

3 Physiologie der menschlichen Informationsverarbeitung

3.1 Modelle menschlicher Informationsverarbeitung

- Der Mensch als informationsverarbeitendes System
- Das Rasmussen-Modell

3.2 Reizübertragung und Speicherung

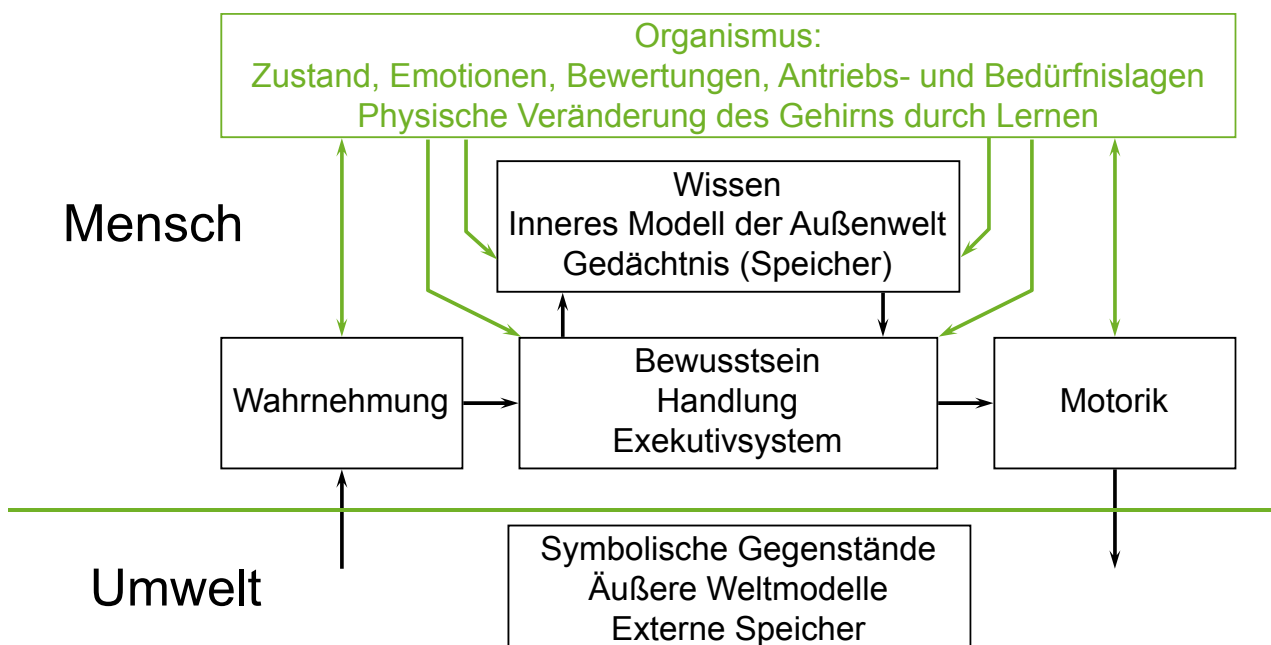
- Verarbeitung von Sinnesreizen
- Gedächtnis und Prozessoren

3.3 Sinne des Menschen

- Visuelles System
- Auditives System
- Haptik
- Weitere Sinne und ihre Relevanz für die MCI



3.1.1 Der Mensch als informationsverarbeitendes System (1)

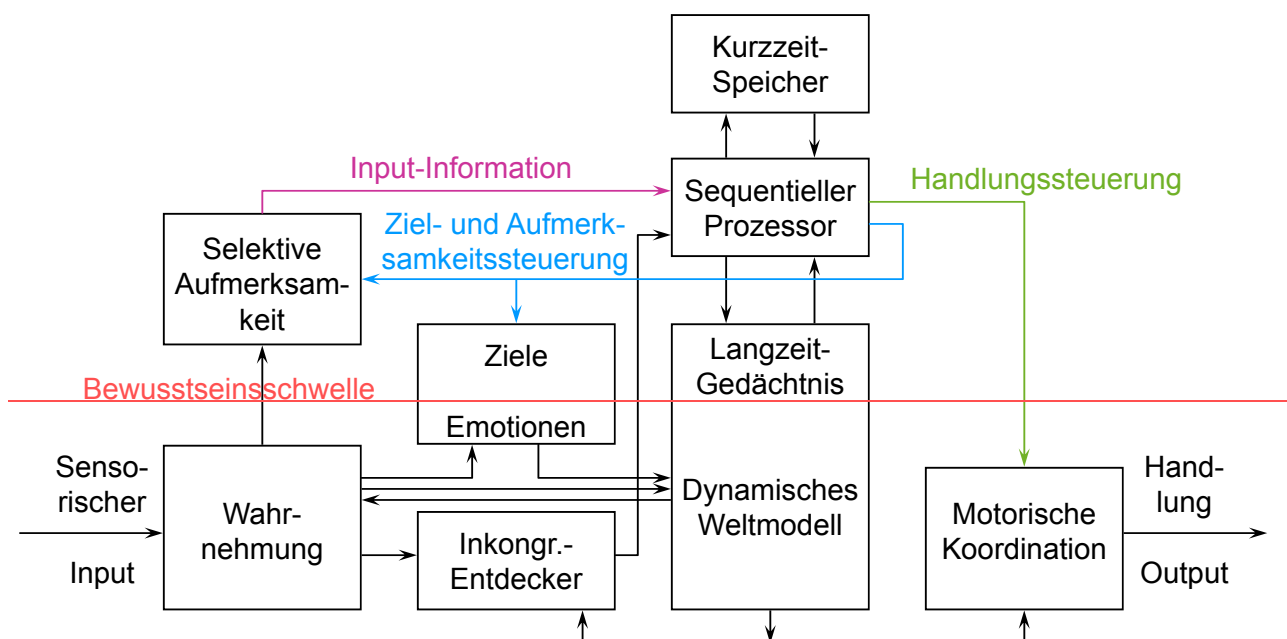


3.1.1 Der Mensch als informationsverarbeitendes System (2)

▪ Die Computer-Metapher

- Physisches Geschehen \approx Hardware
- Psychisches Geschehen \approx Software
- aus „Eingabe – Verarbeitung – Ausgabe“ wird „Wahrnehmung – Bewusstsein – Motorik“
- aus „Speicher“ wird „Gedächtnis (Wissensspeicher)“
- Suchen im Gedächtnis, Einprägen im Gedächtnis als aktive Handlungen
- Gewahrwerden einer Erinnerung wirkt wie Wahrnehmung
- körperliche und geistige Faktoren beeinflussen die Informationsverarbeitung
- gleicher Input bei gleicher Person führt nicht immer zum gleichen Resultat

3.1.2 Das Rasmussen-Modell (1)

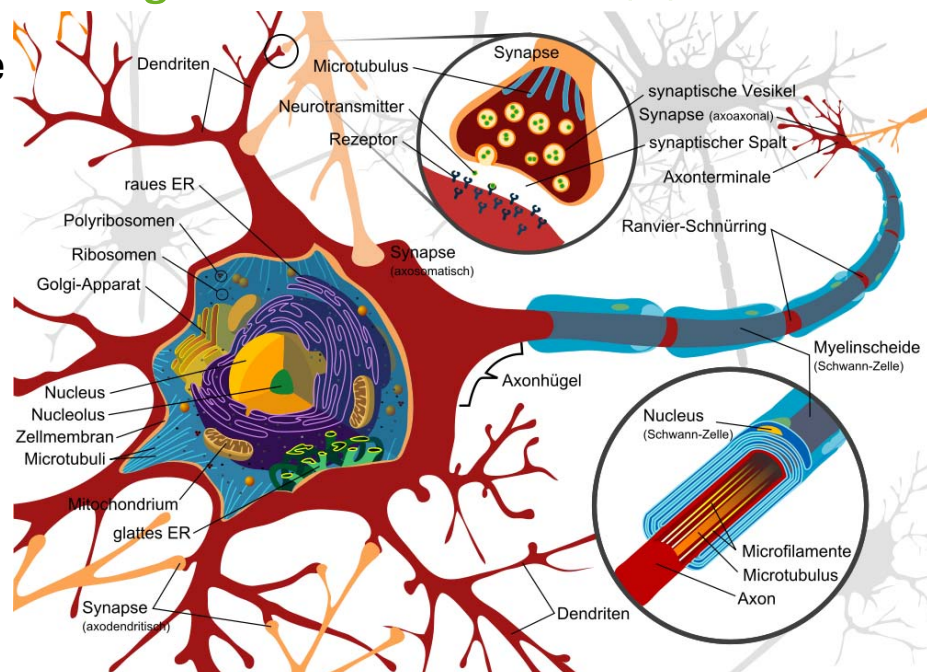


3.1.2 Das Rasmussen-Modell (2)

- automatisiert ablaufende Handlungen unterhalb der Bewusstseinschwelle
 - Orientierung und Koordination beim Gehen
 - Greifen und Bewegen beim Öffnen einer Tür
 - Kuppeln und Schalten beim Autofahren
- unbewusster Abgleich des Wahrgenommenen mit einem dynamischen Modell der Welt
- selektive Aufmerksamkeit = „achten auf ...“
 - Extrahieren der für die bewusste Handlungssteuerung benötigten Information
- Inkongruenz-Entdecker = „stutzen über ...“
 - unbewusst bemerkte Unstimmigkeiten bewusst machen
 - Umschalten von Automatik auf bewusste Verarbeitung

3.2.1 Verarbeitung von Sinnesreizen (1)

- Nervenzelle

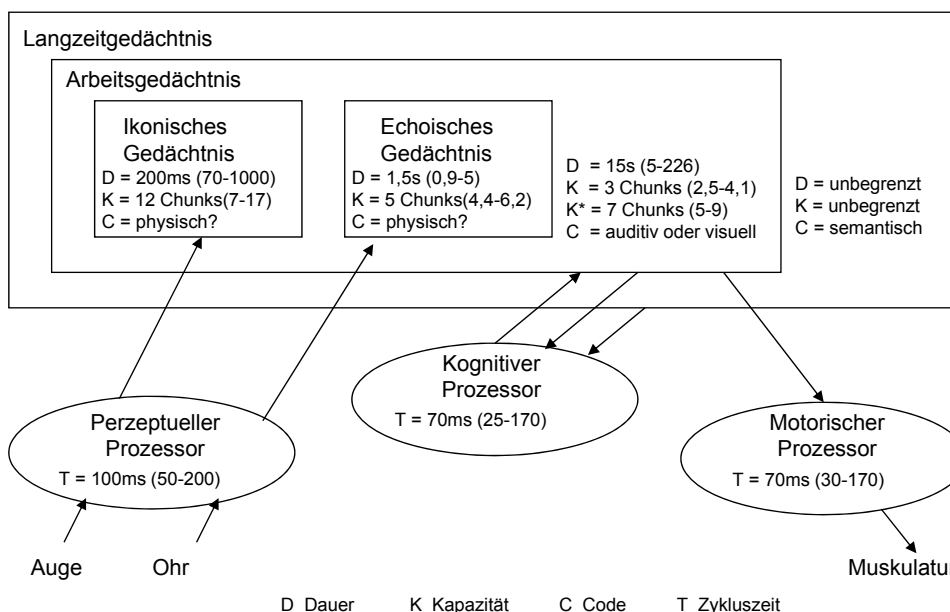


Quelle: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Complete_neuron_cell_diagram_de.svg

3.2.1 Verarbeitung von Sinnesreizen (2)

- **Nerven**
 - Bündel aus 10 bis 100.000 Axonen
 - Axon einer Nervenzelle 1 bis 15 µm dick, bis zu 1 m lang
- **Reizweiterleitung**
 - Zustand der Nervenzelle binär (Ruhe- / Aktionspotential)
 - Aktionspotential breitet sich mit 1 bis 100 m/sec aus
 - Signalparameter = Frequenz der Aktionspotentiale
 - keine Unterschiede nach Sinnen
- **Nervenzellen bilden Netzwerke**
 - Axone spalten sich auf in Äste mit Synapsen (Kontaktstellen)
 - Weiterleitung entsprechend Größe der Synapsen
 - Speicherung durch Ausbildung der Synapsen
 - etwa 10^{15} Synapsen

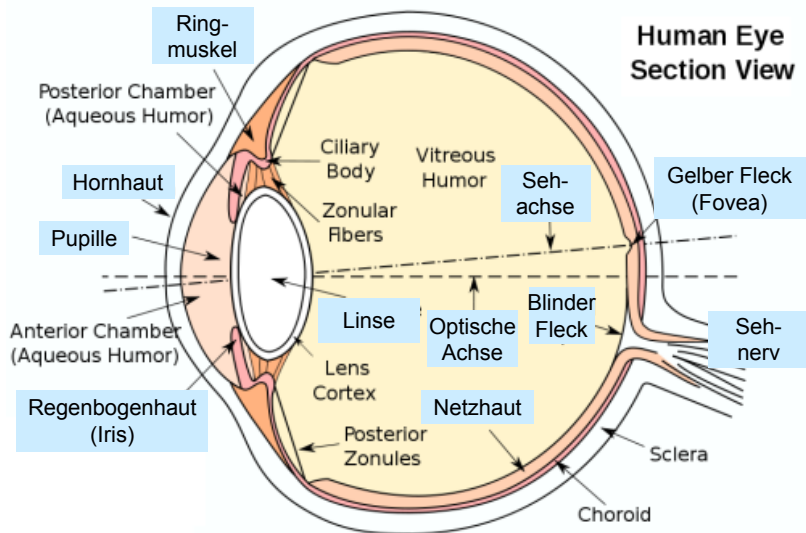
3.2.2 Gedächtnis und Prozessoren



nach: Card S, Moran T, Newell A (1983) The psychology of human-computer interaction. Lawrence Erlbaum Ass., Hillsdale, NJ

3.3.1 Visuelles System (1)

▪ Aufbau des Auges

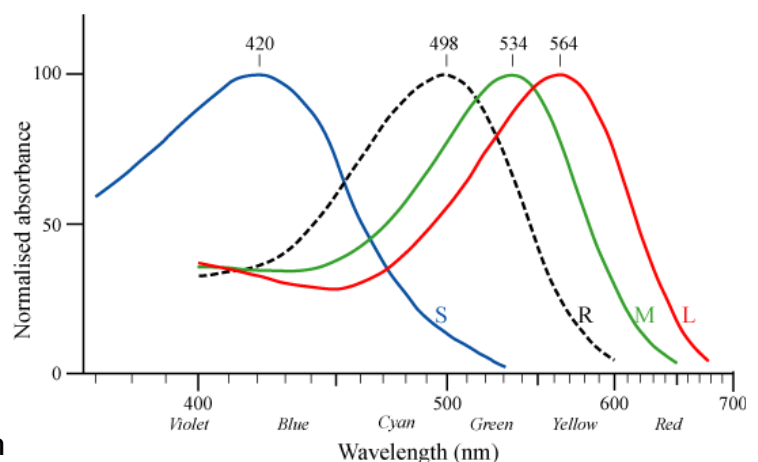


Quelle: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eyesection.svg>

3.3.1 Visuelles System (2)

▪ Sehzellen

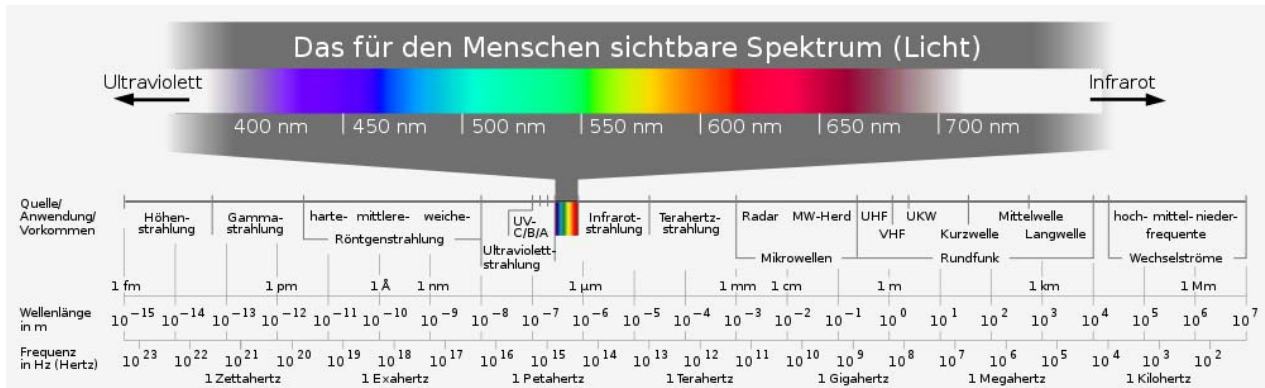
- insgesamt ca. 120 Mio.
- Stäbchen für Helligkeit
- Zapfen für Farben
- Zapfen blau, grün, gelb (S-, M- und L-Typ)
- nur ca. 7 Mio. Zapfen
- ungleiche Verteilung
 - im Zentrum gelb / grün
 - blau weiter außen
 - ganz außen nur hell /dunkel



Quelle: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cone-response.svg>

3.3.1 Visuelles System (3)

- Wahrnehmung elektromagnetischer Wellen
 - Frequenz von 10^4 bis 10^{19} Hz
 - Wellenlänge von 10 km bis $0,1 \text{ \AA}$
 - Sichtbares Licht nur von $0,7 \text{ \mu m}$ bis $0,4 \text{ \mu m}$



Quelle: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic_spectrum_c.svg

3.3.1 Visuelles System (4)

- Lichtwellen
 - Länge 400 – 700 nm
 $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$
 - Frequenz 750 – 430 THz
 $1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz}$
 - Farben
 - violett
 - blau
 - grün
 - gelb
 - orange
 - rot
- Reizparameter und Sinneseindrücke
 - Intensität -> Helligkeit
 - Frequenz -> Farbe
 - Frequenzgemisch -> Sättigung



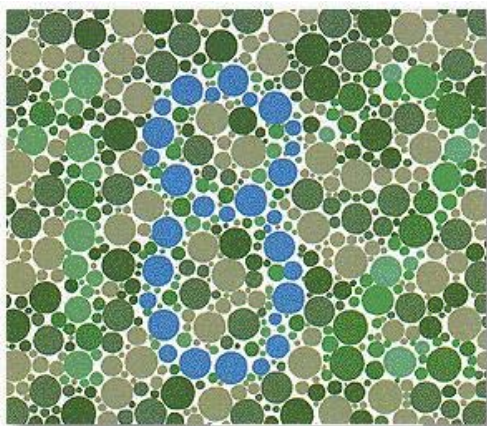
3.3.1 Visuelles System (5)

- **Schwelle**
 - Tagsehen ca. 10^{-14} W
 - Nachtsehen ca. 10^{-17} W
- **Unterscheidbarkeit absolut**
 - 3 bis 7 Intensitäten
 - 12 bis 13 Frequenzen (Farben)
- **Farbfehlsichtigkeit**
 - genetische Störung der Zapfen
 - bei ca. 8% der Männer, bei ca. 0,4% der Frauen
 - Blau-Gelb-Schwäche
 - Rot-Grün-Schwäche
 - Farbenblindheit
 - Überprüfung durch pseudoisochromatische Tafeln



3.3.1 Visuelles System (6)

- **Pseudoisochromatische Tafeln (1)**



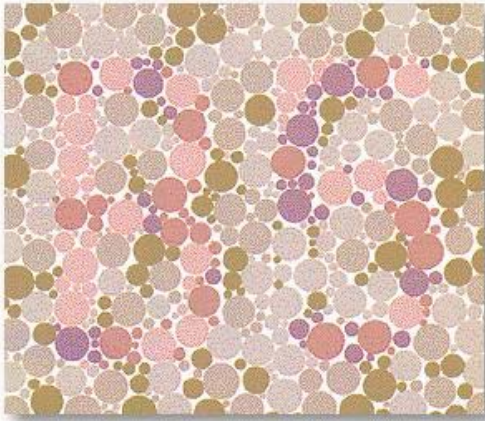
Quelle: www.optiker-holz.de/farbsin.htm

8 = Rot-Grün-Schwäche
12 = Blau-Gelb-Schwäche
182 = angeblich korrekt



3.3.1 Visuelles System (7)

▪ Pseudoisochromatische Tafeln (2)



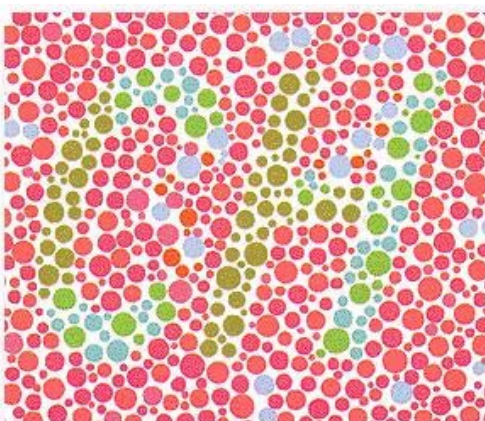
Quelle: www.optiker-holz.de/farbsin.htm

B6 = nicht voll farbtüchtig
B5 = angeblich korrekt



3.3.1 Visuelles System (8)

▪ Pseudoisochromatische Tafeln (3)



Quelle: www.optiker-holz.de/farbsin.htm

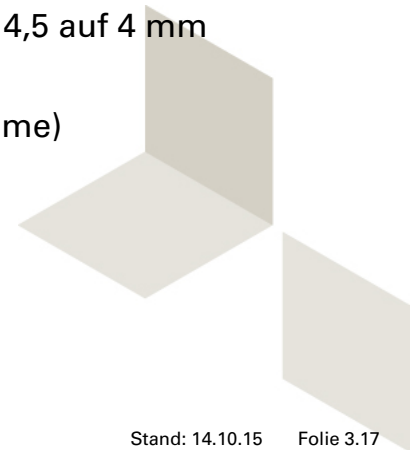
31 = nicht gut
CH = angeblich korrekt



3.3.1 Visuelles System (9)

Regelung

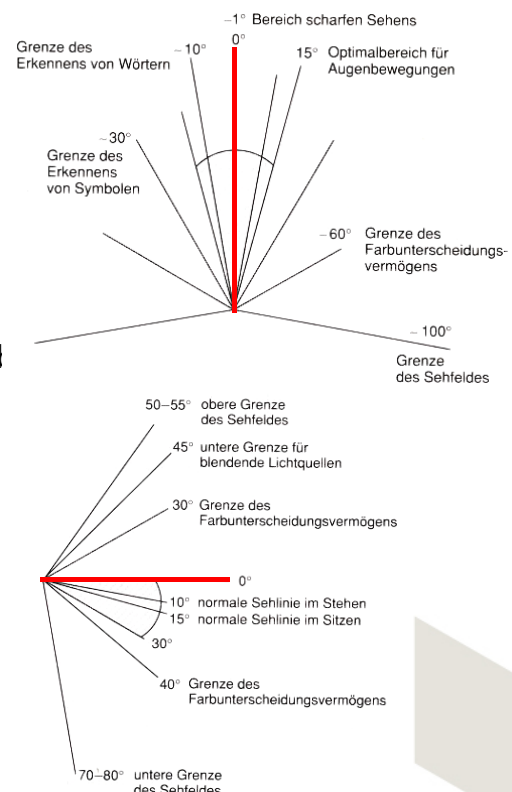
- Akkomodation
 - Nahpunkt bei 50jährigen ca. 50 cm
 - Problem der chromatischen Aberration
- Pupille
 - dunkel-hell: in 1 s von 8 auf 4,5 mm; 1 s von 4,5 auf 4 mm
- Vergenz
 - auch willentlich einstellbar (Autostereogramme)
- Adaptation
 - dunkel-hell 1 s (max. 15 bis 60 s)
 - hell-dunkel max. 30 – 45 min



3.3.1 Visuelles System (10)

Gesichtsfeld: liegende Ellipse

- horizontal
 - -100° bis +100° Wahrnehmung
 - -60° bis +60° Farbsehen
 - -30° bis +30° Erkennen von Symbl
 - -10° bis +10° Lesen von Wörtern
- vertikal
 - -55° bis +80° Wahrnehmung
 - -30° bis +40° Farbsehen
 - Sehlinie bei +10 bis +15° (unterhalb der Horizontalen)



Quelle: M. Herzeg, Software-Ergonomie – Grundlagen der Mensch-Computer-Kommunikation. Addison-Wesley, Bonn 1994.

3.3.1 Visuelles System (11)

- **Auflösung**
 - räumlich 1 Bogenminute => in 10 m Entfernung 3 mm
 - zeitlich 15 bis 50 ms
- **Sehschärfe**
 - in Mitte (ca. 2°) des Gesichtsfeldes Maximum (1')
 - in Peripherie nur ein Vierzigstel
 - daher Augenbewegung auf Objekt
 - horizontal -15° bis + 15°
 - vertikal 0° bis 30°
 - sonst Kopfbewegungen

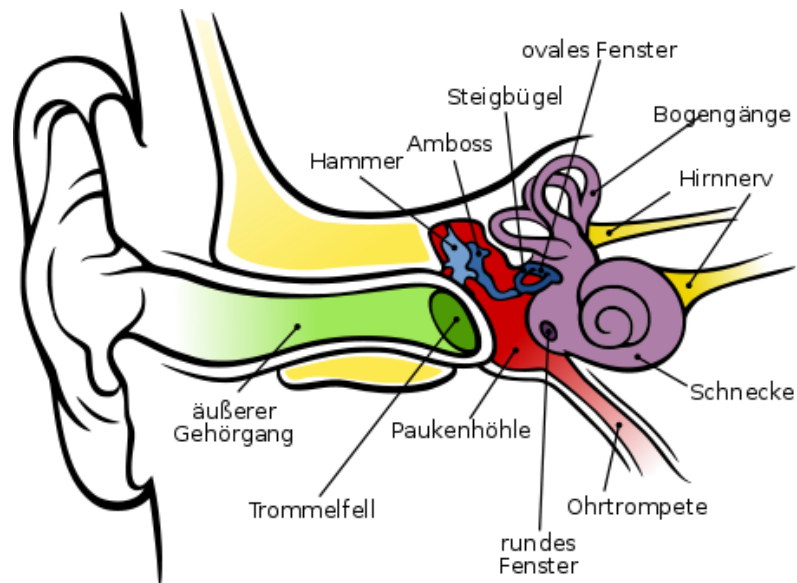


3.3.1 Visuelles System (12)

- **Augenbewegung**
 - Sakkade (50 ms): Sprung, nicht wahrgenommen
 - Fixation (250 – 1000 ms) zwischen den Sakkaden
 - Eindruck kontinuierlichen Gleitens beim Suchen
- **Flimmern**
 - Flimmerverschmelzungsfrequenz
 - bei Dunkeladaptation ca. 20 Hz
 - bei Helladaptation ca. 70 Hz
 - in der Peripherie höher
 - steigt mit Helligkeit, Kontrast, Fläche
 - steigt mit Müdigkeit



3.3.2 Auditives System (1)



Quelle: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomy_of_the_Human_Ear_de.svg

3.3.2 Auditives System (2)

- Funktionsprinzip
 - Wahrnehmung von Luftbewegungen (mechanische Wellen)
 - Ohrmuschel fängt Schallwellen auf, leitet diese an Mittelohr weiter
 - Im Mittelohr werden Schallwellen in Vibrationen des Trommelfells umgewandelt
 - Schwingungen des Trommelfeldes werden über die Gehörknöchelchen (Amboss, Hammer und Steigbügel) an die Schnecke übertragen
 - Schnecke wandelt die mechanische Energie in elektrische Energie um
 - Weiterleitung als elektrischer Nervenimpuls über den Hörnerv an das Gehirn

3.3.2 Auditives System (3)

- Wahrnehmung mechanischer Wellen
 - Länge 0,02 – 20 m
 - Frequenz 18 – 0,016 kHz
- Reizparameter und Sinneseindrücke
 - Intensität -> Lautstärke
 - Frequenz -> Tonhöhe
 - Frequenzgemisch -> Klang(farbe)
- Regelung
 - geringe Adaptation



3.3.2 Auditives System (4)

- Schwelle
 - ca. 10^{-16} W/cm²
- Auflösung
 - räumlich mehrere Grad
 - zeitlich 2 bis 3 ms
- Unterscheidbarkeit absolut
 - 3 bis 7 Intensitäten
 - 4 bis 9 Frequenzen



3.3.3 Haptik

- **Definition: Haptik oder haptische Wahrnehmung**
 - die sensorische und/oder motorische Aktivität, die in der Haut, in den Muskeln, in Gelenken und Sehnen begründet ist
- **zwei Teile**
 - Tastsinn (in der Haut, kutan)
 - Berührungen (taktil)
 - Wärmeempfinden
 - Kinästhesie
 - kinästhetische Empfindungen
 - kinästhetische Handlungen
 - Gleichgewichtssinn



3.3.3 Tastsinn (1)

- **Funktionsprinzip**
 - Rezeptoren in der Haut
 - Je mehr Rezeptoren, um so empfindlicher (Hand, Lippen, Zunge)
 - Mechanorezeptoren ⇒ Berührung und Druck
 - Thermorezeptoren ⇒ Temperatur
 - Nocizeptoren ⇒ Schmerz
 - Übertragung des elektrischen Impulses in den sensorischen Cortex
- **Reize**
 - mechanisch
 - thermisch
 - chemisch
 - elektrisch



3.3.3 Tastsinn (2)

- **Wahrnehmungen**
 - **Formen**
 - Rundheit
 - Scharfkantigkeit
 - **Oberflächen**
 - Glätte
 - Rauheit
 - **Profile**
 - Höhenunterschiede
- **Ausgaben für den Tastsinn**
 - ▶ Kapitel 6.2.6



3.3.3 Kinästhesie (1)

- **Kinästhetische Empfindungen und Handlungen**
 - Rezeptoren in / an Muskeln, Sehnen und Gelenken
 - passives Empfinden z.B. von Gelenkwinkeln
 - aktives Empfinden z.B. von ausgeübter Kraft
- **Reize**
 - Kraft
 - Drehmoment
 - Bewegung
 - Position
 - Verlagerung
 - Gelenkwinkel



3.3.3 Kinästhesie (2)

- Wahrnehmungen
 - Elastizität / Härte von Oberflächen
 - Einwirkung von Kräften / Drehmomenten
- Ausgaben für kinästhetische Wahrnehmung
 - ▶ Kapitel 6.1.11



3.3.3 Gleichgewichtssinn

- Funktionsprinzip
 - Haarzellen im Innenohr
ermitteln Flüssigkeitsbewegungen in den Bogengängen
 - kombiniert mit anderen kinästhetischen Wahrnehmungen
- Wahrnehmungen
 - lineare Beschleunigungen
 - Drehbeschleunigungen
- Ausgaben für den Gleichgewichtssinn
 - bewegte Plattformen in Simulationsanwendungen
 - kann durch optische Reize ersetzt werden



3.3.4 Weitere Sinne und ihre Relevanz für die MCI (1)

- **Geruchssinn**
 - Funktionsprinzip
 - Rezeptoren im direkten Kontakt mit der Außenwelt
 - Eingeatmete Luft und damit aufgenommene Moleküle stimulieren die Fortsätze der Riechzellen (Zilien) in der Riechschleimhaut (Riechepithel)
 - Reaktion der Zilien mit den Molekülen bewirkt elektrischen Impuls
 - Weiterleitung an das limbische System im Gehirn
 - Nutzung in der MCI
 - bisher nur Prototypen



3.3.4 Weitere Sinne und ihre Relevanz für die MCI (2)

- **Geschmackssinn**
 - Funktionsprinzip
 - Wahrnehmung über Geschmacksrezeptoren auf der Zunge
 - Chemische Reaktionen im Mund bei Nahrungsaufnahme
 - Reaktion der Rezeptoren bewirkt elektrische Impulse
 - Weiterleitung an den sensorischen Cortex im Gehirn über Thalamus
 - fünf Geschmacksrichtungen:
süß, sauer, salzig, bitter, umami (herzhaft)
 - möglicherweise weitere: Fett, Kalzium
 - Nutzung in der MCI
 - bisher keine Vorstellungen

