

2. Menschliche Faktoren interaktiver Systeme

Prof. Dr.-Ing. Thomas Herrmann
Informations- und Technikmanagement
Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum
www.imtm-iaw.rub.de

Gliederung

- 2.1 Vom Reiz zur Wahrnehmung
- 2.2 Wahrnehmungspsychologie
- 2.3 Kognitionspsychologie
- 2.4 Zeichentheorie
- 2.5 Unterschiede zwischen Nutzern

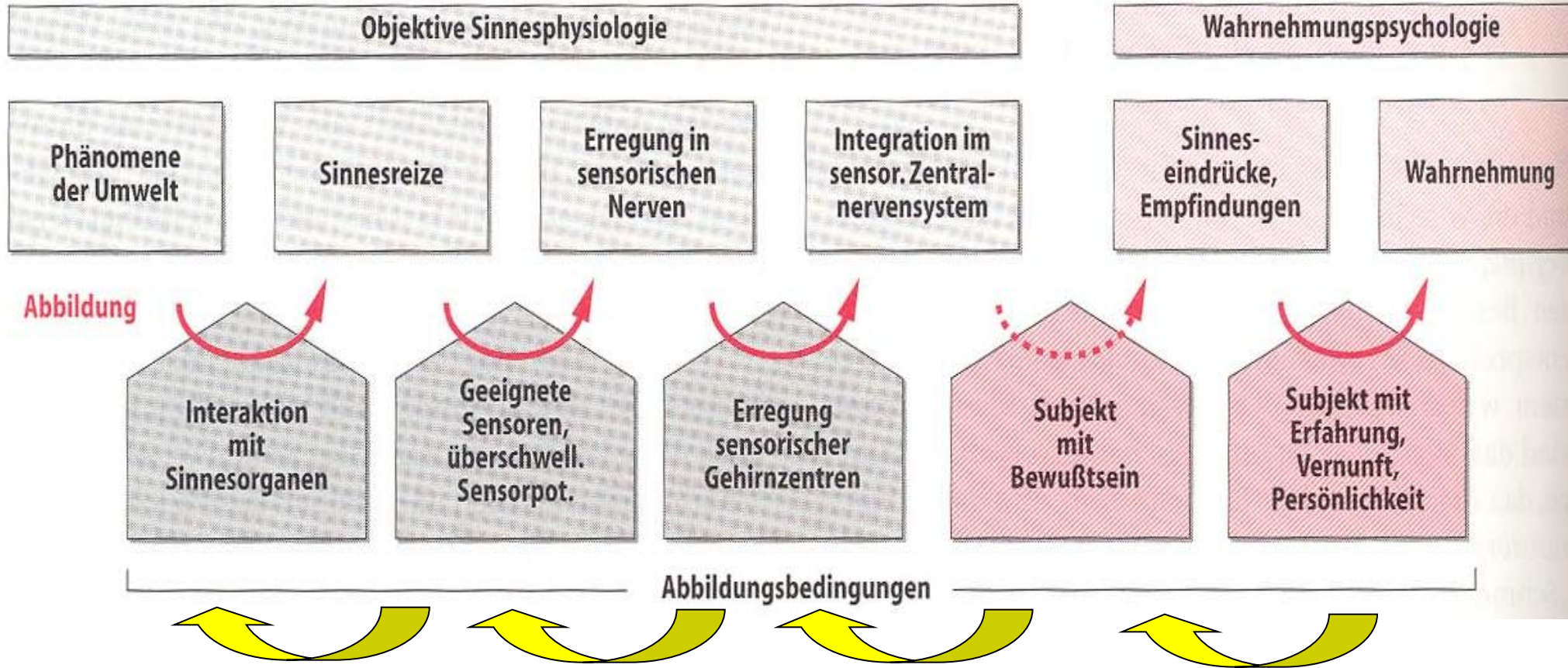
Objektive Sinnesphysiologie und Wahrnehmungspsychologie

Die Analyse der durch Sinnesreize ausgelösten physiologischen Prozesse wird **objektive Sinnesphysiologie** genannt.

Die **Wahrnehmungspsychologie** beschäftigt sich mit den Gesetzmäßigkeiten, die zwischen Sinnesreizen und den durch sie ausgelösten bewussten Empfindungen und Verhaltensweisen besteht.



Abbildungskaskade



BioPsy 301

Vier Grunddimensionen

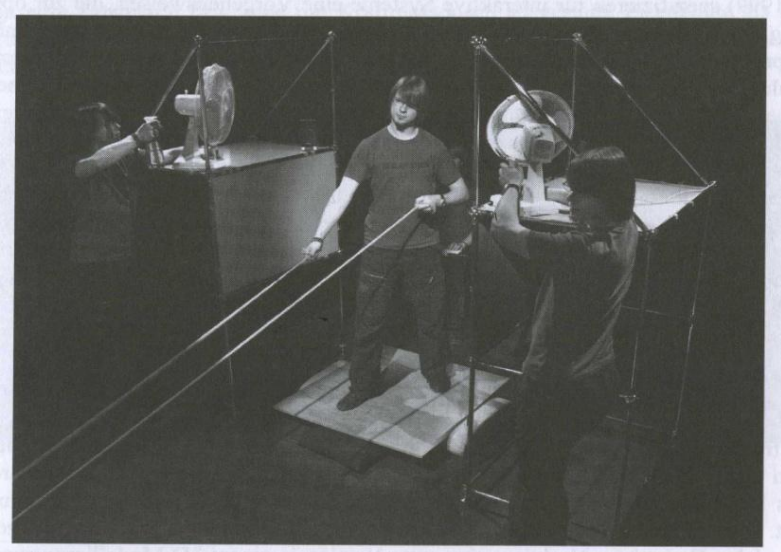
Jede Empfindung hat vier Grunddimensionen:

- Räumlichkeit
- Zeitlichkeit
- Qualität (z.B. Farbe)
- Intensität (z.B. Helligkeit)

→ Gilt das auch für die M-C-I?

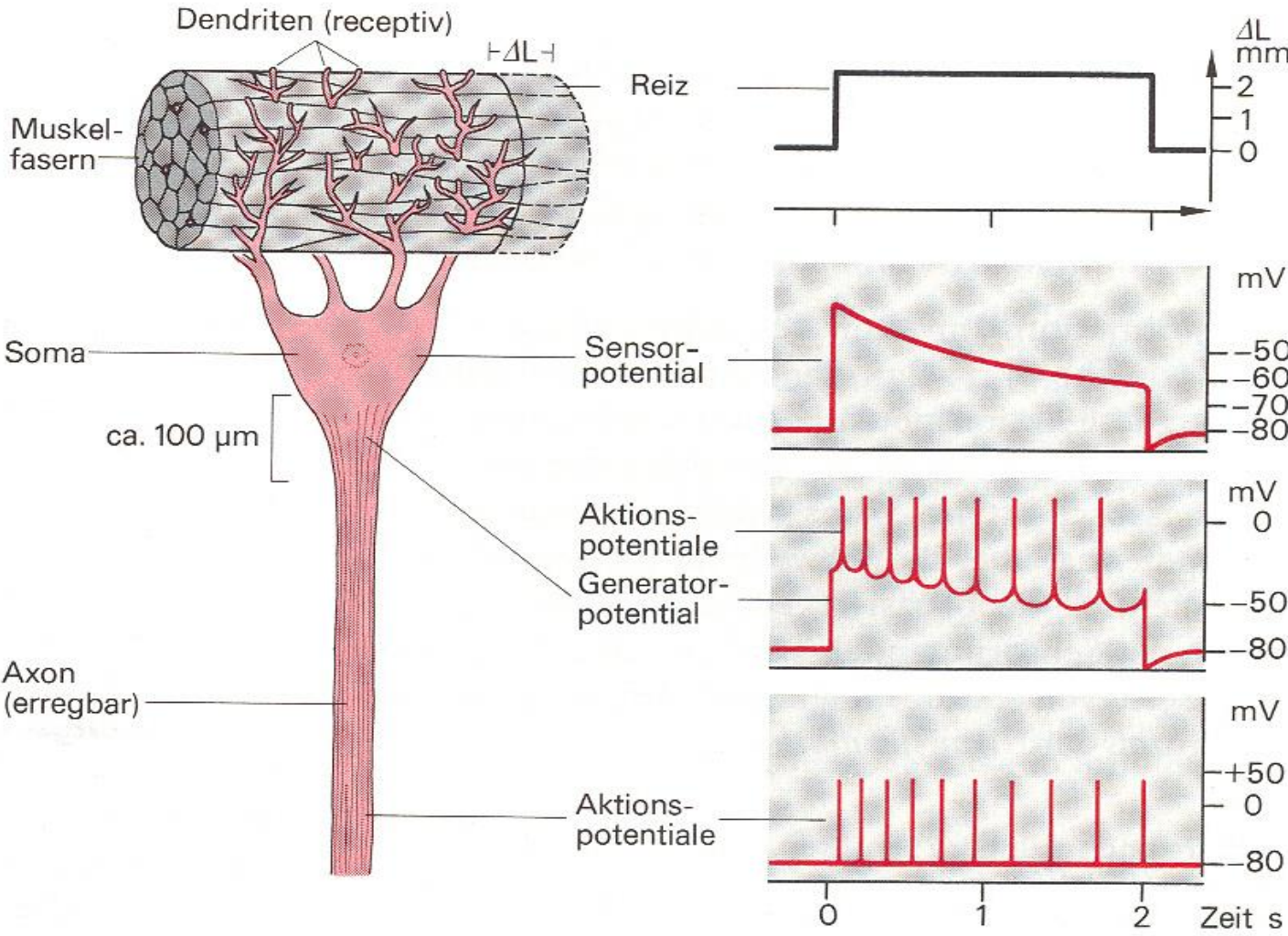
Multimodale Interaktion

**Beispiel „TurtleSurf“
Bildschirmansicht und reale Steuerung (mit WoOz-Sim.)**



Quelle:
M. Herczeg & M.C. Kindsmüller (Hrsg.): Mensch & Computer 2008: Viel Mehr Interaktion. München:
Oldenbourg Verlag, 2008, S. 177-186

Transduktion und Transformation



Transduktion und Transformation

Die Umwandlung eines Reizes in ein lokales Sensorpotential wird **Transduktion** genannt → Kodierung der Reizstärke.

Die Umkodierung des Sensorpotentials in fortgeleitete Aktionspotentiale wird **Transformation** genannt; die Abnahme der Erregung des Sensors bei gleich bleibendem Reiz bezeichnet man als **Adaption**.

Die Kodierung der Reiz Amplitude als Impulsfrequenz lässt sich als Potenzfunktion beschreiben.

Dies gilt auch für die Beziehung zwischen Reiz und Empfindungsstärke.

BioPsy 305f

→ Ggf. müssen Adaption und Empfindungsdämpfung kompensiert werden

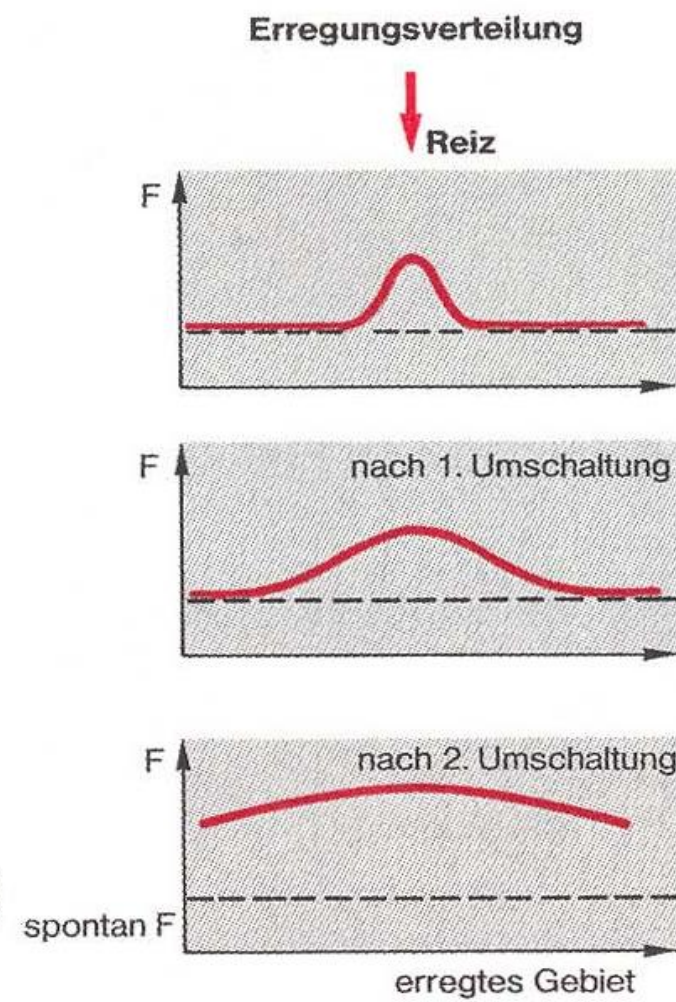
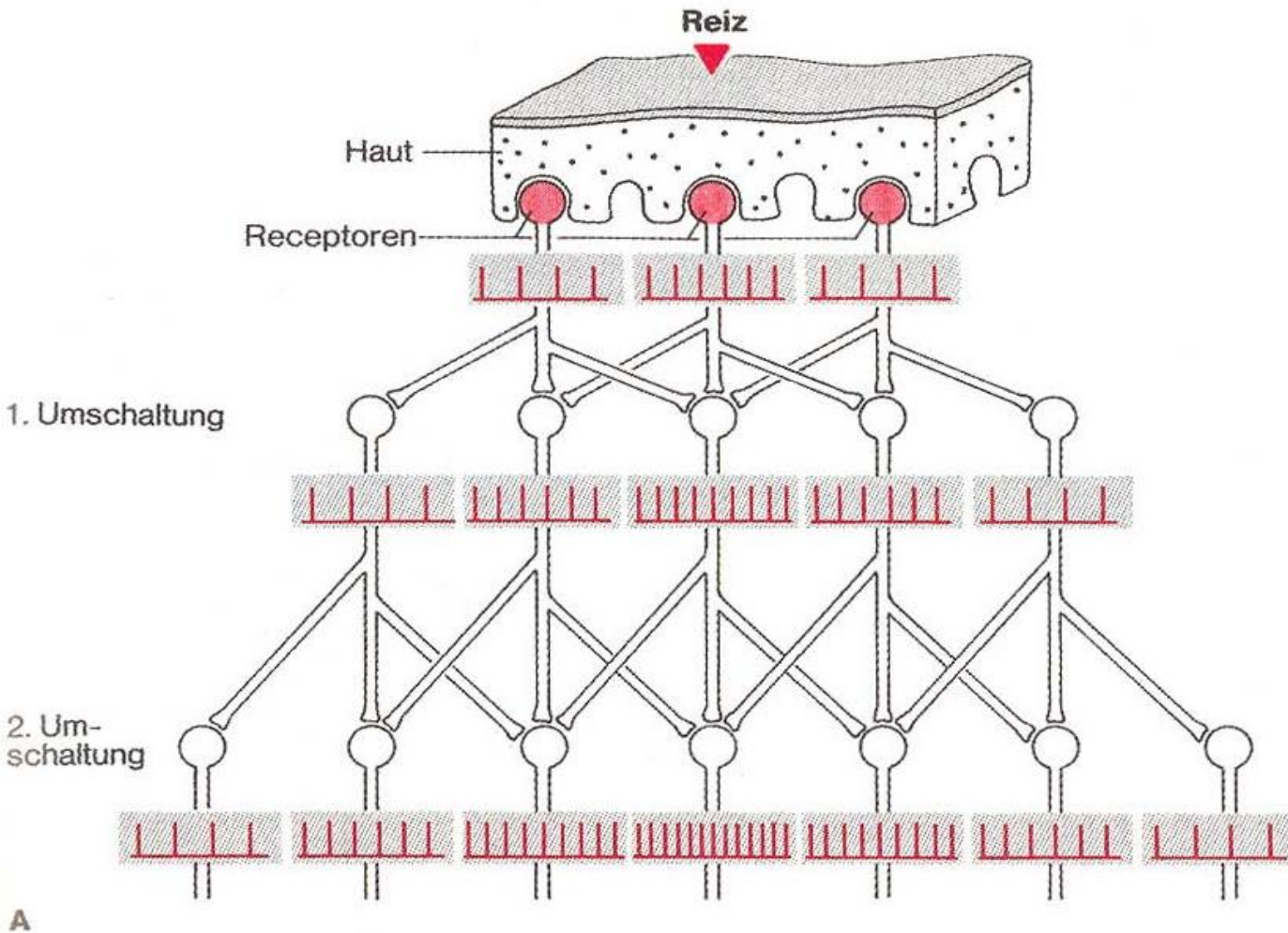
Konvergenz, Divergenz und Hemmung

Die Erregungsausbreitung in sensorischen neuronalen Netzwerken erfolgt sowohl divergent als auch konvergent.

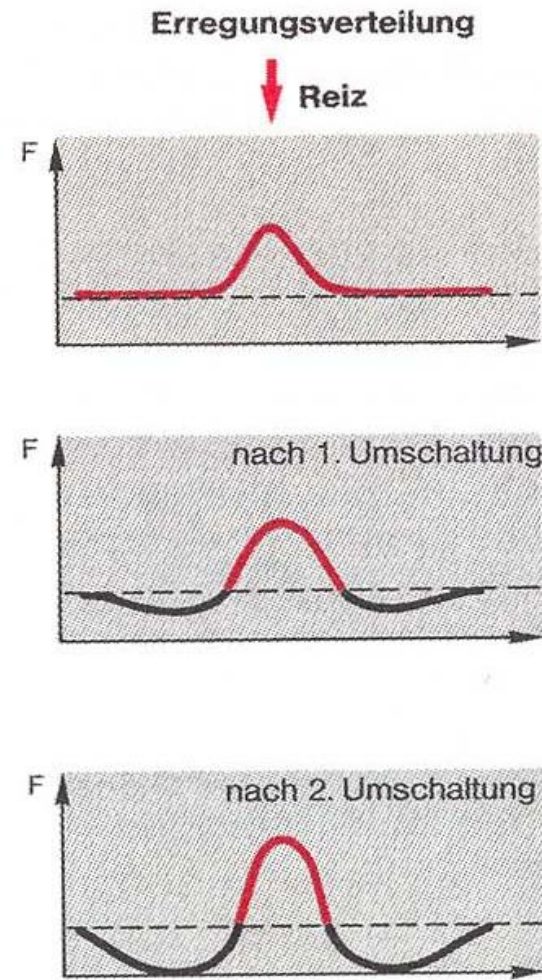
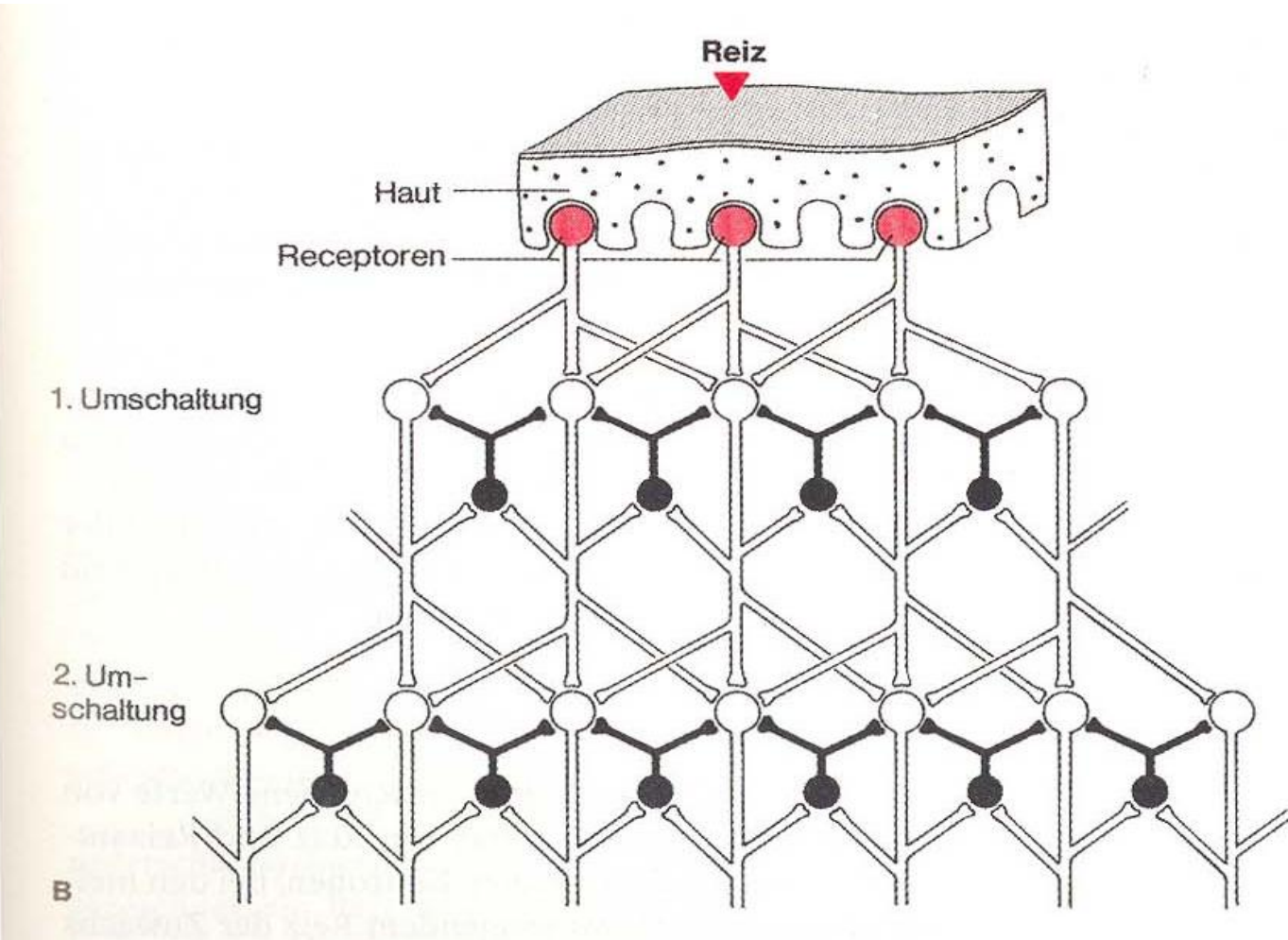
- Divergenz: Verteilung der Signale; schwerere Lokalisierbarkeit (z.B. Geschmacksreize auf der Zunge)
- Konvergenz: Bündelung zur Verstärkung schwacher Effekte
→ Sättigungszustand

Dazu treten hemmende Prozesse, insbesondere laterale Hemmungen auf, die u.a. der Kontrastverschärfung dienen

Veranschaulichung von Divergenz



Veranschaulichung von Hemmung

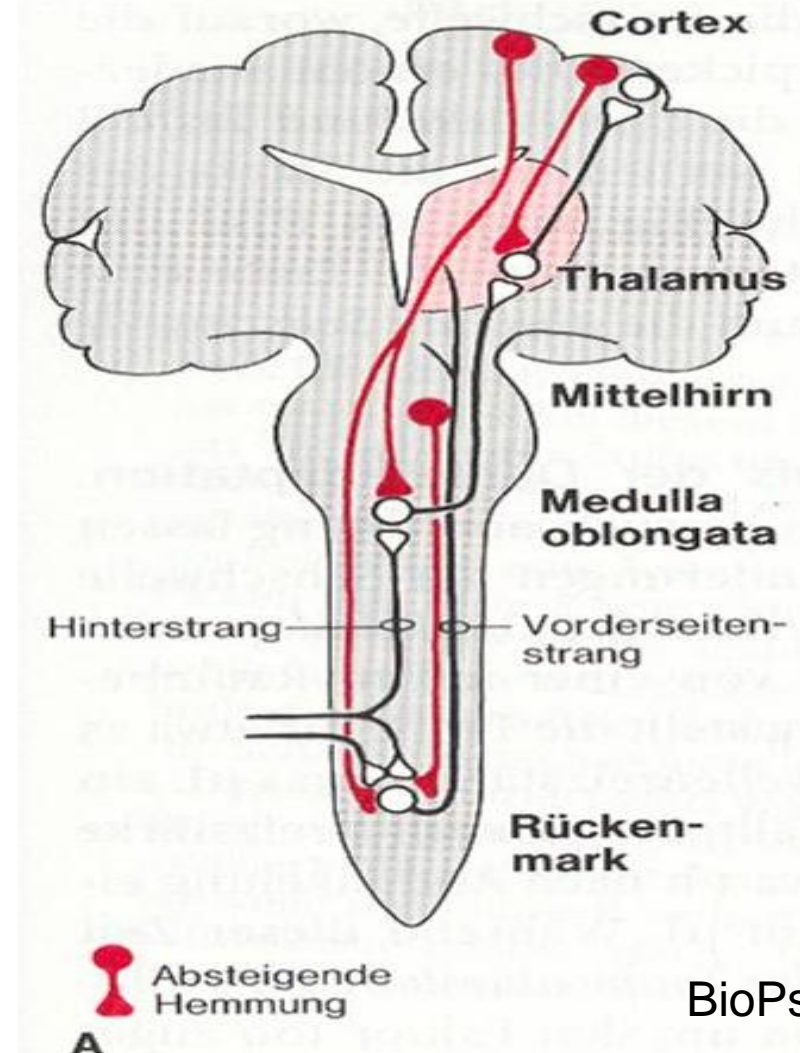


Modulierung der Empfindlichkeit

Über absteigende Hemmung der aufsteigenden afferenten* Information in Rückenmark, Hirnstamm und Thalamus kann die Empfindlichkeit des sensorischen Systems moduliert werden.

Für die M-C-I ist zu beachten, dass Trainingseffekte entstehen

***Afferenz** bezeichnet die Gesamtheit aller von der Peripherie zum Zentralnervensystem (ZNS) laufenden Nervenfasern



BioPsy 315

Relevante Fragestellungen für M-C-I

- Wie stark muss die physikalische Veränderung (etwa Luftbewegung) gestaltet werden, dass sie gespürt wird.
- Welche Schwankungen werden gespürt
- Wie hängt die Empfindungsstärke von der physikalischen Veränderung ab.
- Welche Empfindungssteigerung kann man dem Benutzer zumuten
- Welche Auffrischungen / Schwankungen sind notwendig
- Wie sieht das Zusammenspiel mit anderen Reizen aus?

Reiz-Empfindungs-Beziehung

Reizschwelle: minimale Reizintensität, die eine Empfindung in einem Sinnessystem hervorruft.

Unterschiedsschwelle: Reizzuwachs, der nötig ist um eine merklich stärkere Empfindung auszulösen im Vergleich zum Ausgangsreiz (=> Reizschwelle)

Diesen Reizzuwachs misst man als **konstanten Bruchteil** des Ausgangsreizes.

BioPsy 318

Beispiele: Intensitätsunterschiede, Ortsunterschiede, Zeitunterschiede, Tonhöhenunterschiede, Farbunterschiede.

BioPsy 311

Die Schwellen werden durch einen subjektiven Entscheidungsprozess (Festlegung eines Kriteriums) mitbestimmt

BioPsy 318

Reiz-Empfindungs-Beziehung

Die Empfindungsstärke **E** ist proportional zu der n-ten Potenz der Reizstärke **S** abzüglich der Schwellenreizstärke **S₀**

$$E \sim (S - S_0)^n \quad \text{mit i.d.R. } n < 1$$

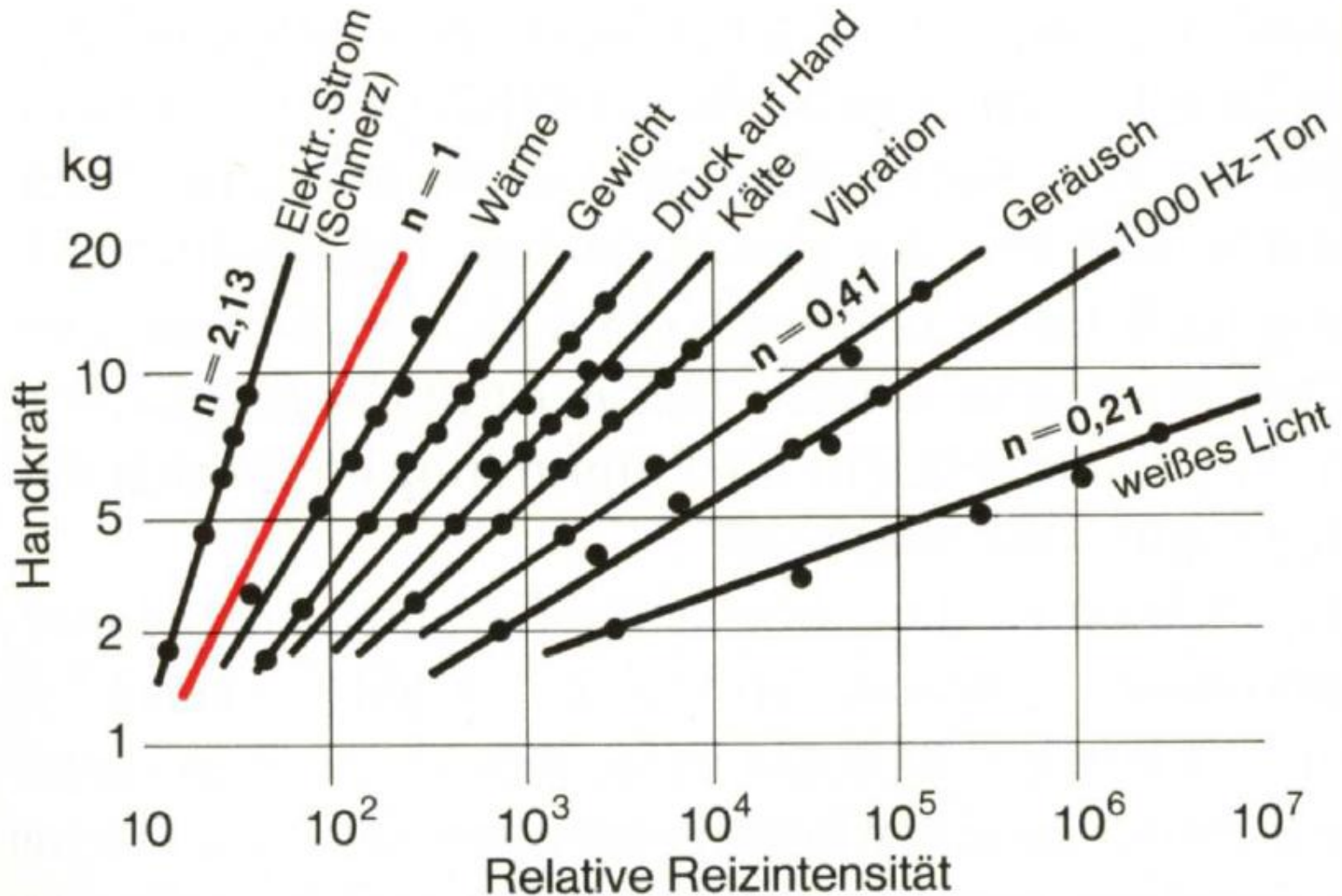
BioPsy 318

Reiz „Übersetzung“

Beim intermodalen Intensitätsvergleich wird die Intensität der Wahrnehmung in einem Sinnsystem als Größe einer Wahrnehmung in einem anderen Sinnsystem ausgedrückt.

In der M-C-I können Reizempfindungen, z.B. Tonhöhe, Kälte, Vibration, Geräusch) durch eine andere Modalität (Kraft, Bewegung) ausgedrückt werden – oder auch gesteuert werden.

Beispiel-Experimente zur Intermodalität



Beispiel zu Reizung durch Luftbewegung (Windempfinden)

Angenommen,
Der Luftzug wird bei 1 m/s gespürt,
Bei 5 m/s wird er als doppelt so stark
wahrgenommen.

Bei welcher Luftbewegung wird eine
Vervierfachung wahrgenommen?



Intermodalität

Beim Lesen und Schreiben werden Bild, Laut und motorischer Ablauf einander zugeordnet; d.h. man ist auf eine intermodale Verarbeitung im visuell-auditiv-motorischen Bereich angewiesen. Das beeinflusst auch die Merkfähigkeit, da im Gedächtnis ein Inhalt ggf. an drei Stellen abgespeichert und somit wieder zu finden ist.

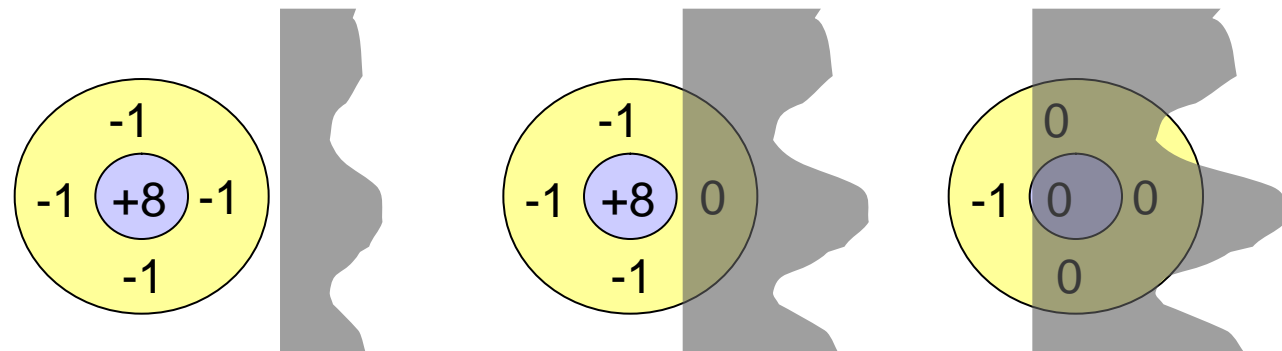
Quelle: Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz, . Bildungsserver Rheinland-Pfalz

Kontrastverstärkung

Kontraste im Raum werden stärker empfunden als es den Reizunterschieden entspricht;
 Diese Kontrastüberhöhung verschärft das Unterscheidungsvermögen;
 Für dieses Phänomen ist v.a. laterale Hemmung im sensorischen System verantwortlich.

BioPsy 321

Lichtempfindliches On-Zentrum-Neuron mit hemmender Peripherie.
 (Es gibt auch umgekehrt geschaltete Off-Zentren)



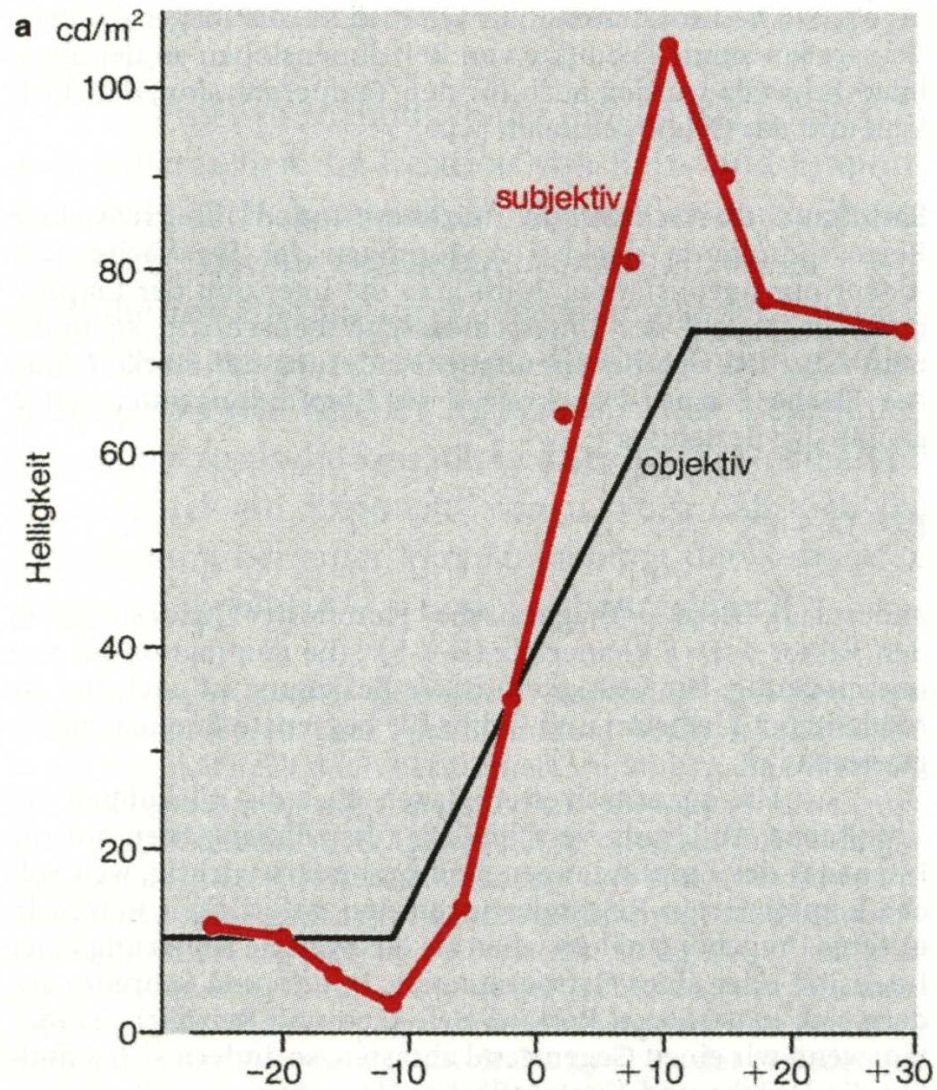
Relative neuronale Aktivierung:

$$8 - 4 = 4$$

$$8 - 3 = 5$$

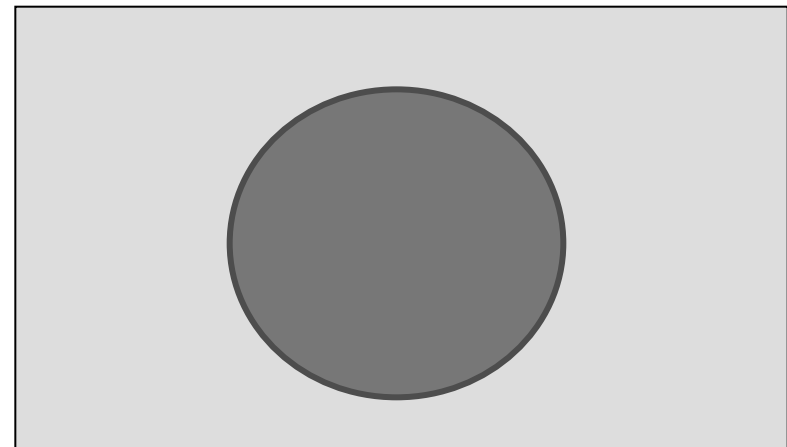
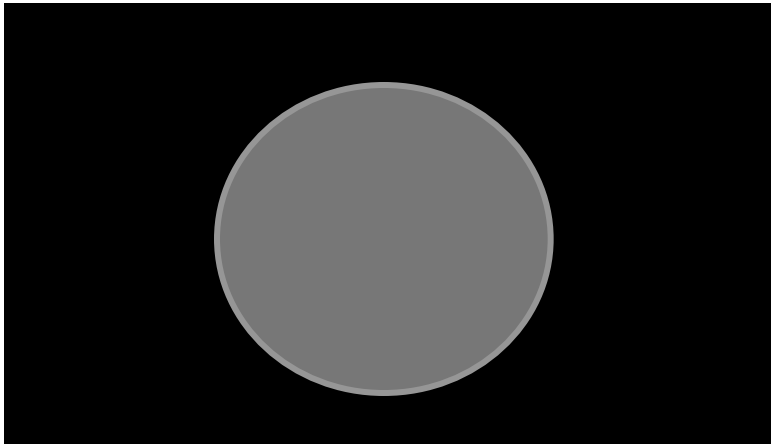
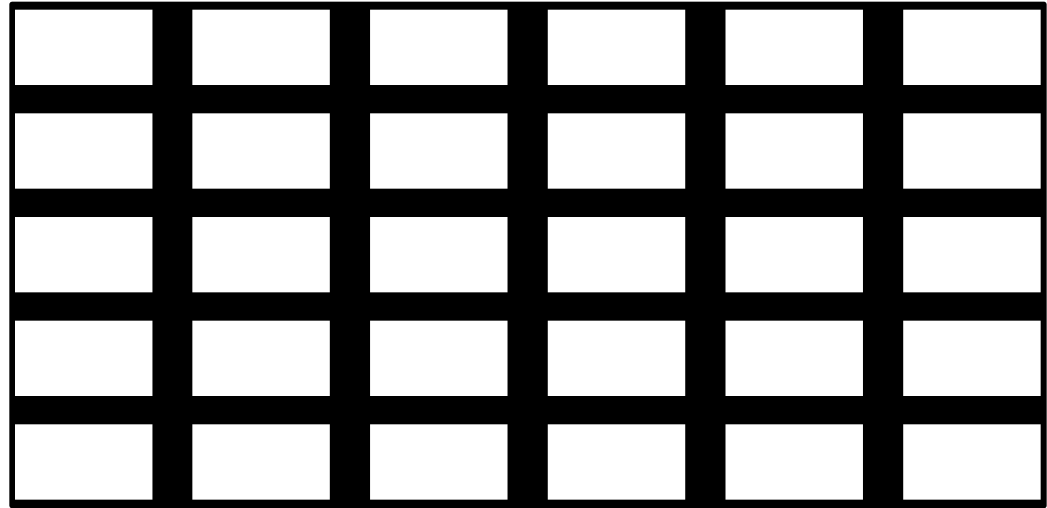
$$0 - 1 = -1$$

Experiment zur Kontrastverstärkung



Kontrastverstärkung - Beispiele

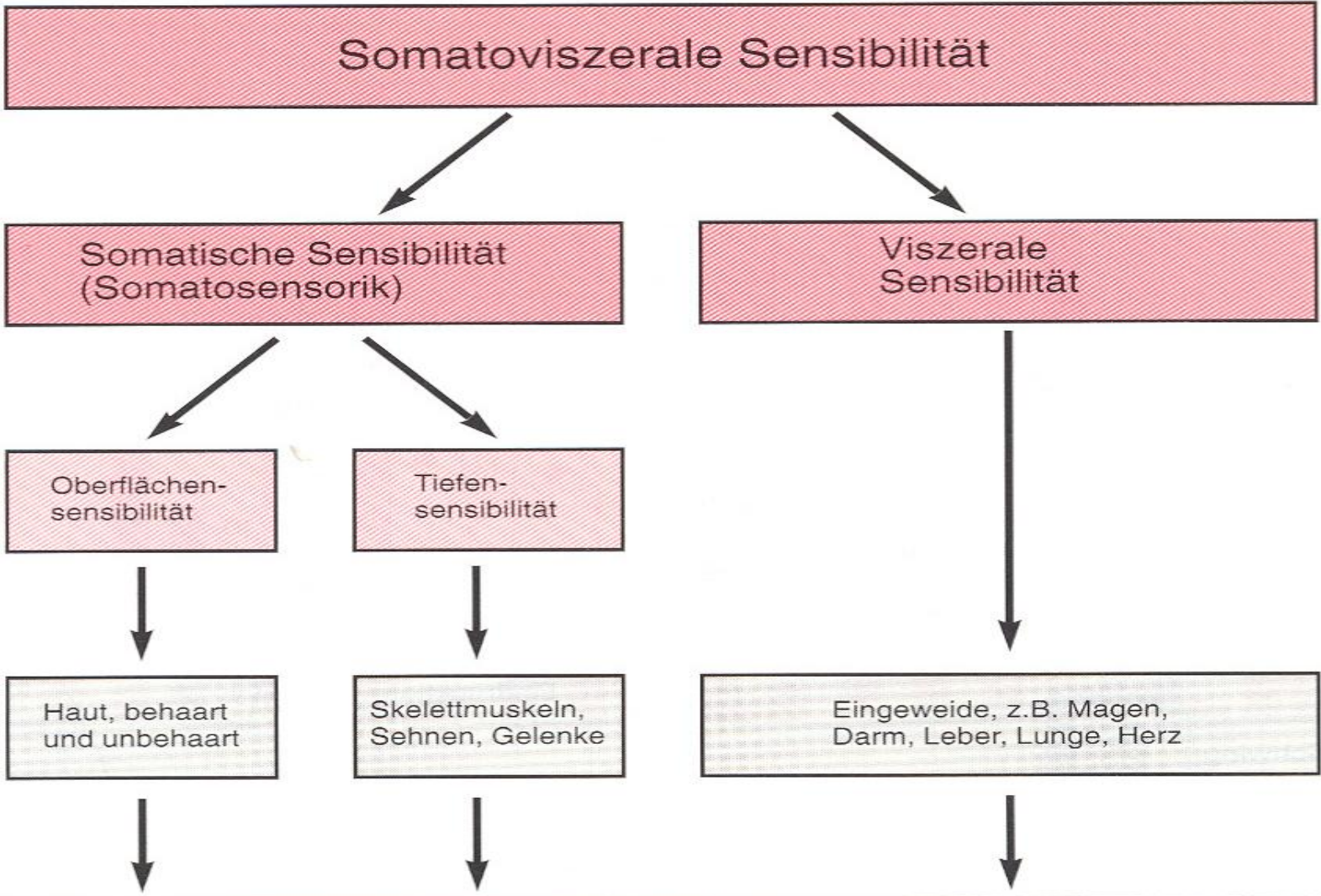
Kontrastverstärkung wird durch laterale Hemmung möglich.
Deren Effekt wird an den grauen Punkten zwischen den Rechtecken merkbar.



BioPsy 375

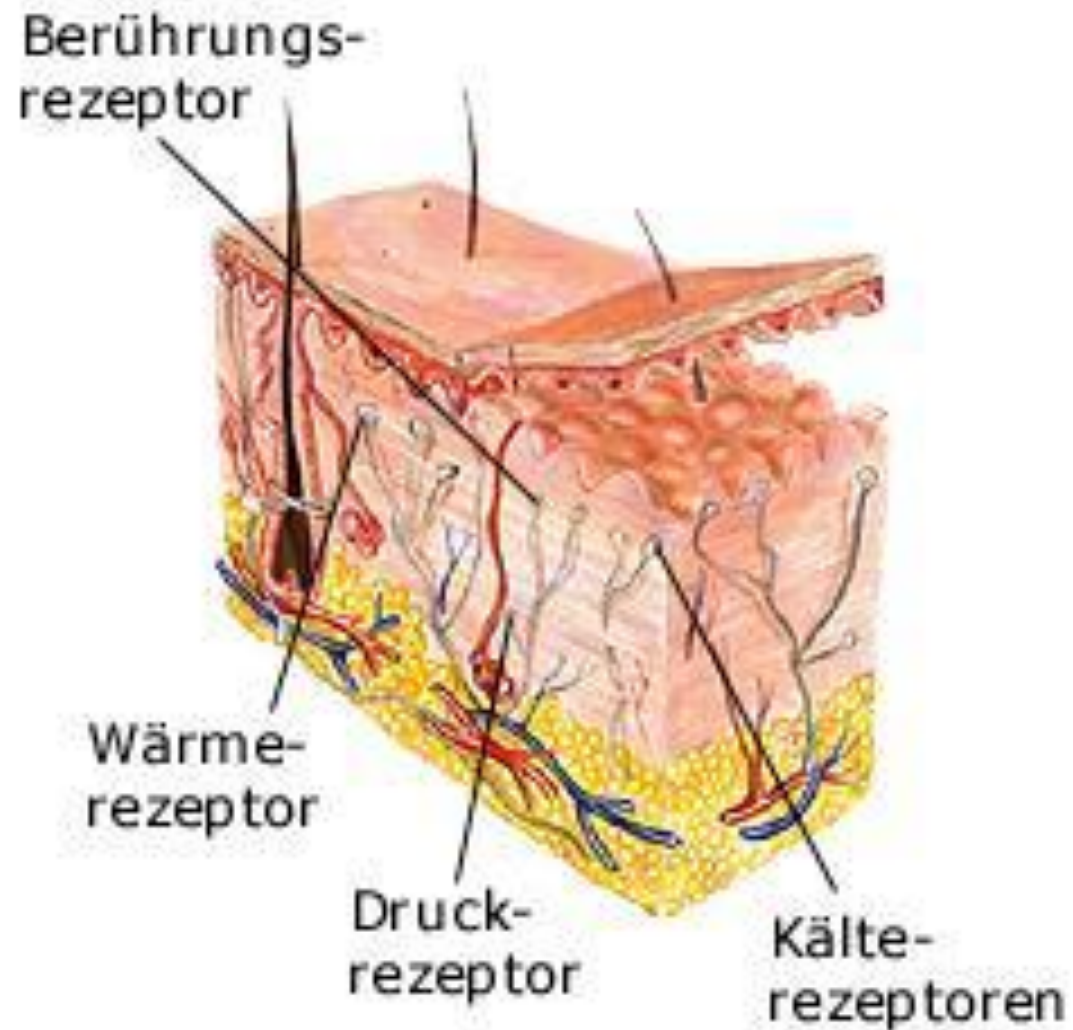
2. Somatosensorik

Somato- sensorik (z.T. Haptik)



Sensortyp	Beispiele adäquater Reize
Mechanosensor	Druck, Berührung, Vibration, Spannung, Dehnung
Thermosensor	Abkühlung, Erwärmung
Chemosensor	Metabolite, pH, pCO ₂ , pO ₂ , Glukose
Nozizeptor	Gewebsschädigungen (Noxen), Hitze, Quetschen

Sensoren in der Haut



Mechanorezeption


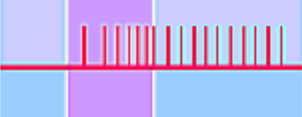
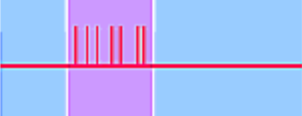
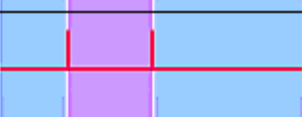
Berührungsempfindungen lassen sich schon durch winzige Hauteindellungen (0,01 mm) auslösen.

Das räumliche Auflösungsvermögen ist an der Zungenspitze, den Lippen und den Fingerkuppen besonders gut; die Vibrationsempfindung hat hier ihre niedrigste Schwelle bei 150-300 Hz.

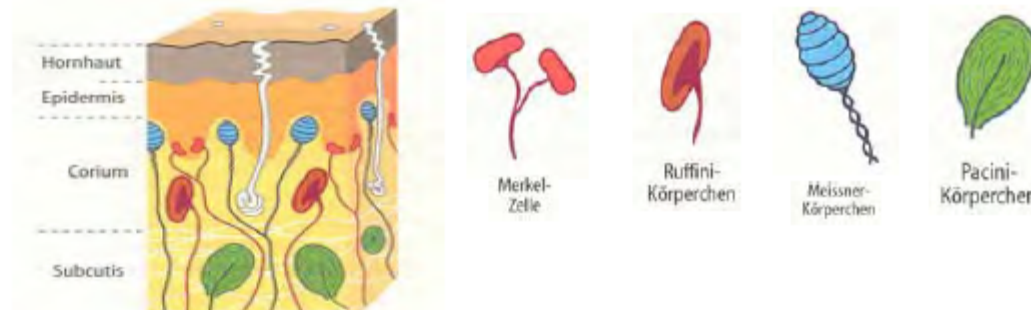
BioPsy 326f

- Ist bei der Konstruktion von Data Suites zu berücksichtigen.
- Force-Feedback

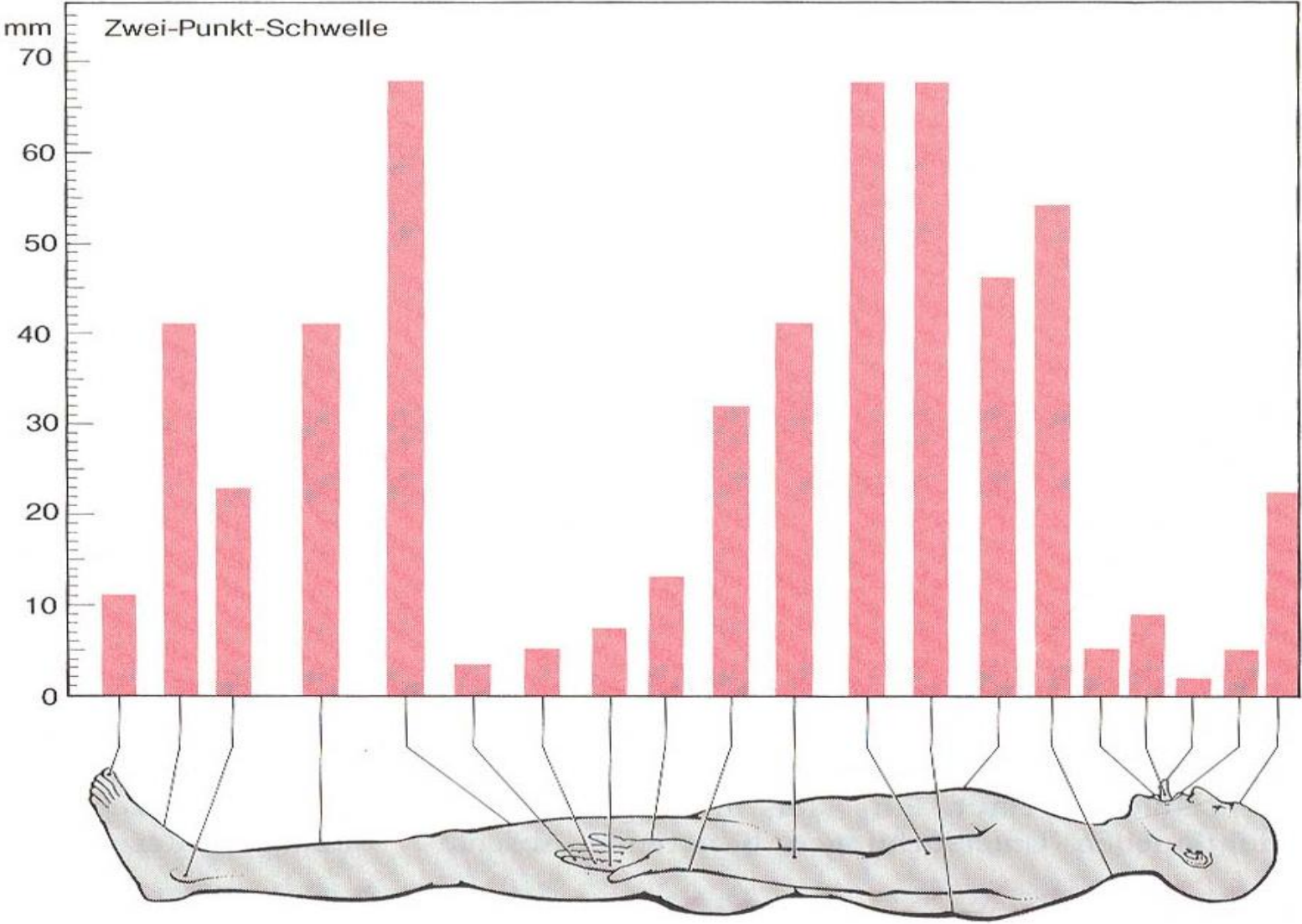
Vibrationsempfinden

	Entladungsmuster	Name	Reiz	Rezeptive Felder
Merkel-Zellen		SA-I: slowly adapting 1	statischer Druck	klein, scharf begrenzt
Ruffini-Kolben		SA-II: slowly adapting 2	Hautdehnung	groß, Grenzen verwaschen
Meissner-Körperchen		RA oder FA-I: rapid/fast adapting 1	Niederfrequente Vibration	klein, scharf begrenzt
Pacini-Körperchen		PC oder FA-II fast adapting 2	hochfrequente Vibration	groß, Grenzen verwaschen

aus: Schmidt/Lang/Thews
Physiologie des Menschen
2005



Zwei-Punkt-Schwelle



Tiefensensibilität

Stellungssinn, Bewegungssinn und Kraftsinn sind die 3 Qualitäten der Tiefensensibilität.

Für die Wahrnehmung der Tiefensensibilität ist die gleichzeitige regelhafte Aktivität verschiedener Sensorsysteme und die zentrale Integration dieser afferenten Zuflüsse erforderlich.

BioPsy 334f

- Ist bei der Konstruktion von Data Suites zu berücksichtigen.
- Bei der Interaktion mit physikalischen Gegebenheiten der Umgebung
- Nicht bewusstseinspflichtiges Interagieren an großen Flächen

Räumliche Tastwelt und Körperschema

Tiefensensibilität und Mechanorezeption wirken zusammen beim Aufbau der räumlichen Tastwelt, die uns vor allem durch die tastende, d.h. sich aktiv bewegende Hand vermittelt wird.

Tiefensensibilität und Gleichgewichtssinn vermitteln die Stellung unseres Körpers im Raum und das Körperschema.

BioPsy 334f

Beispiel: Orientierung in einem plötzlich verdunkelten Raum
... Erprobung von Verhalten in Notfällen
... Training von Feuerwehrleuten

3. Motorik

Stütz- und Zielmotorik

Die Motorik dient einerseits der Haltung und Stellung des Körpers im Raum (Stützmotorik), andererseits nach außen gerichteten Bewegungen (Zielmotorik).

→ Elektronische Erfassung und Analyse (Kamera, Data Suites) sollte zwischen beidem differenzieren können.

Motorische Zentren liegen auf praktisch allen Ebenen des Zentralen Nervensystems; sie arbeiten teils hierarchisch, teils partnerschaftlich (parallel) zusammen.

→ Elektronische Erfassung und Analyse sollte willentliche von reflexartigen Bewegungen unterscheiden.

Muskelkontraktion als Bedingung der Motorik

Die beiden Grundformen der Kontraktion, Verkürzung bei konstanter Last (isotonisch) und Kraftentwicklung bei konstanter Muskellänge (isometrisch).

Sie können als Ausgangspunkt zur Beschreibung der anderen Kontraktionsformen (Unterstützungszuckung, Anschlagszuckung) dienen.

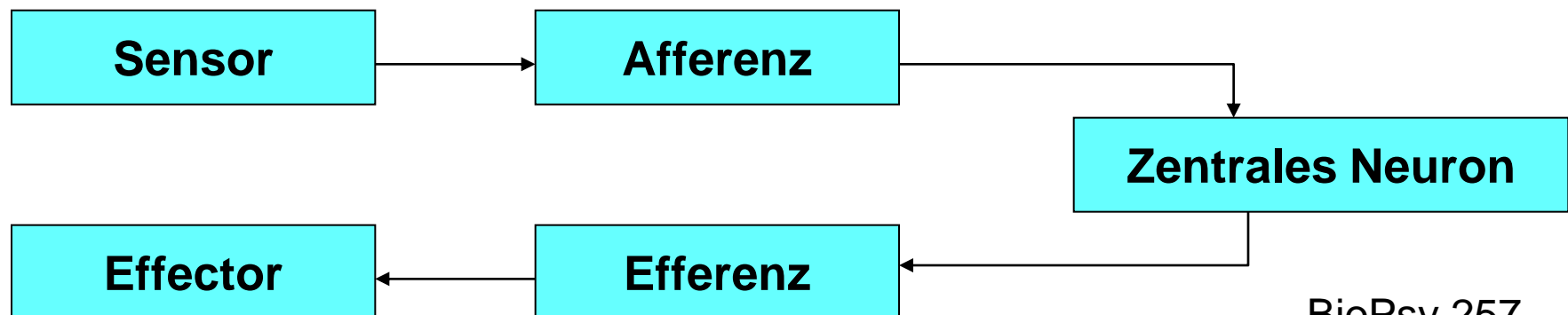
Reflex

Ein Reflex ist eine unwillkürliche, stereotyp (immer gleich) ablaufende Reaktion auf einen bestimmten Reiz (schützender Lidschlag, Rückzug der Hand bei Hitzeschmerz, Schlucken).

Bewegungsfolgen, die ohne Zutun äußerer Reize unterhalten werden, sind programmgesteuert (Atmung).

BioPsy 252f

Reflexbogen



BioPsy 257

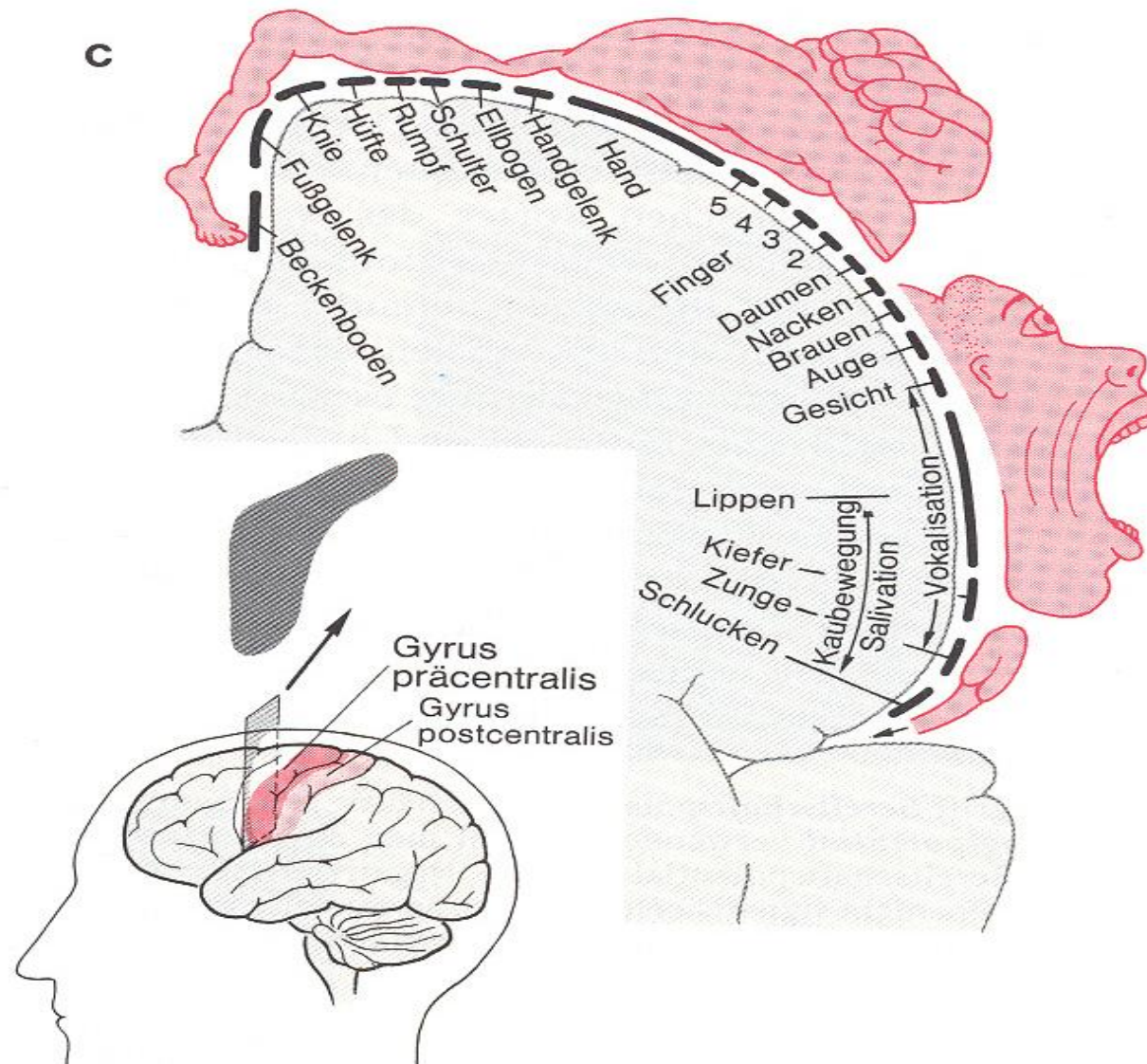
Verknüpfung von Sensorik und Motorik

Sensorische Information und motorische Aktion sind miteinander verknüpft:

Die intrafusalen Muskelfasern der Muskelspindel werden afferent und efferent innerviert;
die Sehnenorgane haben nur eine afferente Innervation.

BioPsy 254f

Motorische Kortexareale - Topografie



BioPsy 271

Motorische Kortexareale

Die motorischen Kortexareale sind in Bezug auf die Körperperipherie somatotopisch organisiert; die Körperperipherie ist multipel, d.h. in mehreren Kortexarealen repräsentiert.

- Die M-C-I muss die unterschiedlich ausgeprägten Steuerungsfähigkeiten berücksichtigen.
- Die Möglichkeiten der Mimik sind im Vergleich zur Handsteuerung unterrepräsentiert.

Bewegungszeit nach Fitts Law

Wie lange dauert es, die Hand (oder den Cursor) von A zu einem Ziel B zu bewegen?

Bewegungszeit = $a + b \log_2 (2D/W)$

a und b - konstanten (z.B. Geräte abhängig)

D – Distanz zum Ziel

W – Größe (width) des Zielobjektes

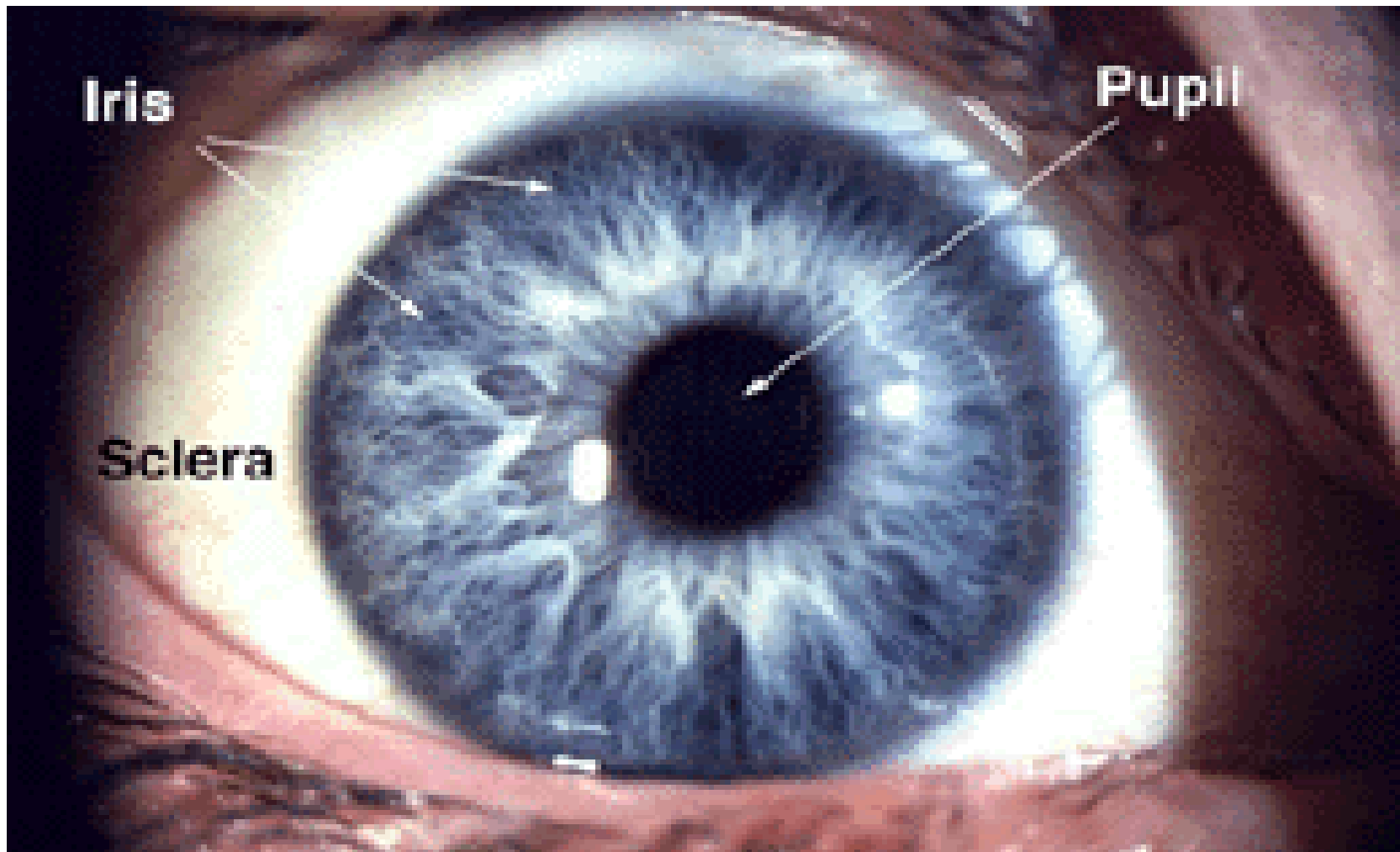
Einschränkende Faktoren:

- Feedbackschleifen
- Konkurrierende Ziele
- Zeit zur Zielidentifikation

(Chua et al., 24)

(Proctor Kim-Phoung, 42)

4. Das visuelle System



Das Auge

Das Auge ist ein zusammengesetztes System, das auf die Netzhaut ein umgekehrtes und stark verkleinertes optisches Bild projiziert.

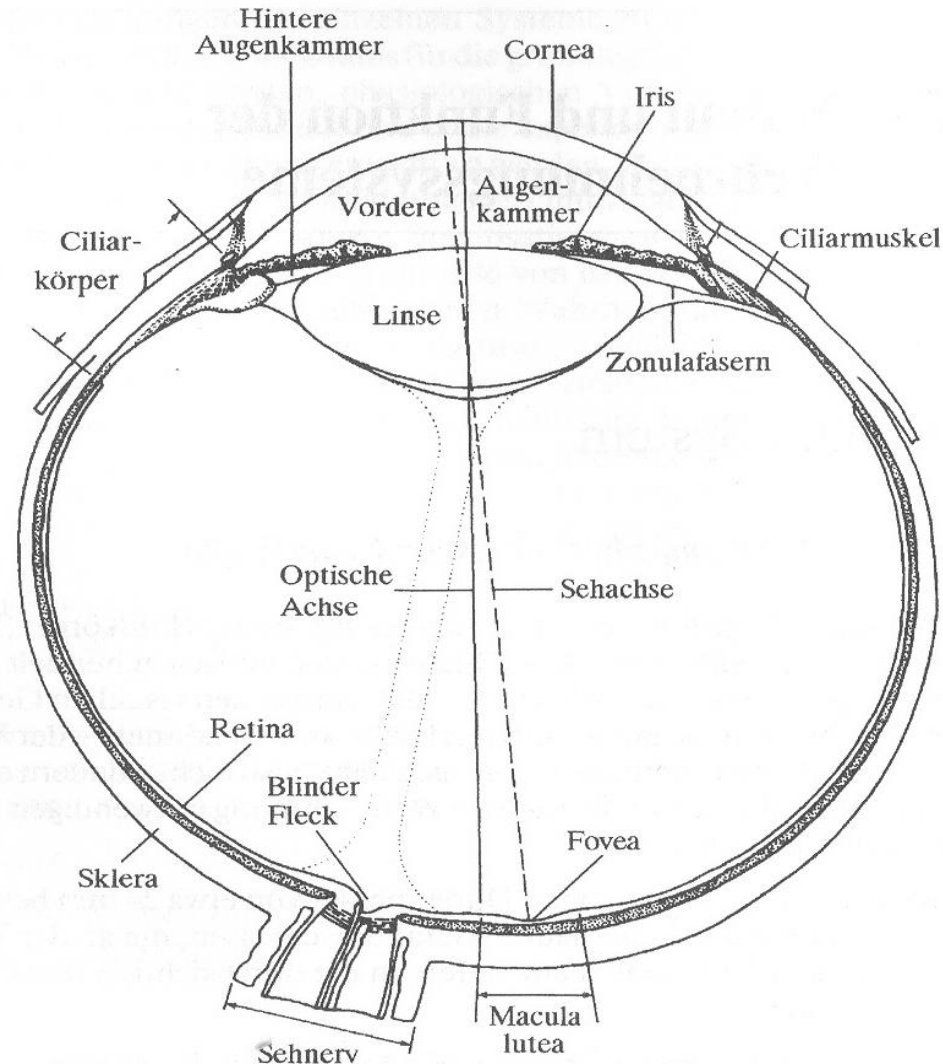
Im strengen Sinne sieht das Auge nichts!

Die Pupillenweite passt sich über die Irismuskulatur reflektorisch an die Umwelleuchtdichte an.

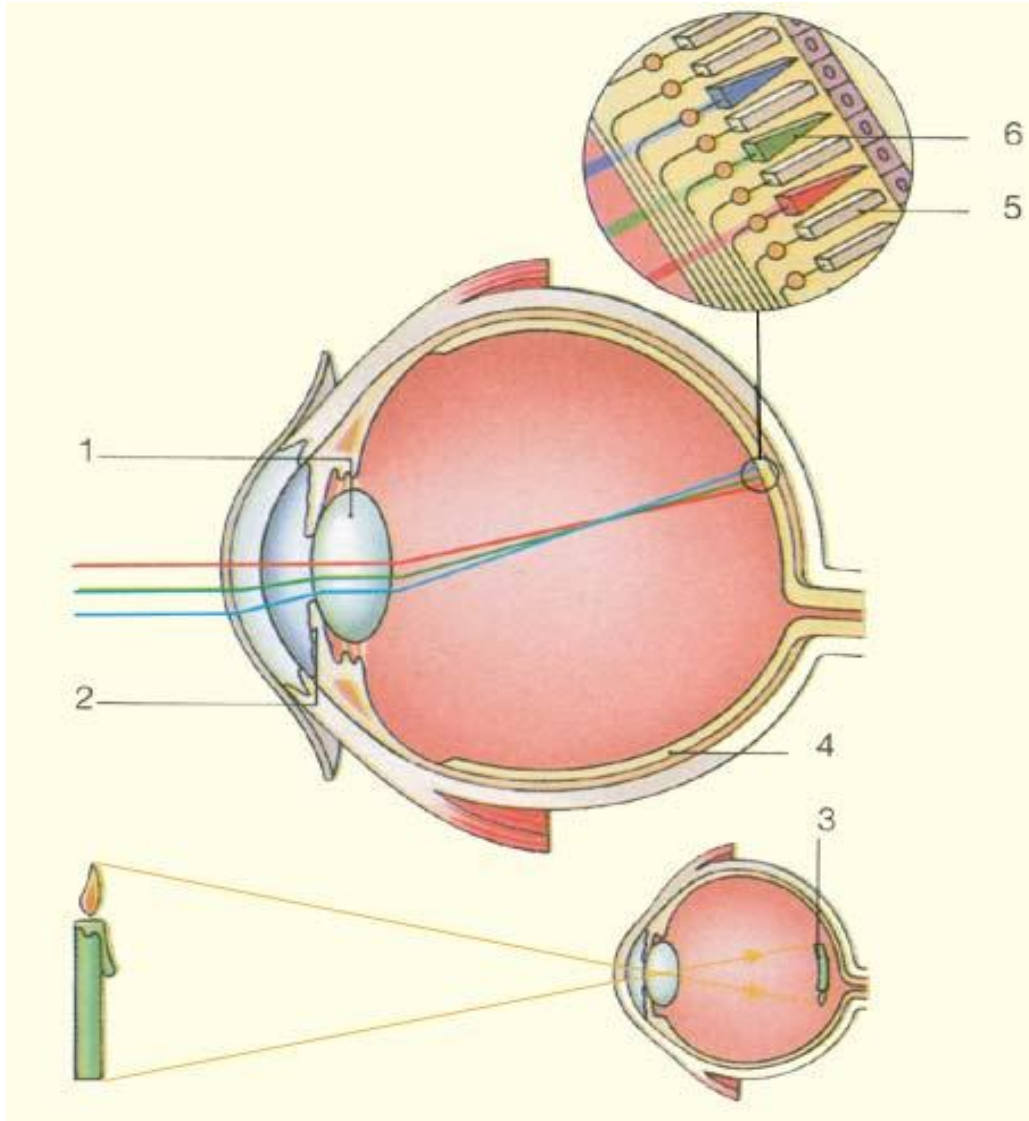
Akkommodation: verschieden weit entfernte Gegenstände werden scharf abgebildet, indem sich der Krümmungsradius der vorderen Linsenfläche ändert.

Normalakkommodation: Scharfsehen im Unendlichen.

Das Auge - Horizontalschnitt

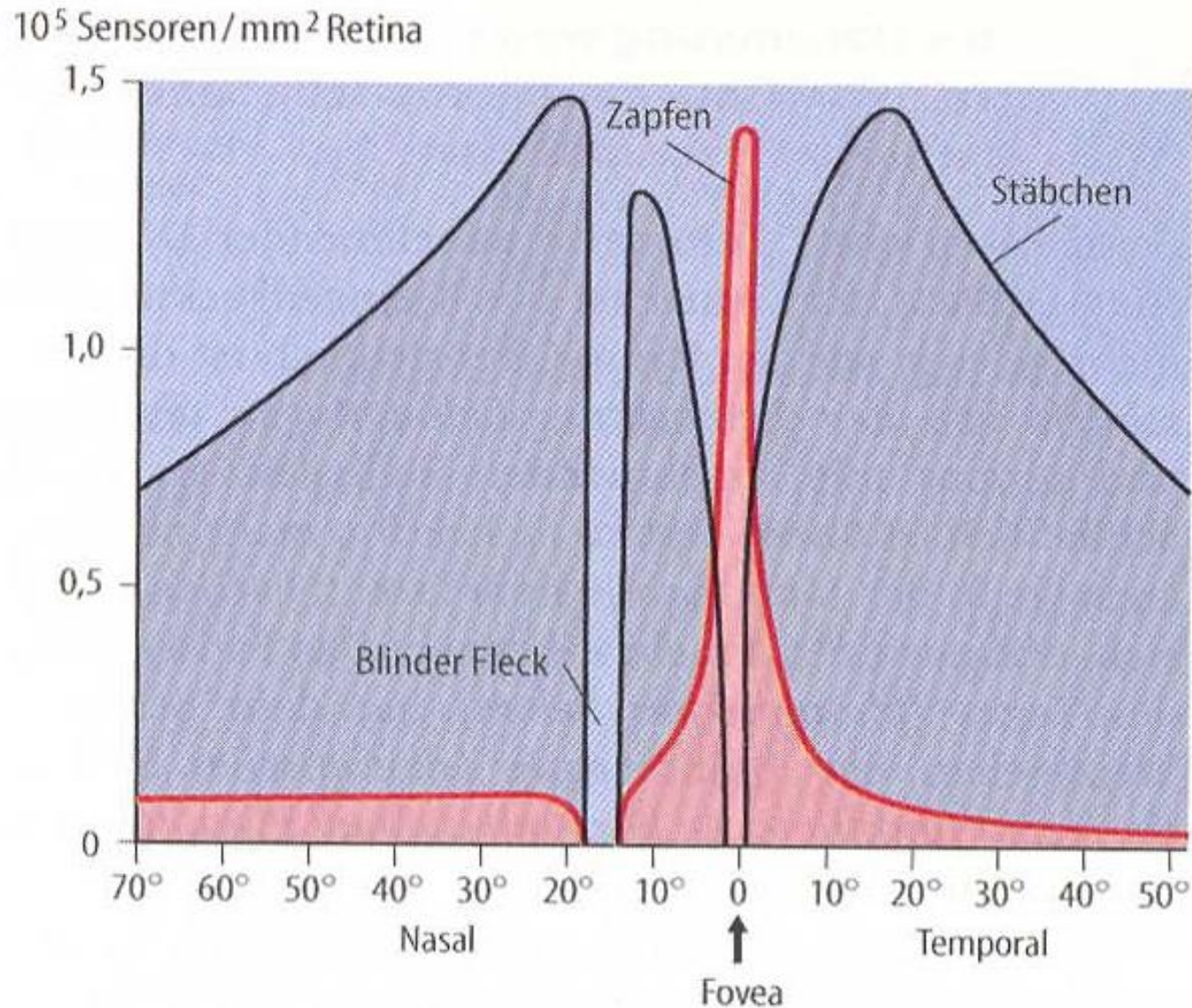


WahPsy 20



1. Das menschliche Auge bündelt Licht in einem Brennpunkt, indem es seine Linse verändert.
2. Das Öffnen und Schließen der Iris bestimmt die einfallende Lichtmenge.
- 3 + 4. Auf dem Kopf stehend erscheint das Abbild auf der Netzhaut.
5. Die ca. 120 Mio. Stäbchen der Netzhaut reagieren besonders sensibel für die Schwarz-Weiß-Empfindung, können aber kaum Farben wahrnehmen.
6. Die ca. 7 Mio. Zapfen empfangen dagegen rotes, grünes oder blaues Licht. Die Intensität der Nervenimpulse, die von den einzelnen Zapfen an das Gehirn weitergeleitet werden, bestimmt, welche Farbe erkannt wird.

Verteilung von Zäpfchen und Stäbchen



Arten des Sehens

Photopisches Sehen bei Tageslicht wird durch die Zapfen, skoptisches Sehen in der Dämmerung wird durch die Stäbchen vermittelt; nur das photopische Sehen ist farbig und fixationsscharf.

Die Lichtempfindlichkeit der Stäbchen und Zapfen der Netzhaut passt sich über Adaptionprozesse an die Helligkeit der Umgebung an.

Maximale Dunkeladaption erst nach 30 min
Helligkeitsadaption schon nach 1 min

Flimmern

Bei schnellem Wiederholen von Flimmerlicht erscheint dieses als Dauerlicht.

Dieser Effekt ist bei der Stellen schärfsten Sehens stärker als an den Rändern des Gesichtsfeldes.

→ Bildwiederholfrequenz muss an die Wahrnehmung im Randbereich des Gesichtsfeldes angepasst werden

→ **100 Hz**

Es kann Scheinbewegung erzeugt werden.
Phänomen des wandernden Lichtes ist noch nicht erklärt.

Kontrast und Gestalt

Kontraste werden im visuellen System besonders gut wahrgenommen; dies verbessert die Sehschärfe und das Gestaltsehen.

BioPsy 375

Beim Betrachten von Flächen ohne Kontraste oder bei einer Kompensation des Mikrotremors schwindet das Sehvermögen.

Wahpsy 35ff

Zur Gestaltwahrnehmung wird eine Deutung des Gesehenen unter Einsatz der Erfahrung wahrgenommen; Größen- und Formkonstanzmechanismen spielen dabei zusammen mit Ergänzungs- und Kontrastprozessen eine große Rolle

BioPsy 377

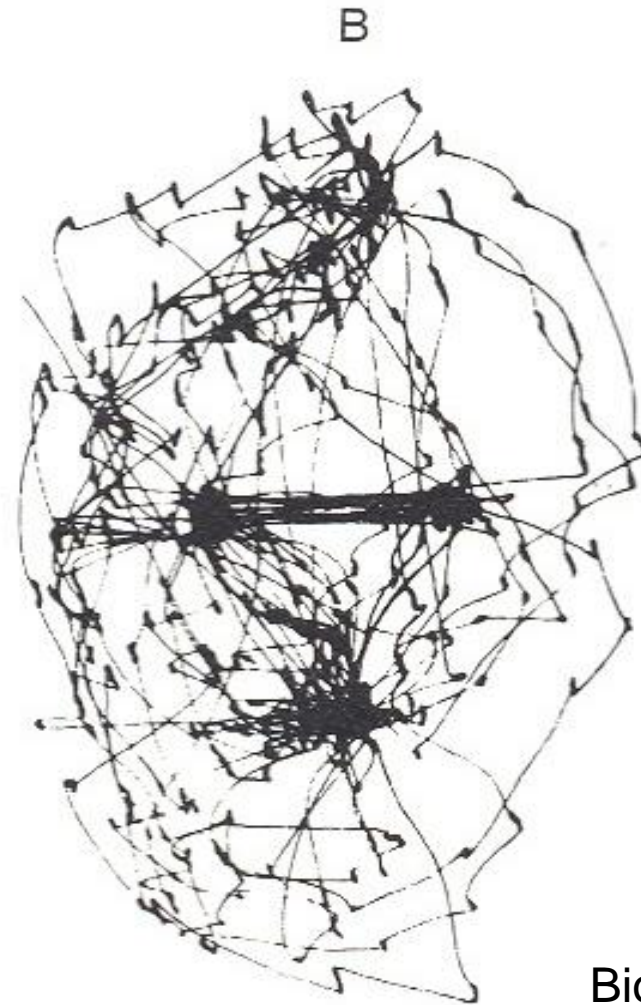
Betrachten eines Objektes

Beim Aufmerksamen Betrachten eines Objektes werden die Sakkaden (sprunghafte Augenbewegung) von den Strukturmerkmalen und von den besonders wichtigen Teilen des Objektes gesteuert.

BioPsy 379

Die Analyse der Sakkaden gibt Aufschluss über das, was an einer Bildschirmmaske als wichtig und strukturgebend empfunden wird.

Betrachten eines Objektes - Beispiel



BioPsy 379

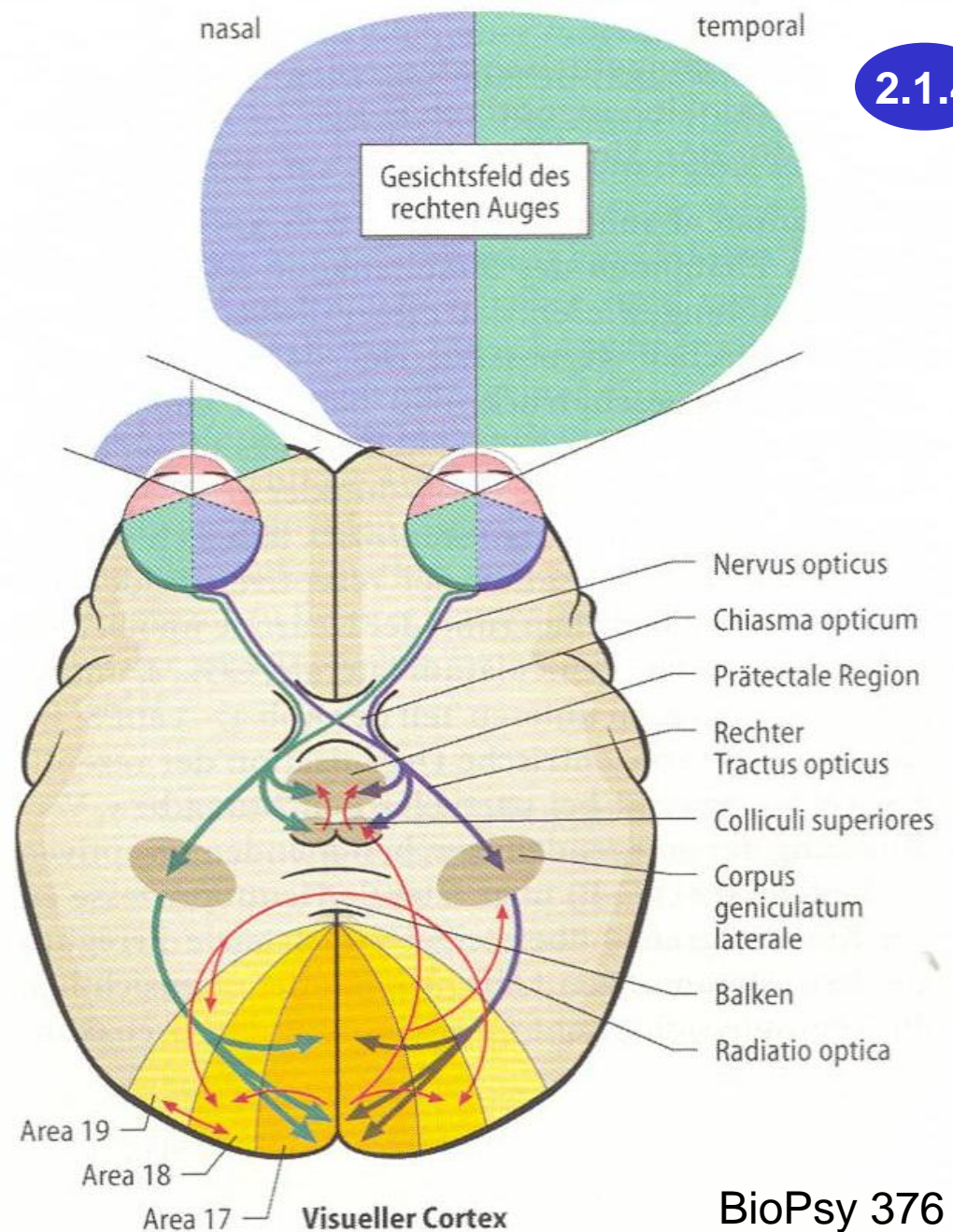
Zwei Augen

Blickachsen konvergieren im Fixationspunkt.

→ Entfernungsmessung im Bereich bis zu 6m.

Die Bilder vor und hinter dem Fixationspunkt müssen verrechnet werden.

→ Relevant für Helmdisplay



2.1.4

BioPsy 376

Motorik der Augen - 1

Vergenzbewegungen: Verschieben der Blickachsen relativ zueinander in Abhängigkeit der Entfernung des Fixationspunktes.

Konjugierte Bewegung: gemeinsame Bewegung der Augen.

Bei Fixation: langsame Verschiebung des F.-punktes bei längerer Fixationsdauer (0,5 – 2s)

Mikrotremor beim Fixieren: Amplitude 1-3 Winkelminuten, 20-150 Hz → vermutlich zur Kompensation der Adaption der Photosensoren.

Relevanz für Videokameras?

Motorik der Augen - 2

Sakkaden: sprunghafte Bewegung zwischen den Fixationspunkten

Zwischen 3 Winkelminuten und 90°. Dauer 15 – 100 ms.
U.U. mit Kopfbewegung kombiniert.

Gleitende Augenbewegung bei bewegten Objekten.

Wechsel von Sakkaden und gleitender Augenbewegung bei Eigenbewegung des Beobachters.

Relevanz für Videokameras und Helmdisplay?

Farbsehen 1 – Verbindung zwischen trichromatischer Theorie und Gegenfarbentheorie

Wellenlängen des Lichts

kurz 419 nm (blau)

mittel 531 nm (grün)

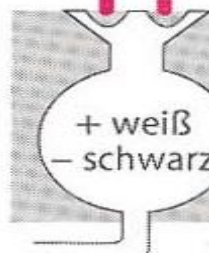
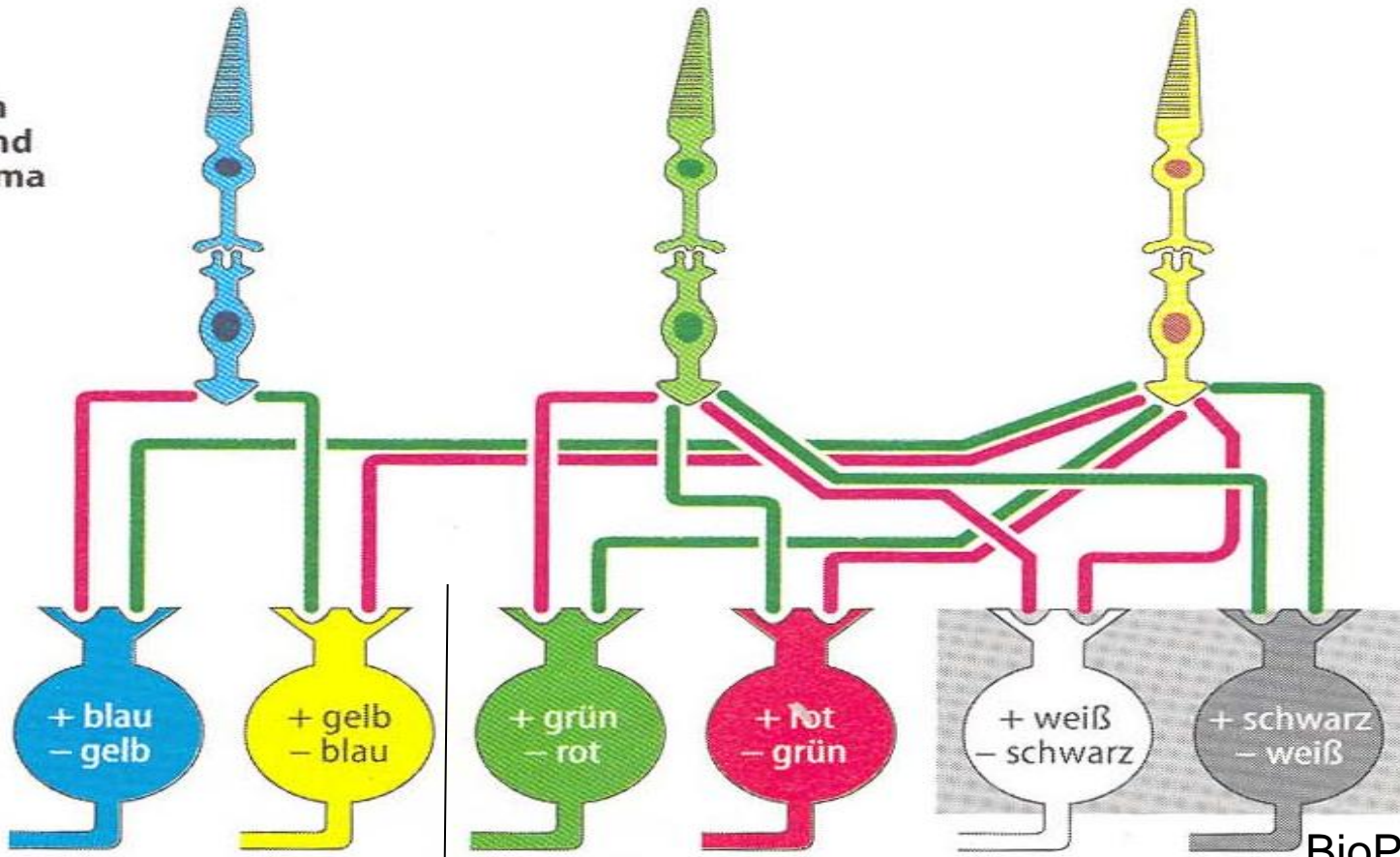
lang 559 nm (gelb)

Zapfen mit unterschiedlichen Sehfärbstoffen und Absorptionsmaxima

bipolare Zellen

Erregung
Hemmung

Ganglienzellen



neuronales Farbensystem „Gegenfarbenneurone“

neuronales Helligkeitssystem

Farbsehen - 2

Die trichromatische Theorie des Sehens gilt für die Prozesse in den Photorezeptoren, die Gegenfarbentheorie für die weitere neuronale Verarbeitung.

Alle bisherigen Farbtheorien sind bestenfalls erste Annäherungen an die tatsächlichen Verhältnisse. Experimente zeigen, dass - wenn man zweifarbige Bilder komplexer Gegenstände mischt - ein überraschender Farbreichtum wahrgenommen werden kann – auch Farben die physikalisch gar nicht dargeboten werden.

Metallfarben wie Gold und Silber lassen sich nicht aus den Spektralfarben und Weiß mischen.

Ergebnisse zur Farbverwendung

Discrimination and Harmony

- **For best absolute discrimination, select no more than four or five colors widely spaced on the color spectrum.**
 - Good colors: red, yellow, green, blue, brown.
- **For best comparative discrimination, select no more than six or seven colors widely spaced on the color spectrum.**
 - Other acceptable colors: orange, yellow-green, cyan, violet, or magenta.
- **Choose harmonious colors:**
 - One color plus two colors on either side for its complement.
 - Three colors in equidistant points around the color circle.
- **For older viewers or extended viewing, use brighter colors.**

Galitz 499f



Two-Color Combinations

Good

White / Green
Gold / Cyan
Gold / Green
Green / Magenta
Green / Lavender
Cyan / Red

Poor

Red / Blue
Red / Green
Red / Purple
Red / Yellow
Red / Magenta
White / Cyan
White / Yellow
Blue / Green
Blue / Purple
Green / Cyan
Cyan / Lavender

Galitz 513

Three-Color Combinations

Good

White / Gold / Green
White / Gold / Blue
White / Gold / Magenta
White / Red / Cyan
Red / Cyan / Gold
Cyan / Yellow / Lavender
Gold / Magenta / Blue
Gold / Magenta / Green
Gold / Lavender / Green

Poor

Red / Yellow / Green
Red / Blue / Green
Red / Magenta / Blue
White / Cyan / Yellow
Green / Cyan / Blue

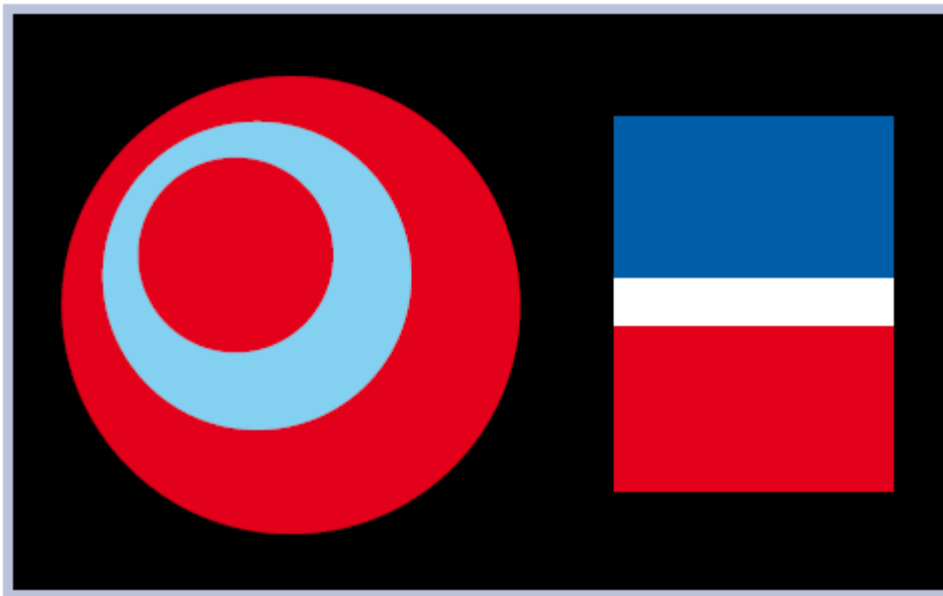
Galitz 513

Farbgestaltung

- Objektiv betrachtet bringt Farbe im Vergleich zu schwarz-weiß keine Vorteile
- Farbmonitore sind belastender als Schwarz-Weiß-Monitore

ABER:

- Es werden persönlich Vorteile empfunden (jedoch nicht als Leistungssteigerung messbar)
- Es können Tiefenwirkungen erzielt werden



Friedrich Holl (2007):
Software-Gestaltung: Farbe
auf Bildschirm. Computer
und arbeit 8-9

Aufgabe von Farben

- durch Markierung, Hervorhebung, Kontraststeigerungen und ähnliche Effekte
- Textteile, Objekte und Strukturen voneinander **unterscheiden** oder
- durch Verwendung gleicher oder ähnlicher Farben oder Farbbedeutungen
- (z.B. rot = warm, blau = kalt)
- inhaltliche **Zusammenhänge** und **Zusammengehörigkeiten** deutlich machen.

Kontraste

Komplementärfarben



*Drei Beispiele für Komplementärfarben:
Gelb/Blau, Rot/Cyan, Magenta/Grün*

Warm-Kalt-Kontrast



Qualitätskontrast



Quantitätskontrast

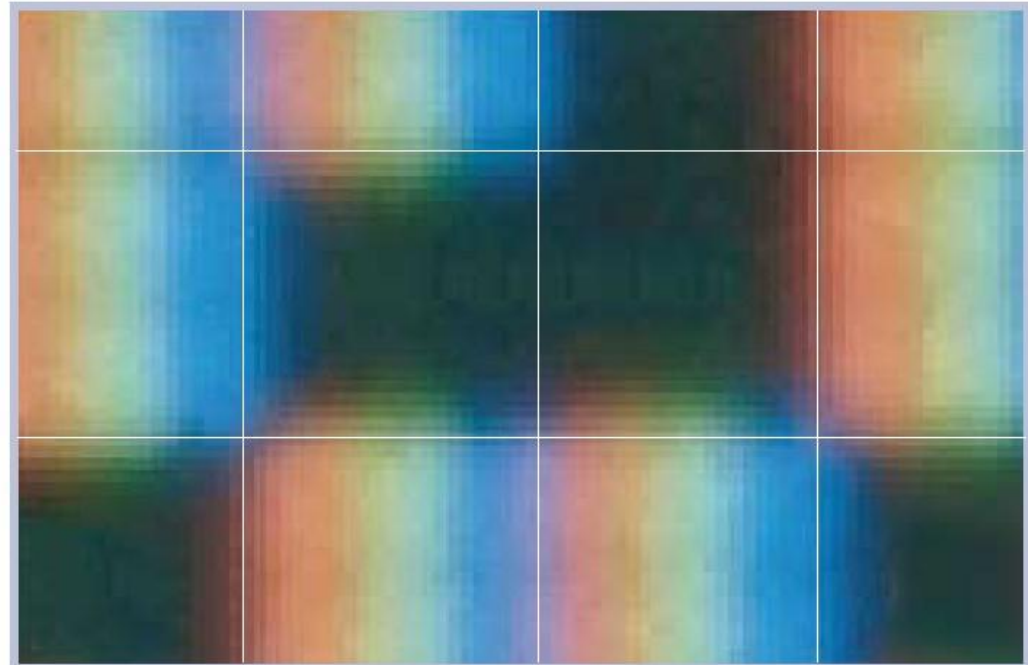
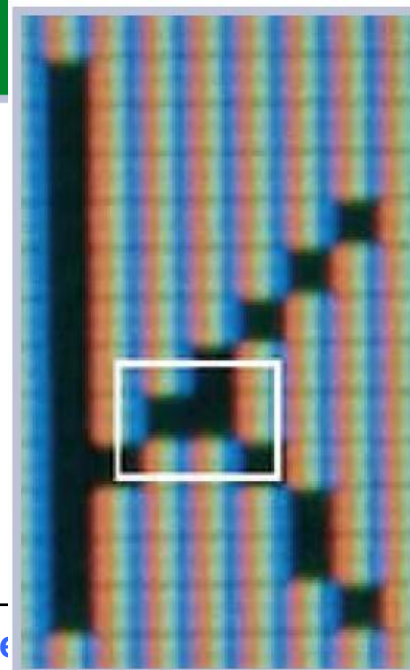


Nutzung von Kontrasten - 1

Helle Farben überstehlen dunklere in der technischen Realisierung

■ Vordergrund

Achtung: abschreckendes Beispiel!



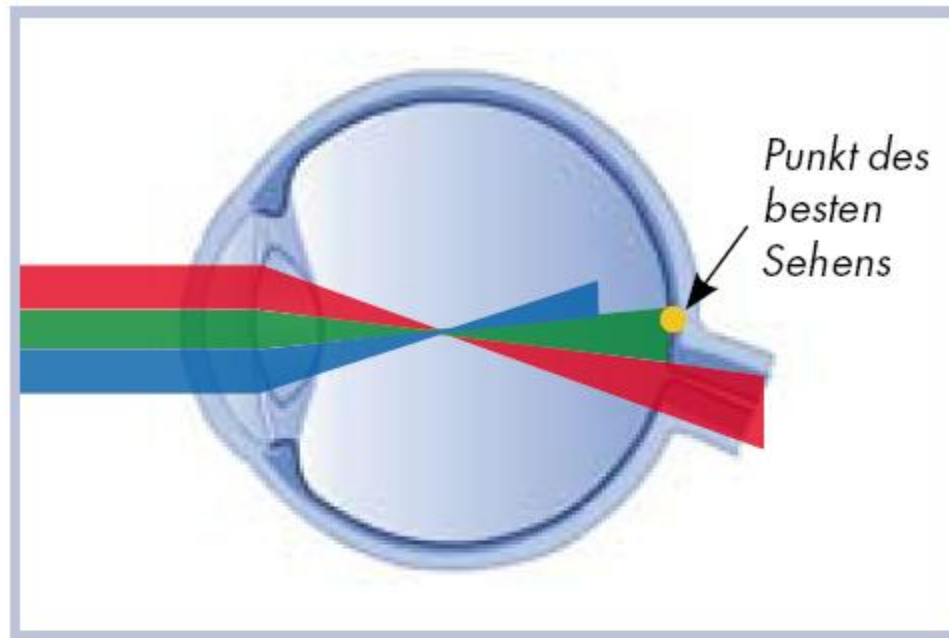
Nutzung von Kontrasten - 2

Optimal: dunkle Zeichen auf hellem Hintergrund; Hervorhebung durch Farbe immer nur durch Einfärbung des Zeichenhintergrundes

Schwarz auf Grau (10/20/40%)	Schwarz auf Rot (10/20/40%)
Schwarz auf Gelb (10/20/40%)	Schwarz auf Grün (10/20/40%)
Schwarz auf Blau (10/20/40%)	Schwarz auf Blau (10/20/40%)
Schwarz/Magenta (10/20/40%)	Alle diese Farbkombinationen bieten (Schwarz auf 40% Blau etwas eingeschränkt) optimale Kontrastwerte und Lesbarkeit ...

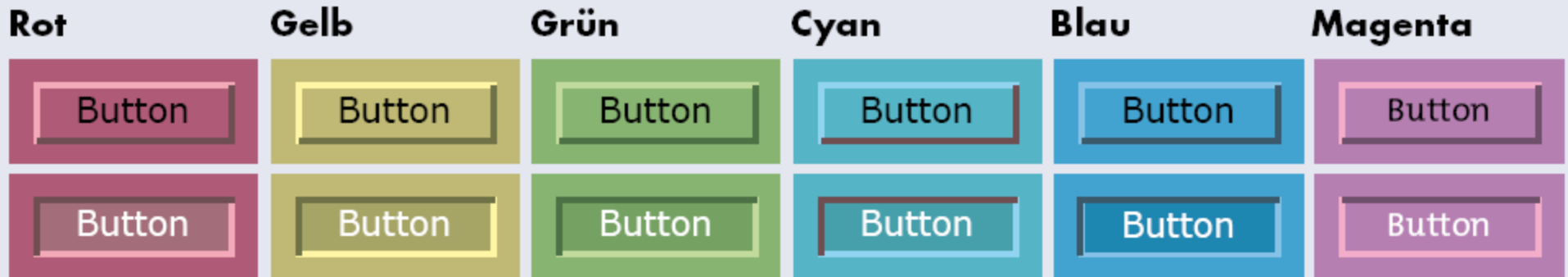
Rot auf Gelb (10/20/40%)	Gute Kontrastwerte und Lesbarkeit bietet nur die Kombination Rot/Gelb und geschwärztes Grün auf Gelb. Gut sind auch die Kontrastwerte bei Blau, sogar mit fast allen möglichen Hintergründen (siehe oben); aber mit der Einschränkung, dass Blau als Vordergrundfarbe nicht optimal ist (siehe Seite 13).					
Grün + 15% Schwarz auf Gelb						
<table border="1"> <tr> <td>Abc</td> <td>Abc</td> <td>Abc</td> <td>Abc</td> <td>Abc</td> </tr> </table>	Abc	Abc	Abc	Abc	Abc	Noch akzeptabel sind z.B. Rot auf 10 oder 20% Rot oder Magenta, Rot auf 10% Blau oder Grün oder Magenta auf 10% Rot oder 10/20/40% Gelb.
Abc	Abc	Abc	Abc	Abc		

Probleme mit Blau

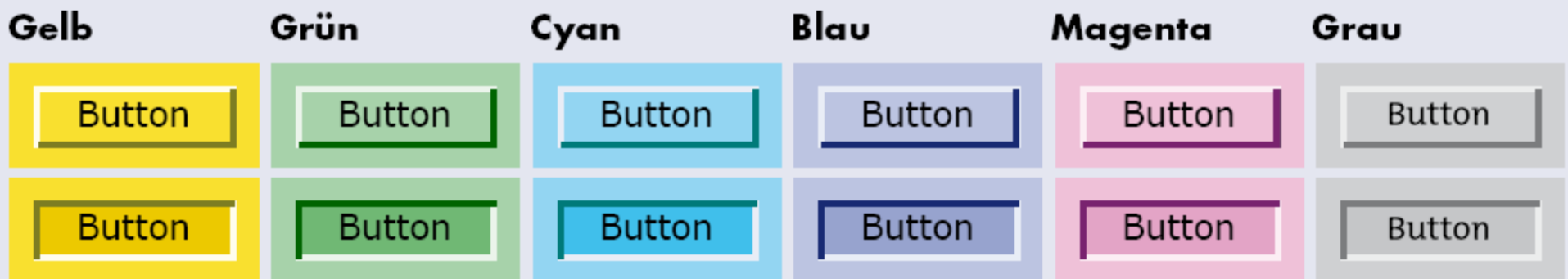


Die unterschiedliche optische Brechung verschiedenfarbigen Lichts führt dazu, dass insbesondere das Erkennen blauer Motive ein Nachregulieren des Auges verlangt ...

Kontrast und 2,5 D

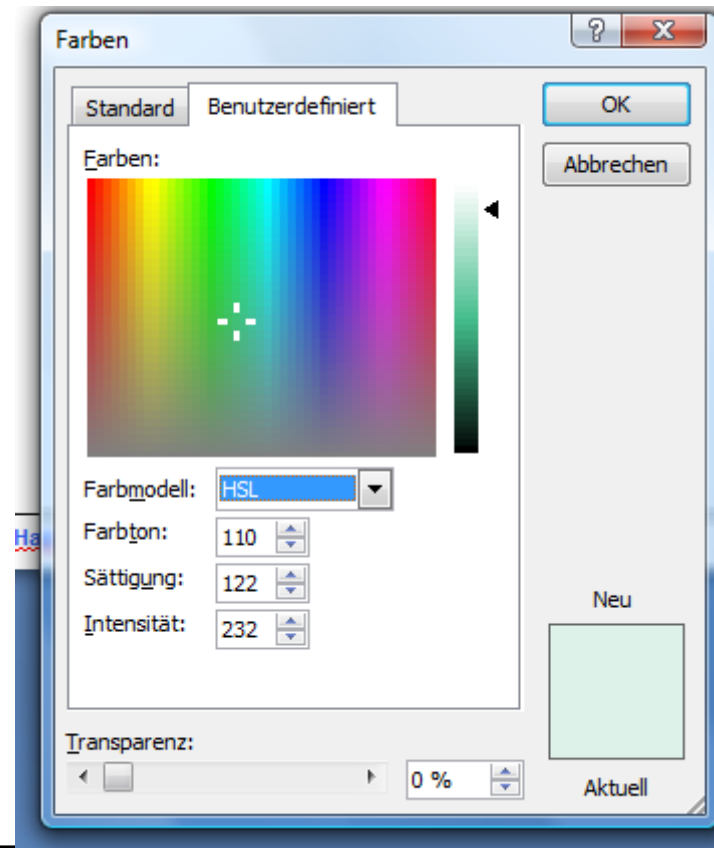


Tatsächlich lässt sich der gewünschte plastische Effekt auch mit deutlich helleren und freundlicheren Farben erreichen. Außerdem kann in diesem Fall komplett mit schwarzer Beschriftung gearbeitet werden.



Farbsystem

- RGB: Differenzierung nach Anteilen von Rot, Grün, Blau nach Anteilswerten von 0 – 255.
- HLS: Farbart (hue), Helligkeit (Lightness), und Sättigung



Farbsymbolik

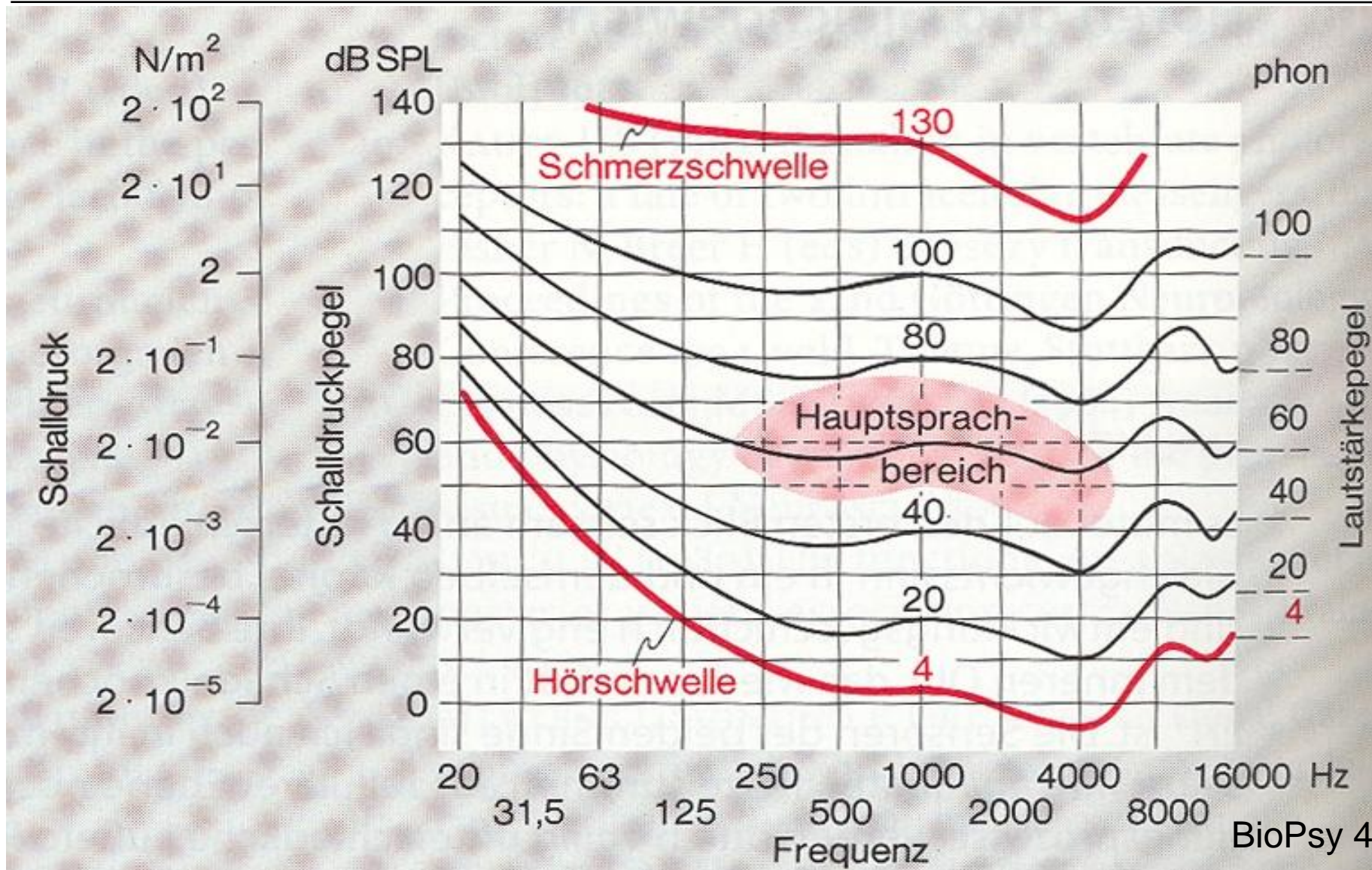
- = Verbot
- = Warnung
- = freie Fahrt

- = Wasser, Ruhe, Himmel
- = Weitergehen, alles in Ordnung, Sicherheit, Hoffnung, Natur
- = Stopp, Feuer, heiß, Gefahr, Blut
- = Vorsicht, langsam, Test
- = neutral
- = Nacht, Dunkelheit, Tod

- = führt zu konzentrierender, innerer Ruhe
- = gleicht aus, der Blutdruck sinkt, wird als angenehm empfunden
- = stimuliert, erregt, beschleunigt
- = steigert die Motorik, spannt und löst zugleich

Hören – Schwellen, Druck und Frequenz

2.1.5



BioPsy 412

5. Hören

Hören - Maßeinheiten

Dezibel: logarithmische Maßeinheit für den Schalldruckpegel

0 db (SPL) entspricht $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$

Verzehnfachung des Schalldruckes → Zuwachs um 20 db

100 db liegen immer noch deutlich unter 1% des atmosphärischen Druckes.

Der empfundene Lautstärkepegel ist frequenzabhängig und wird in Phon gemessen (bei 1000Hz phon-Werte 0 db-Werte)

Empfundene Lautheit: Verzehnfachung des Druckes wird als Vervierfachung der Lautheit empfundenen.

Verdoppelung der Lautheit bei 1000Hz → Zunahme um ?? Phon

BioPsy 412f

Hören - Schwellen

Hörschwelle ist im Bereich 2000 – 5000 Hz am niedrigsten (unter 0 db)

Die Intensitätsunterschiedsschwelle liegt bei 1 db


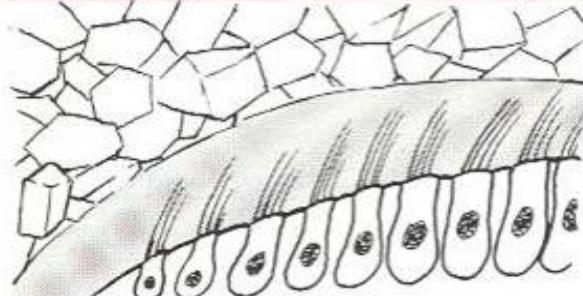

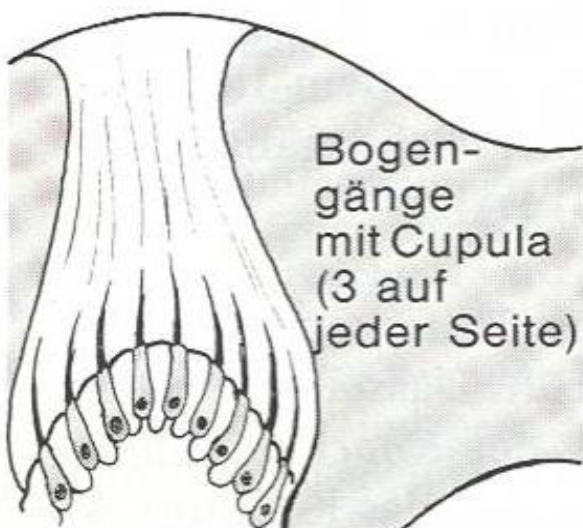
Die Frequenzunterschiedsschwelle bei 0,3%

Mithörschwelle liegt immer oberhalb der Ruhehörschwelle und gibt an, welcher Schalldruck neben einem Störschall noch wahrgenommen wird.

Bei Dauerbeschallung steigt die Hörschwelle vorübergehend an und die Unterschiedsschwellen werden geringer.

BioPsy 414

Natürliche Reize des Gleichgewichtsorgans

Reizform	Vorkommen	Anteil des Vestibularorgans
<p>Translations- beschleunigung</p>	 <p>Schwerkraft, sowie positive u. negative lineare Beschleunigungen aller Art (Aufzug, Auto)</p>	 <p>Macula- oder Statolithen- organ (2 auf jeder Seite)</p>
<p>Rotations- beschleunigung</p>	 <p>Drehbeschleunigungen um alle drei Achsen des Raumes (z.B. Kopf drehen, nicken, seitlich neigen)</p>	 <p>Bogen- gänge mit Cupula (3 auf jeder Seite)</p>

BioPsy 426

Gleichgewichtsorgan und Körperstellung

