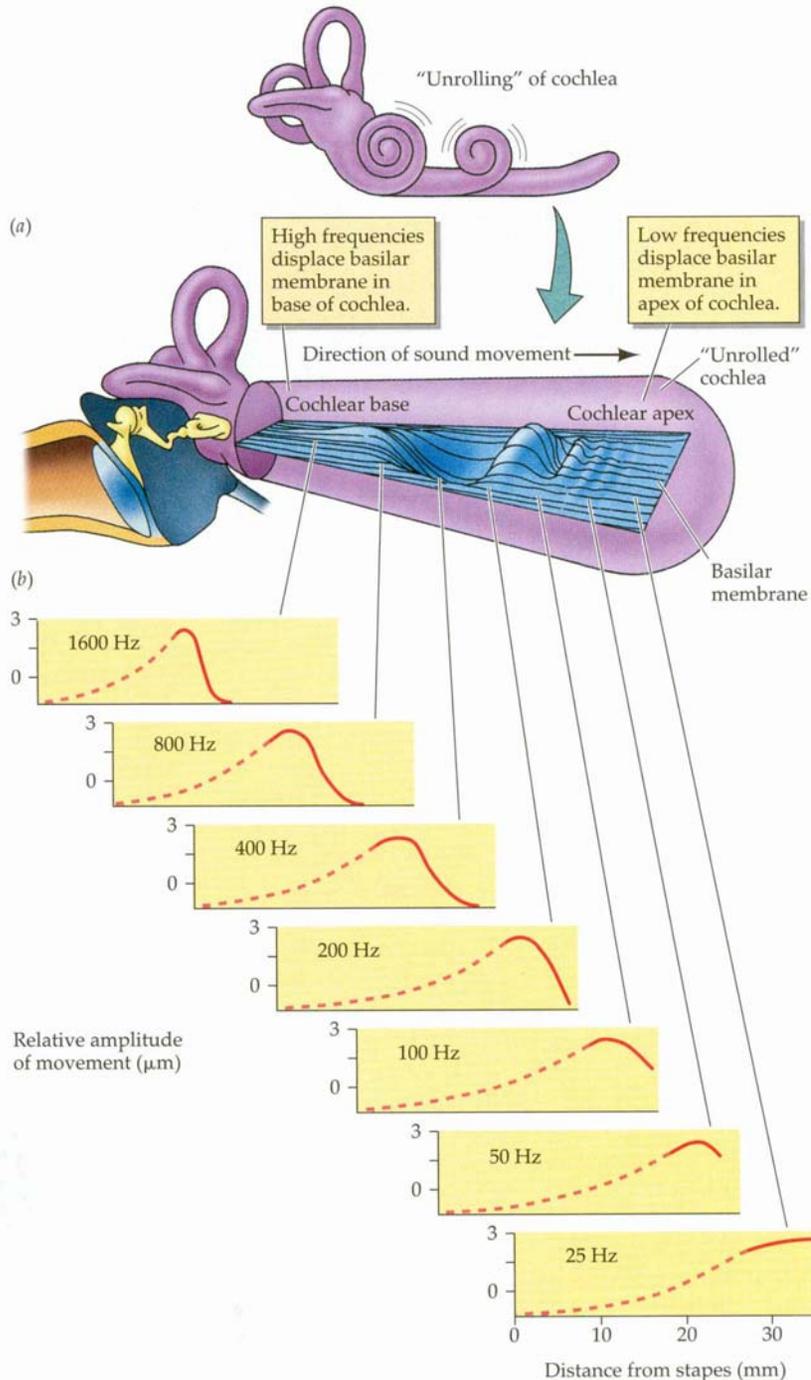
Frequenzspezialisierung einer Haarzelle



Jede einzelne Haarzelle ist bei einer bestimmten Frequenz am empfindlichsten. Diese wird auch als *charakteristische Frequenz* der Haarzelle bezeichnet

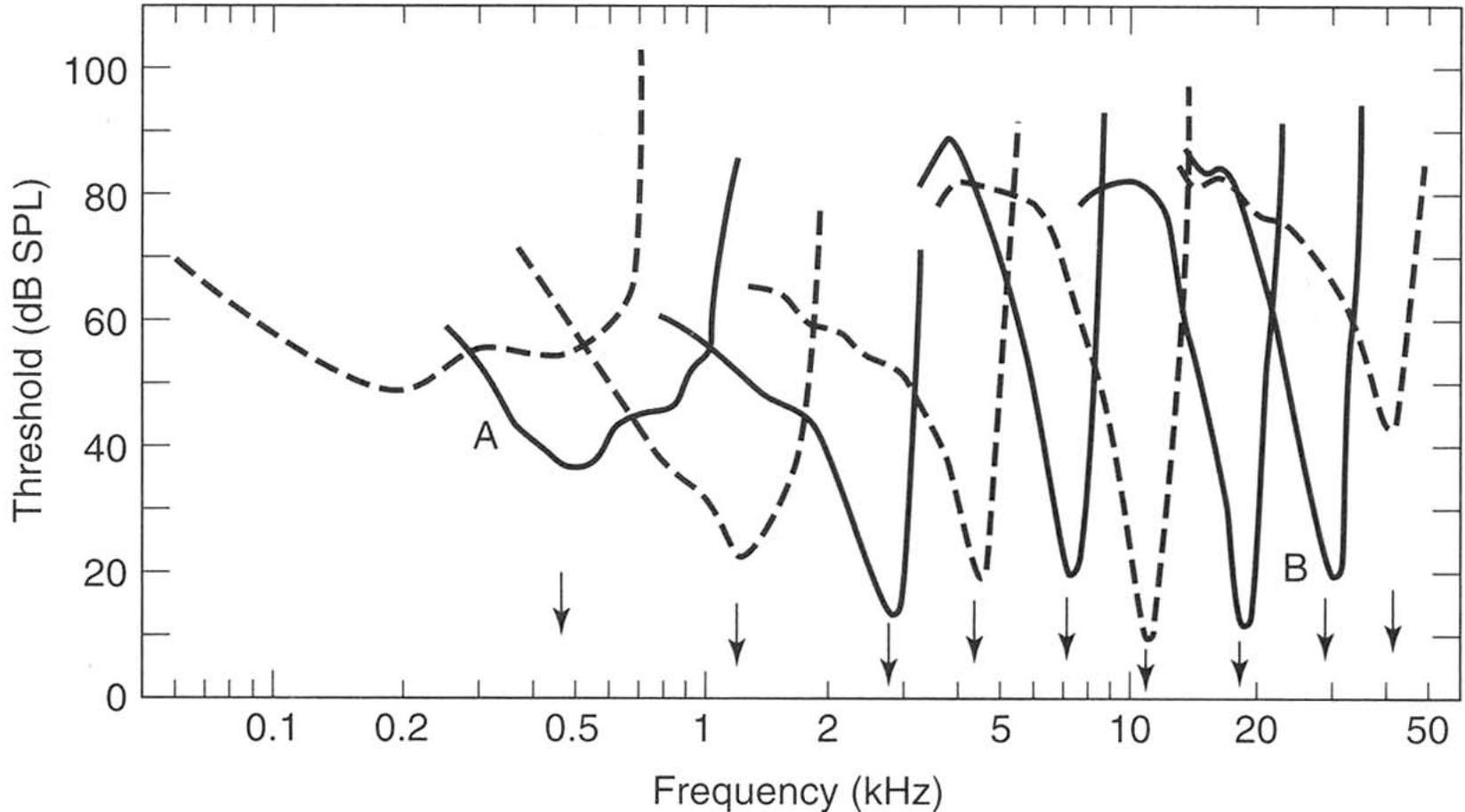
Die charakteristische Frequenz ist wieder durch den Ort der Haarzelle entlang der Cochlea bestimmt (Ortstheorie der Frequenzcodierung)

Ortstheorie der Frequenz-Codierung



- Die Basilarmembran ist nicht überall gleich steif.
- Der Ort, an dem die **Basilarmembran** am stärksten ausgelenkt wird, ist spezifisch für jede Frequenz. (Dort liegt das Maximum der Hüllkurve.)
- Die Auslenkung der Membran erregt Sinnesrezeptoren, die Haarzellen

Viele Haarzellen

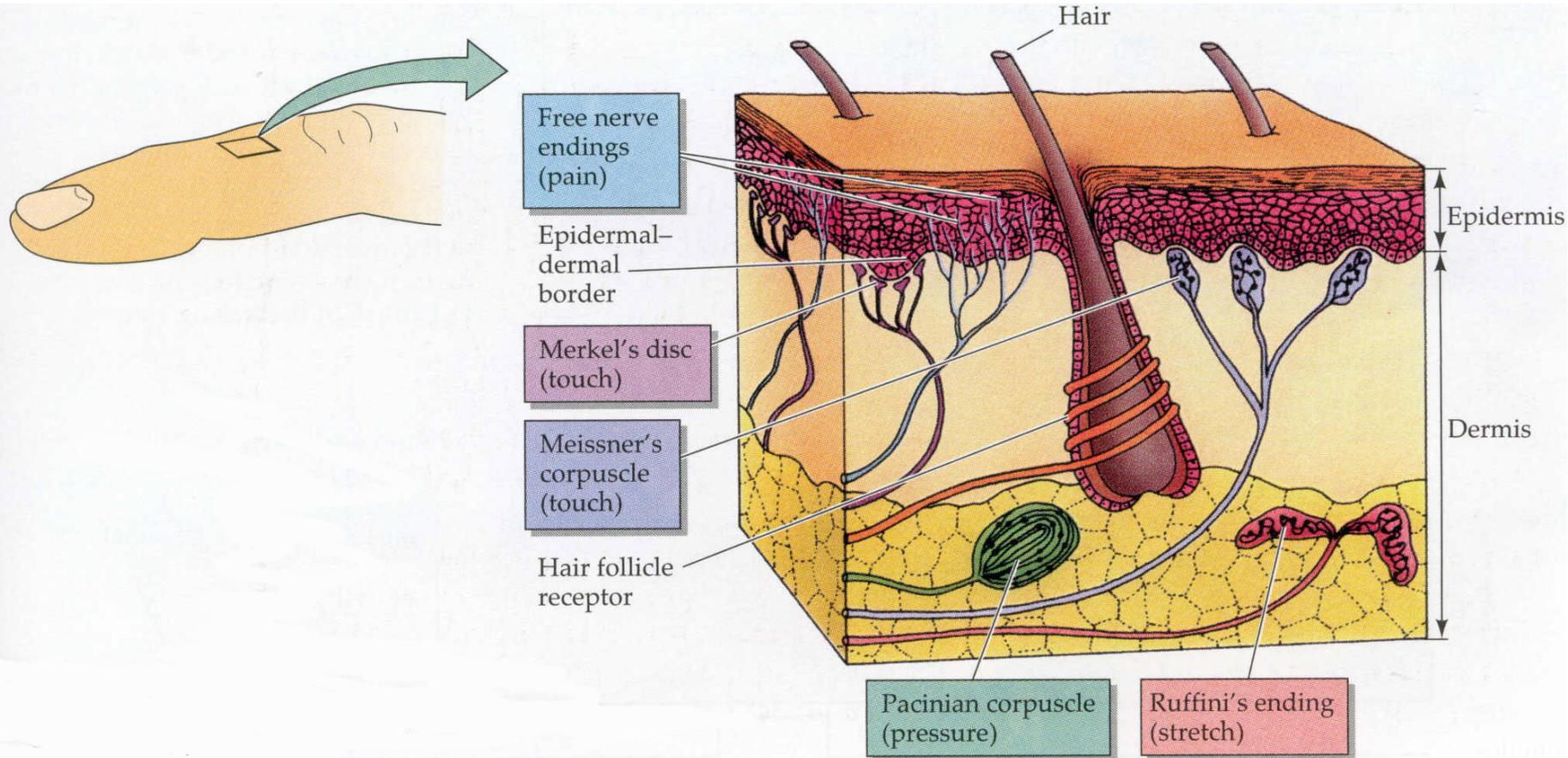


Das Ensemble aller Haarzellen ergibt die gesamte Empfindlichkeitskurve.

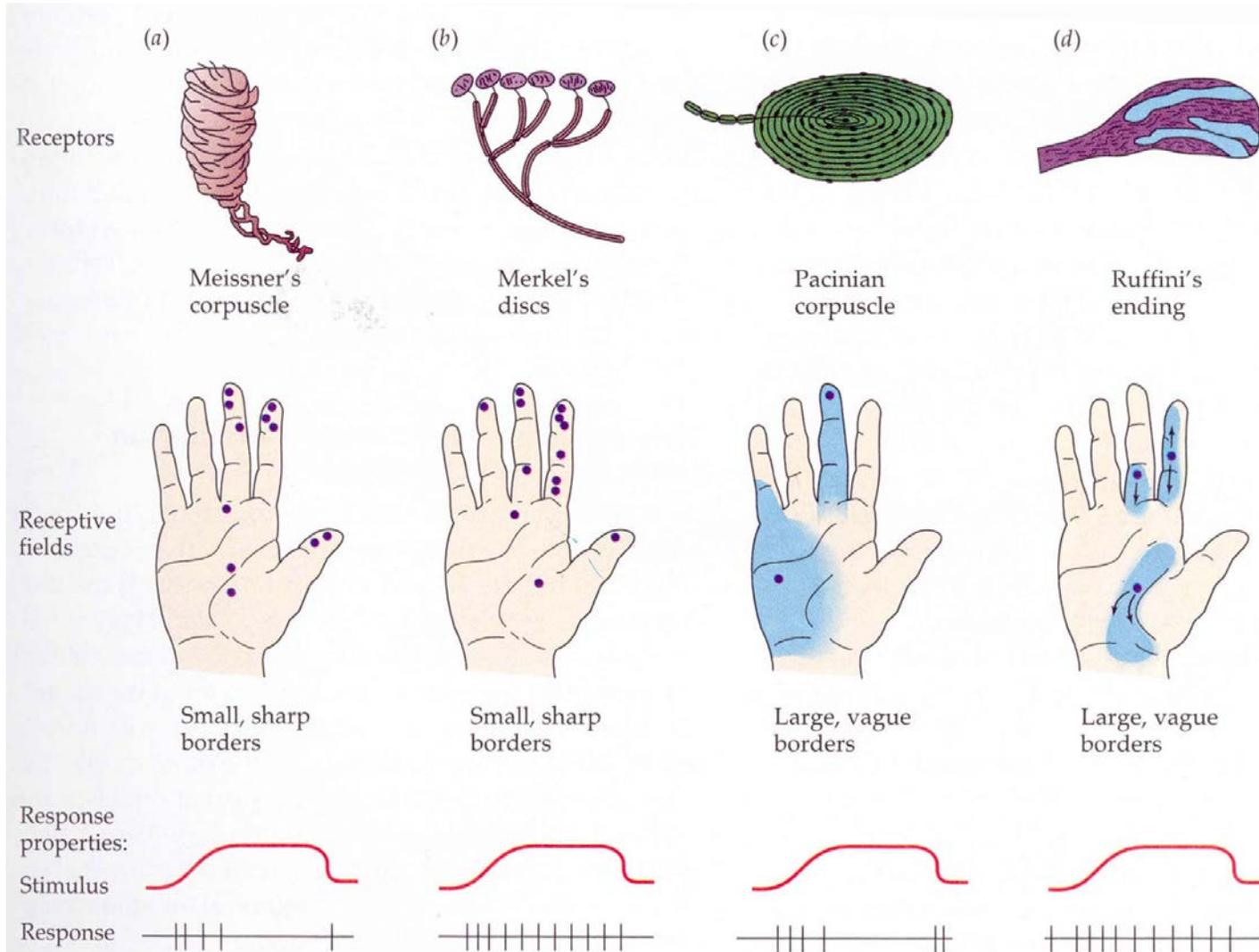
Taktile Sinne



Arten von Hautrezeptoren



Eigenschaften der Tastrezeptoren



Beispiel: Lesen von Blindenschrift

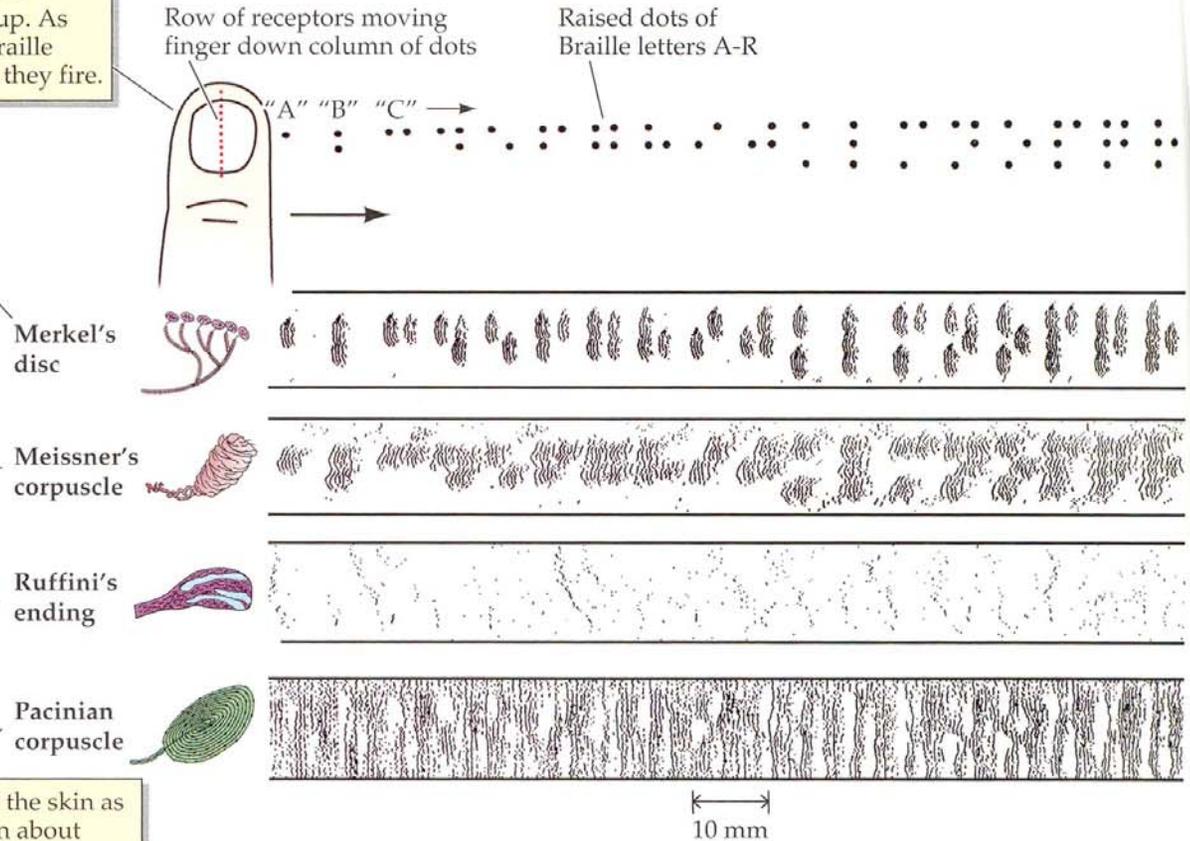
Imagine your finger is transparent, and that you can see a row of receptors across the middle. Each time a receptor produces an action potential, it lights up. As you move your finger over the raised dots of Braille encoding the letters A-R, the receptors flash as they fire.

The Merkel's discs fire only when they are being drawn over the dot and, because they are slowly adapting, fire continuously while passing over each dot. Their firing pattern produces a faithful representation of the dots, providing form information.

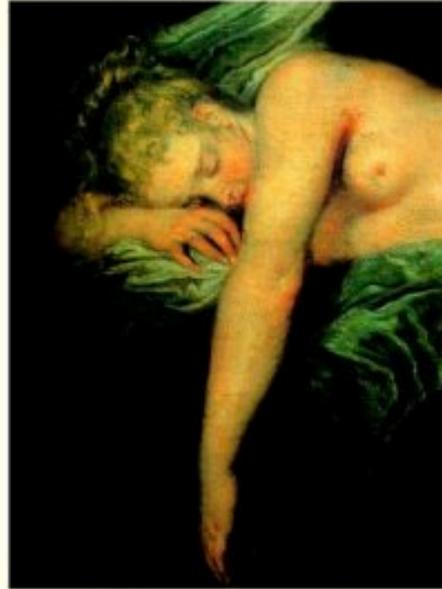
The Meissner's corpuscles have larger receptive fields, so their activity does not distinguish the various Braille letters as well as the Merkel's discs. Meissner's corpuscles also adapt quickly, so they fire less rapidly while passing over each dot.

Ruffini's endings respond to stretch, so they fire as the skin is stretched while passing over the raised dots, but don't provide a very complete representation of form. They adapt slowly to stretch.

Pacinian corpuscles respond to the vibration of the skin as it rubs the paper surface, providing information about texture. They fire less while passing over the dots, perhaps because the dots dampen local vibration as they pass. This vibration sensitivity provides useful information about the response of any tool being used by the hand.



Chemische Sinne



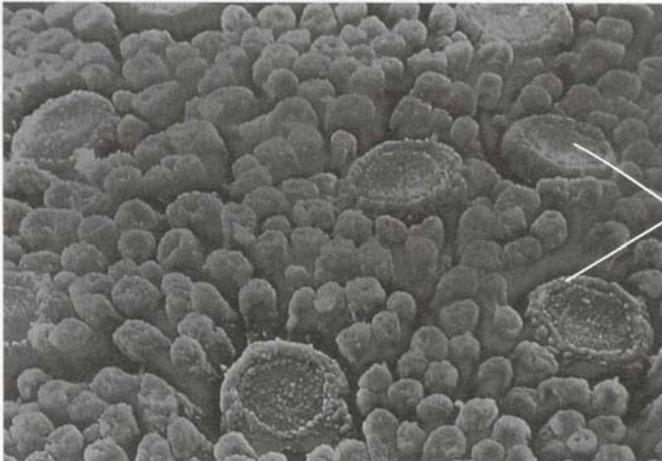
Patrick
Süskind
Das Parfum

*Die Geschichte
eines Mörders*

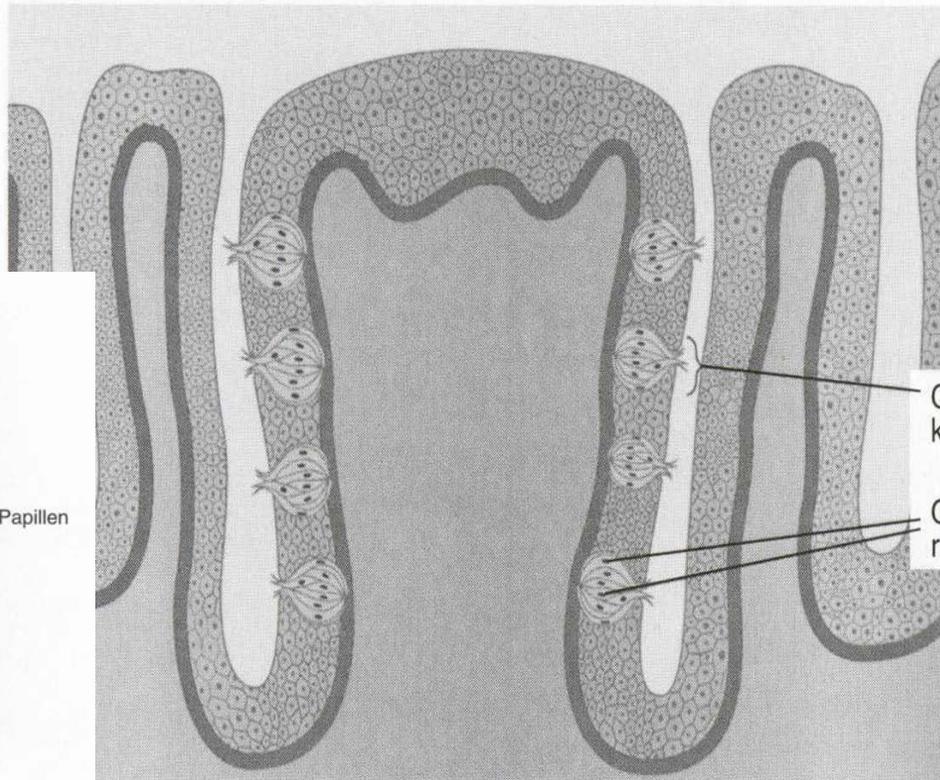
Diogenes

Geschmacksrezeptoren

Zungenoberfläche



Querschnitt durch eine Papille

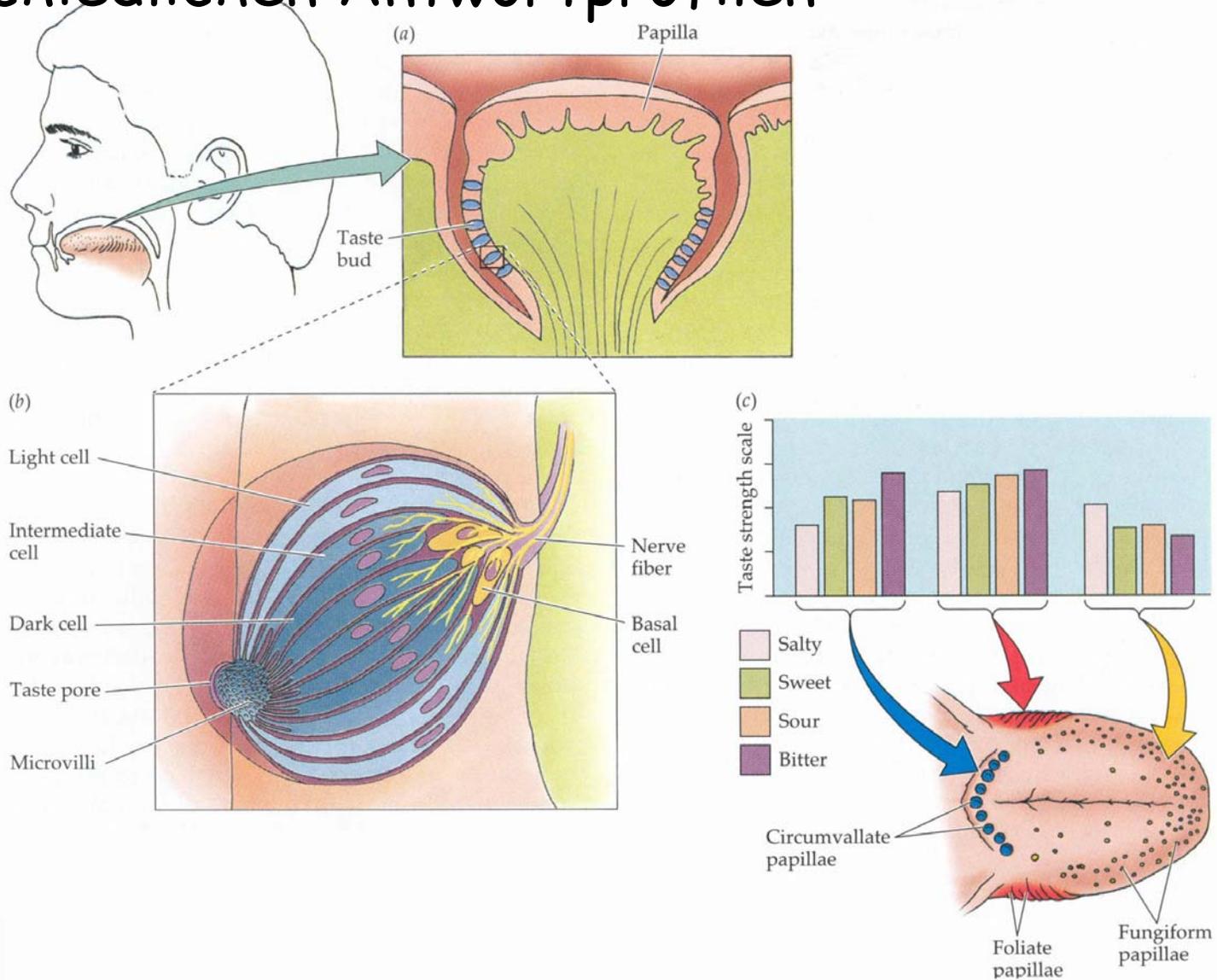


Geschmacks-
knospe

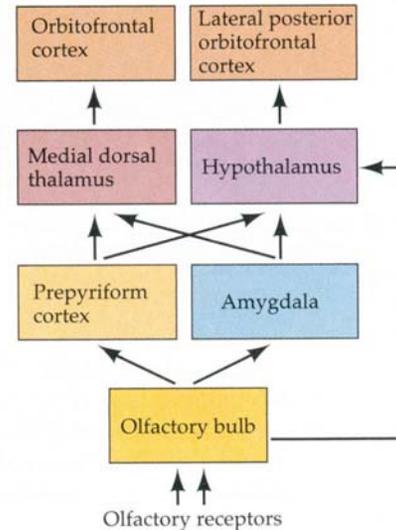
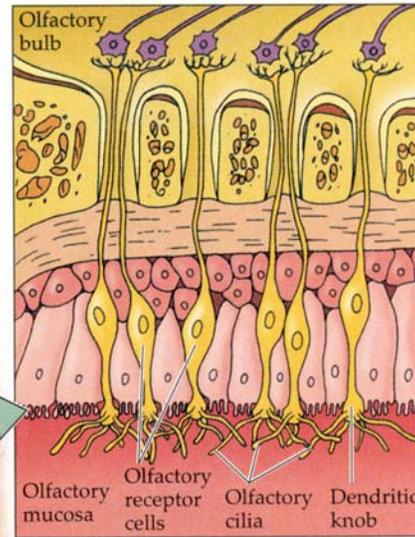
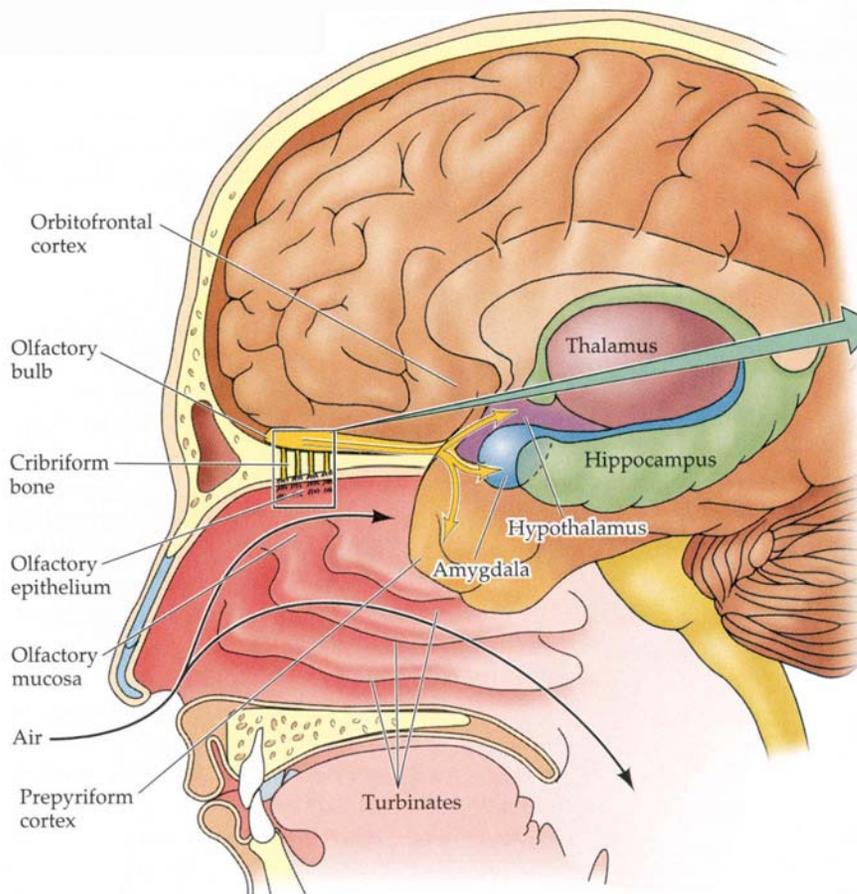
Geschmacks-
rezeptor

Papillen

(K)ein Rezeptor für jede Geschmacksqualität: Verschiedene Chemikalien führen zu leicht unterschiedlichen Antwortprofilen



Olfaktorisches System



Schlüssel-Schloss-Prinzip: ca. 350 verschiedene Rezeptoren reagieren auf spezifische Chemikalien

Erlauben die Diskrimination von ca. 5000 chemischen Mischungen



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!