

IKON 1



Prof. Dr. Frank Steinicke
Human-Computer Interaction
Fachbereich Informatik
Universität Hamburg

LONG-TERM MEMORY

$\delta_{LTM} = \infty$,
 $\mu_{LTM} = \infty$,
 $\kappa_{LTM} = \text{Semantic}$

WORKING MEMORY

VISUAL IMAGE STORE

$\delta_{VIS} = 200 [70 \sim 1000] \text{ msec}$
 $\mu_{VIS} = 17 [7 \sim 17] \text{ letters}$
 $\kappa_{VIS} = \text{Physical}$

AUDITORY IMAGE STORE

$\delta_{AIS} = 1500 [900 \sim 3500] \text{ msec}$
 $\mu_{AIS} = 5 [4.4 \sim 6.2] \text{ letters}$
 $\kappa_{AIS} = \text{Physical}$

$\mu_{WM} = 3 [2.5 \sim 4.1] \text{ chunks}$
 $\mu_{WM}^* = 7 [5 \sim 9] \text{ chunks}$

$\delta_{WM} = 7 [5 \sim 226] \text{ sec}$

$\delta_{WM} (1 \text{ chunk}) = 73 [73 \sim 226] \text{ sec}$

$\delta_{WM} (3 \text{ chunks}) = 7 [5 \sim 34] \text{ sec}$

$\kappa_{WM} = \text{Acoustic or Visual}$

Perceptual Processor

$T_P = 100 [50 \sim 200] \text{ msec}$

Eye movement = $230 [70 \sim 700] \text{ msec}$

Cognitive Processor

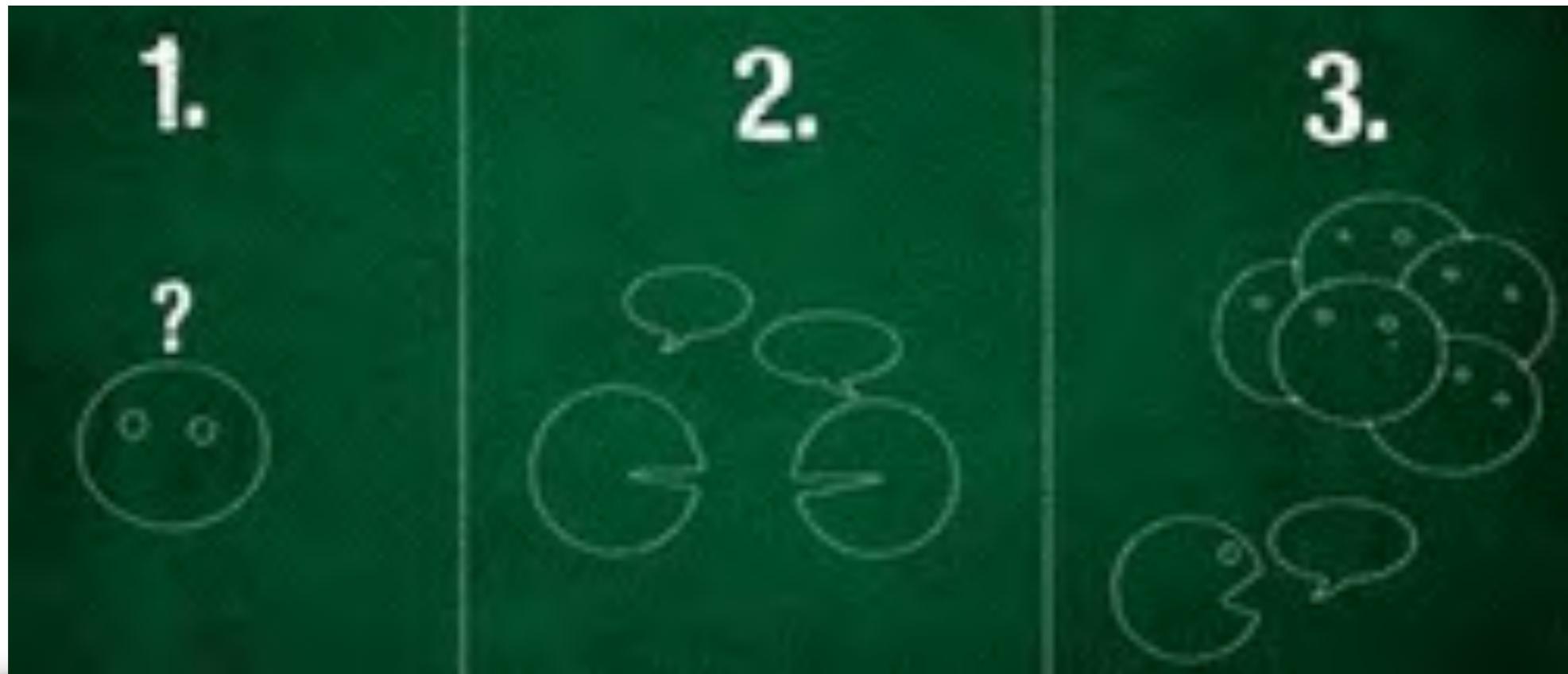
$T_C = 70 [25 \sim 170] \text{ msec}$

Motor Processor

$T_M = 70 [30 \sim 100] \text{ msec}$

S. Card: Model Human Processor, 1983

Think! Pair! Share!

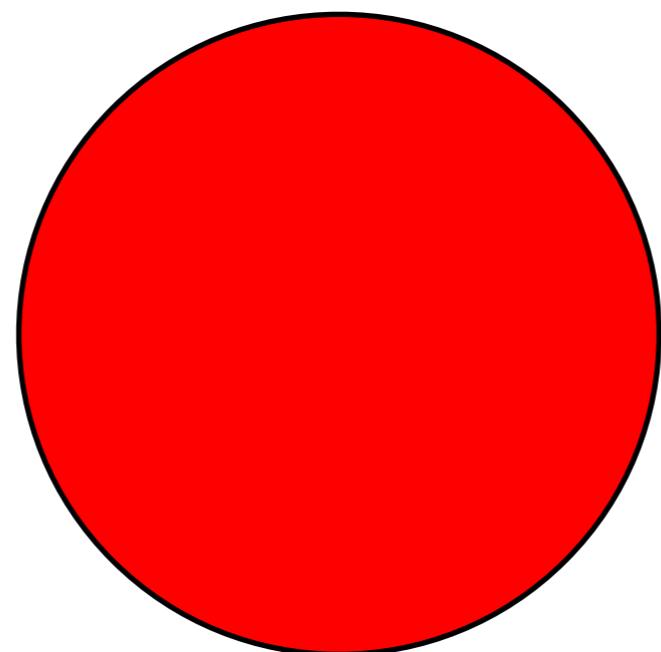


Warum gibt es folgende Regel der IAAF?

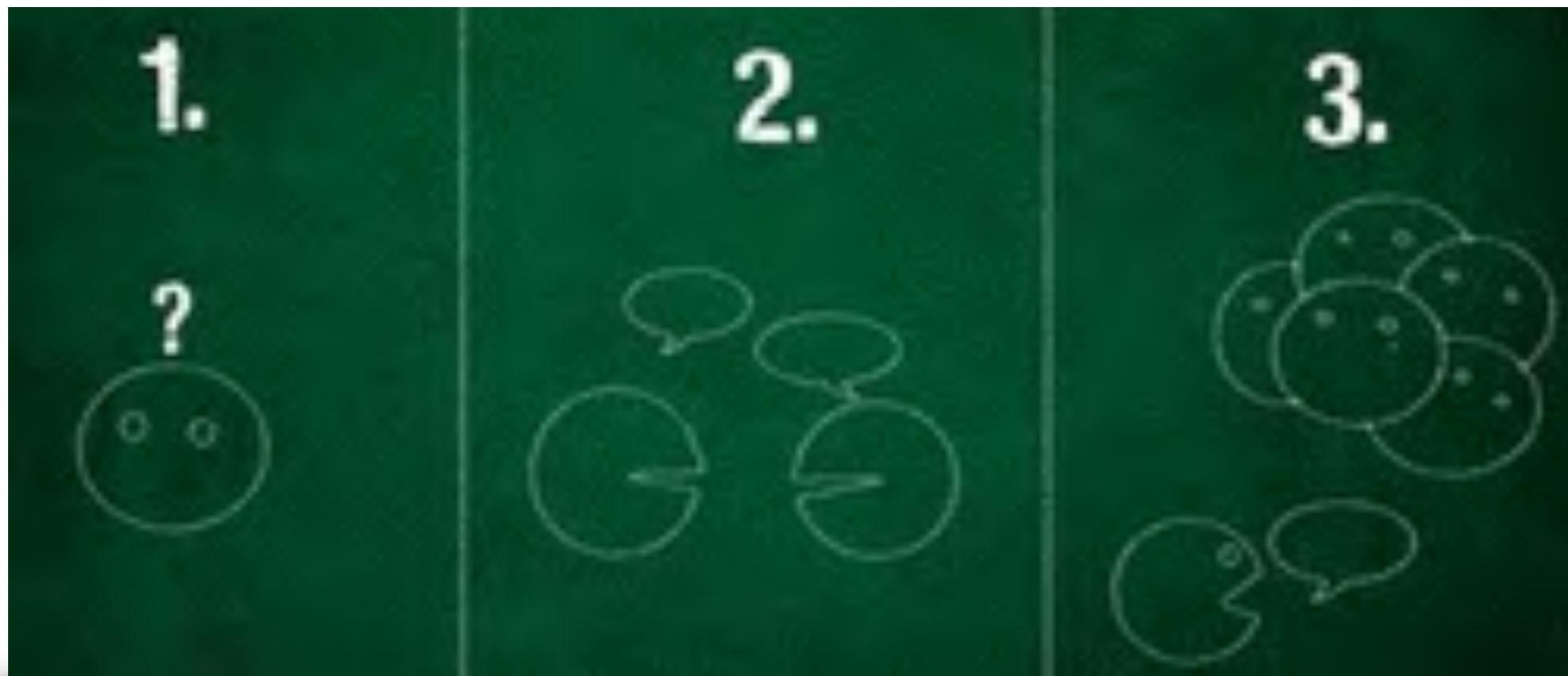
Rule 161.2 of IAAF

*The Starter and/or an assigned Recaller shall wear headphones in order to clearly hear the acoustic signal emitted when the apparatus detects a false start, i.e., **when reaction time is less than 100/1000ths of a second.***

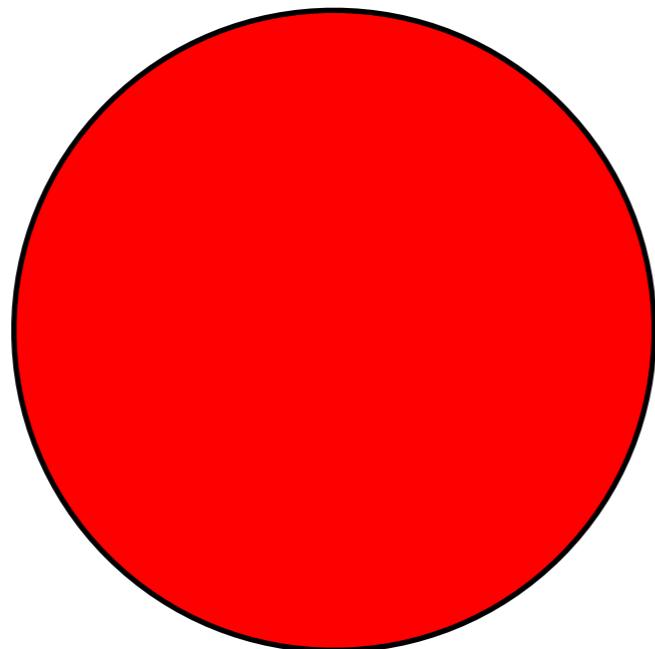
Reaktionszeit



Think! Pair! Share!



Welche Prozessoren bzw. Zeiten wurden nach Model der menschlichen Informationsverarbeitung nach Card et al. durchlaufen?



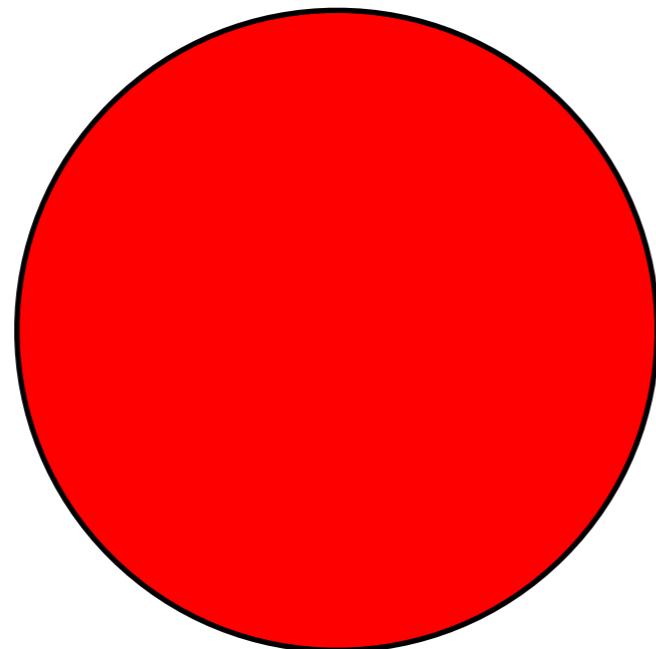
Welche Prozessoren bzw. Zeiten wurden nach Modell der menschlichen Informationsverarbeitung nach Card et al. durchlaufen?

A $\tau_P + \tau_C$

C $\tau_P + \tau_C + \tau_M$

B $\tau_P + \tau_M$

D τ_M



Welche Prozessoren bzw. Zeiten wurden nach Modell der menschlichen Informationsverarbeitung nach Card et al. durchlaufen?

A $\tau_P + \tau_C$

C $\tau_P + \tau_C + \tau_M$

B $\tau_P + \tau_M$

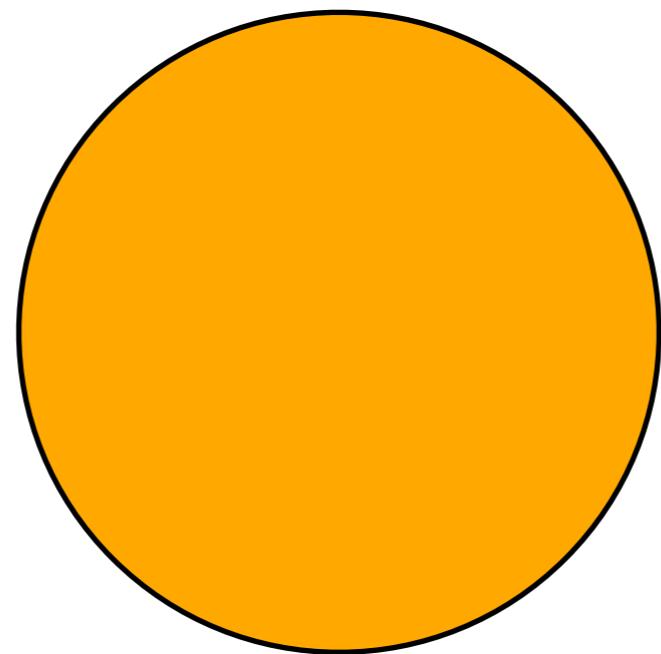
D τ_M

Reaktionszeit

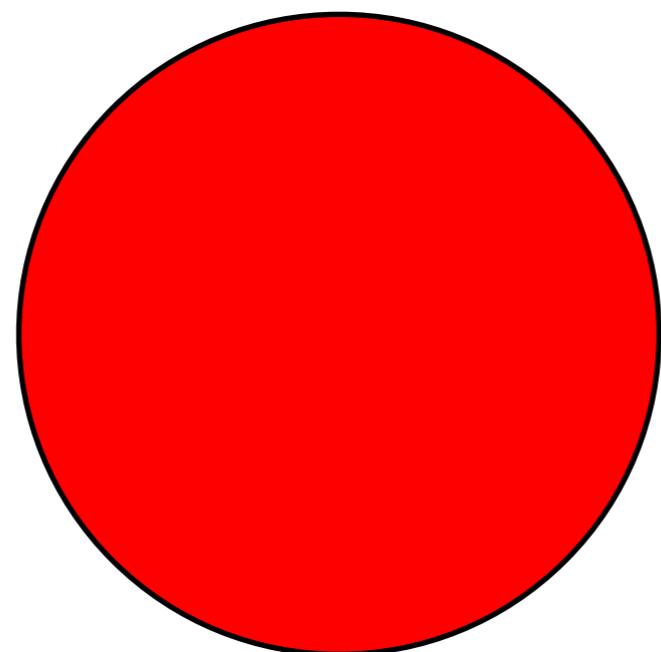
Beispiel

- Reaktionszeit nach Model der Menschlichen Informationsverarbeitung nach Card et al.:
 $\tau_P + \tau_C + \tau_M$
- zusätzliche Zeit für motorische Aktion wird benötigt (siehe VL IKON 1 - Aktionen)

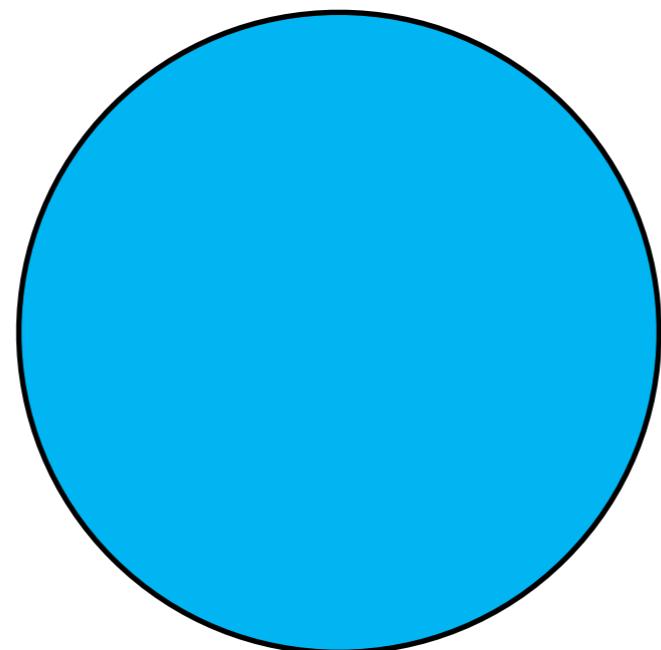
Reaktionszeit



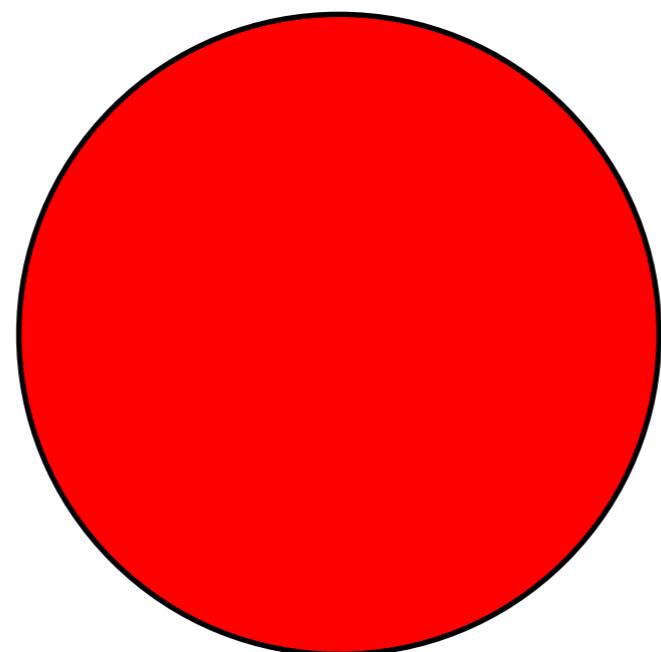
Reaktionszeit



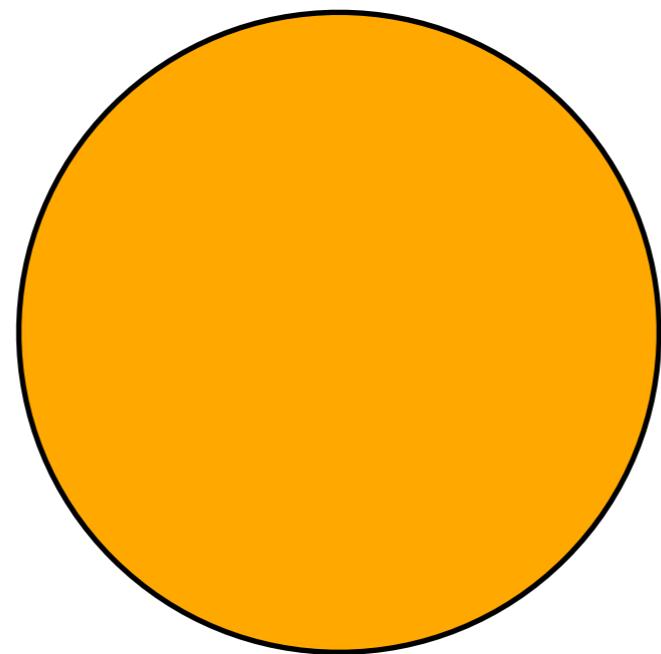
Reaktionszeit



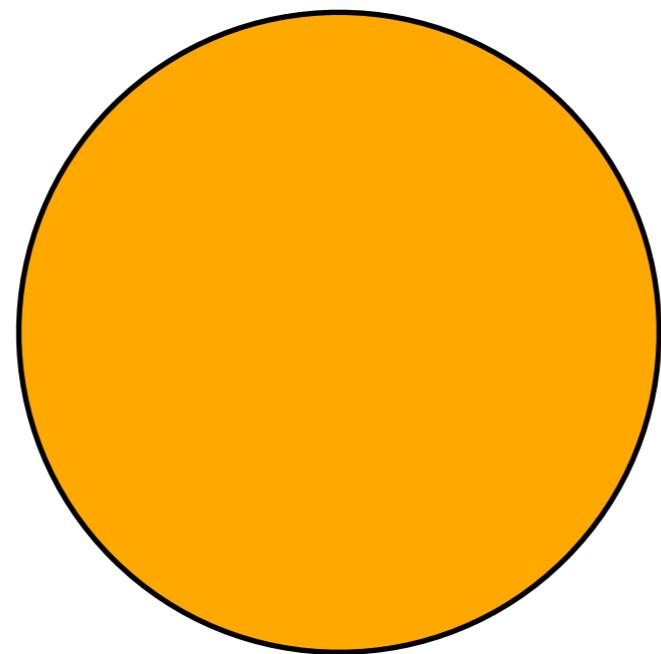
Reaktionszeit



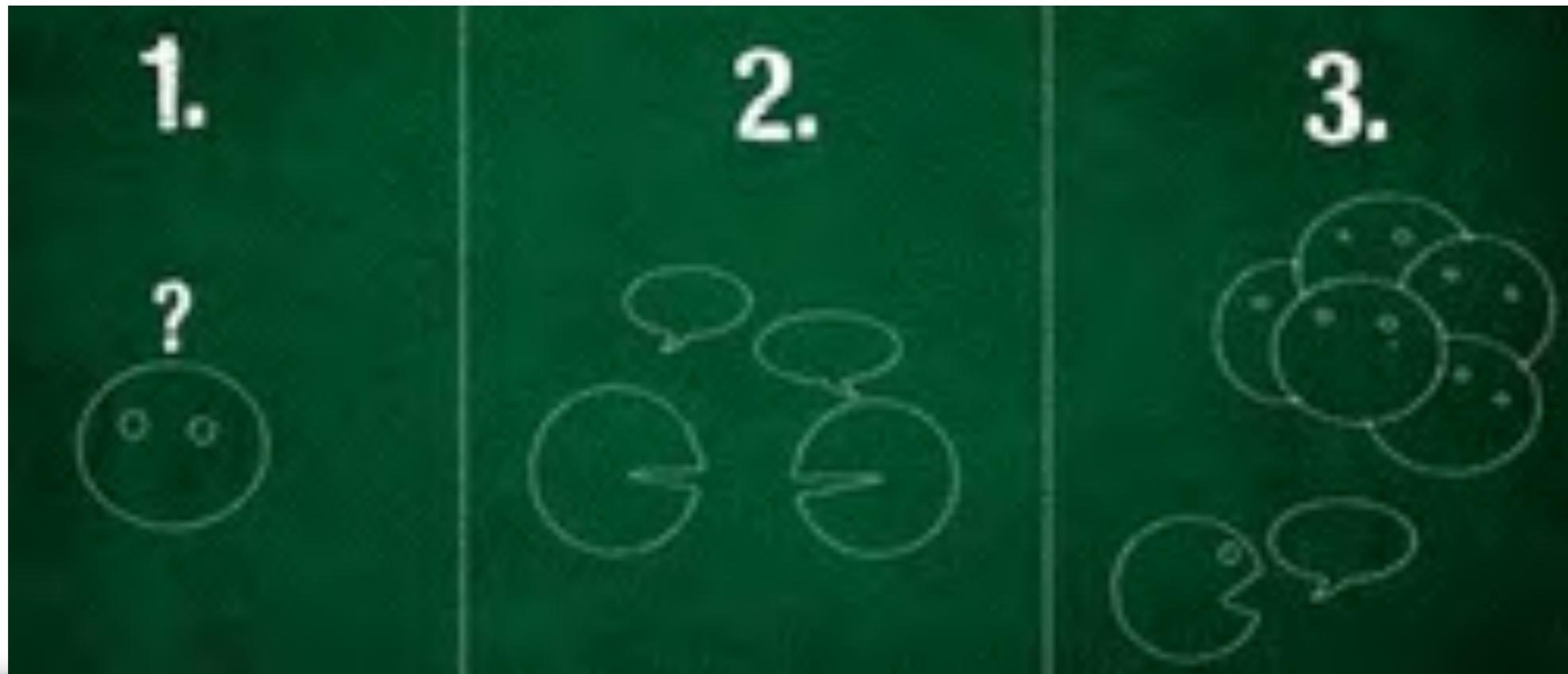
Reaktionszeit



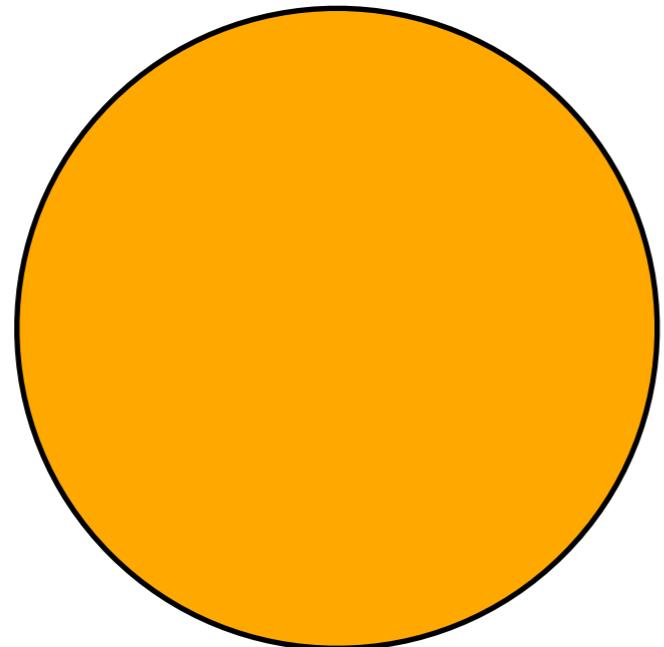
Reaktionszeit



Think! Pair! Share!



Welche Prozessoren bzw. Zeiten wurden nun direkt vor dem Klatschen durchlaufen?



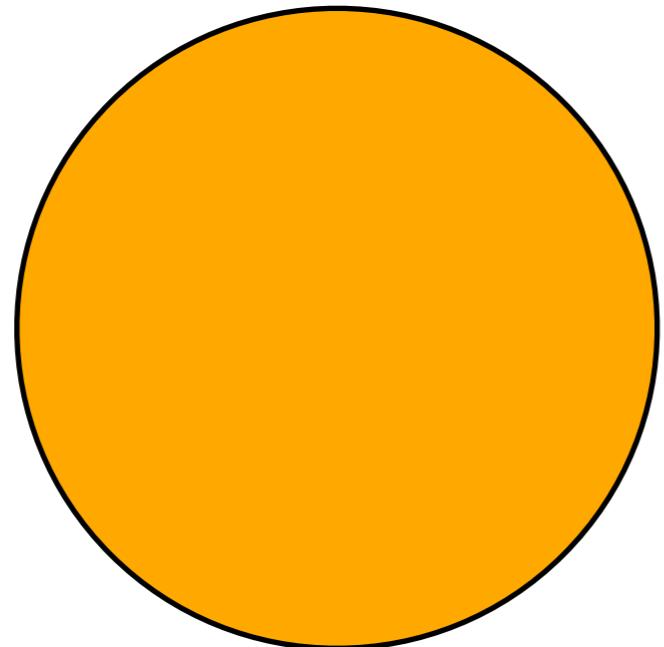
Welche Prozessoren bzw. Zeiten wurden nun direkt vor dem Klatschen durchlaufen?

A $\tau_P + 2 \cdot \tau_C + \tau_M$

C $2 \cdot (\tau_P + \tau_C + \tau_M)$

B $2 \cdot \tau_P + 2 \cdot \tau_C + \tau_M$

D $2 \cdot \tau_P + \tau_C + \tau_M$



Welche Prozessoren bzw. Zeiten wurden nun direkt vor dem Klatschen durchlaufen?

A $\tau_P + 2 \cdot \tau_C + \tau_M$

C $2 \cdot (\tau_P + \tau_C + \tau_M)$

B $2 \cdot \tau_P + 2 \cdot \tau_C + \tau_M$

D $2 \cdot \tau_P + \tau_C + \tau_M$

Reaktionszeit

Beispiel

- Reaktionszeit nach Model der Menschlichen Informationsverarbeitung nach Card et al.:
$$\tau_P + \tau_C + \tau_C + \tau_M = \tau_P + 2 \cdot \tau_C + \tau_M$$
 - zweimal kognitiver Prozessor, wegen Erkennen der Farbe und Vergleichen mit Farbe im Kurzzeitgedächtnis
- zusätzliche Zeit für motorische Aktion wird benötigt (siehe VL IKON 1 - Aktionen)

Keystroke-Level Model

Operationen & Zeit

- K - Tastendruck: 0.28 Sek.
- T (n) - Eintippen einer Sequenz von n Buchstaben auf Keyboard: $n \times K$ Sek.
- P - Zeigen mit Maus auf Ziel auf Display: 1.1 Sek.
- B - Button-Press oder -Release: 0.1 Sek.

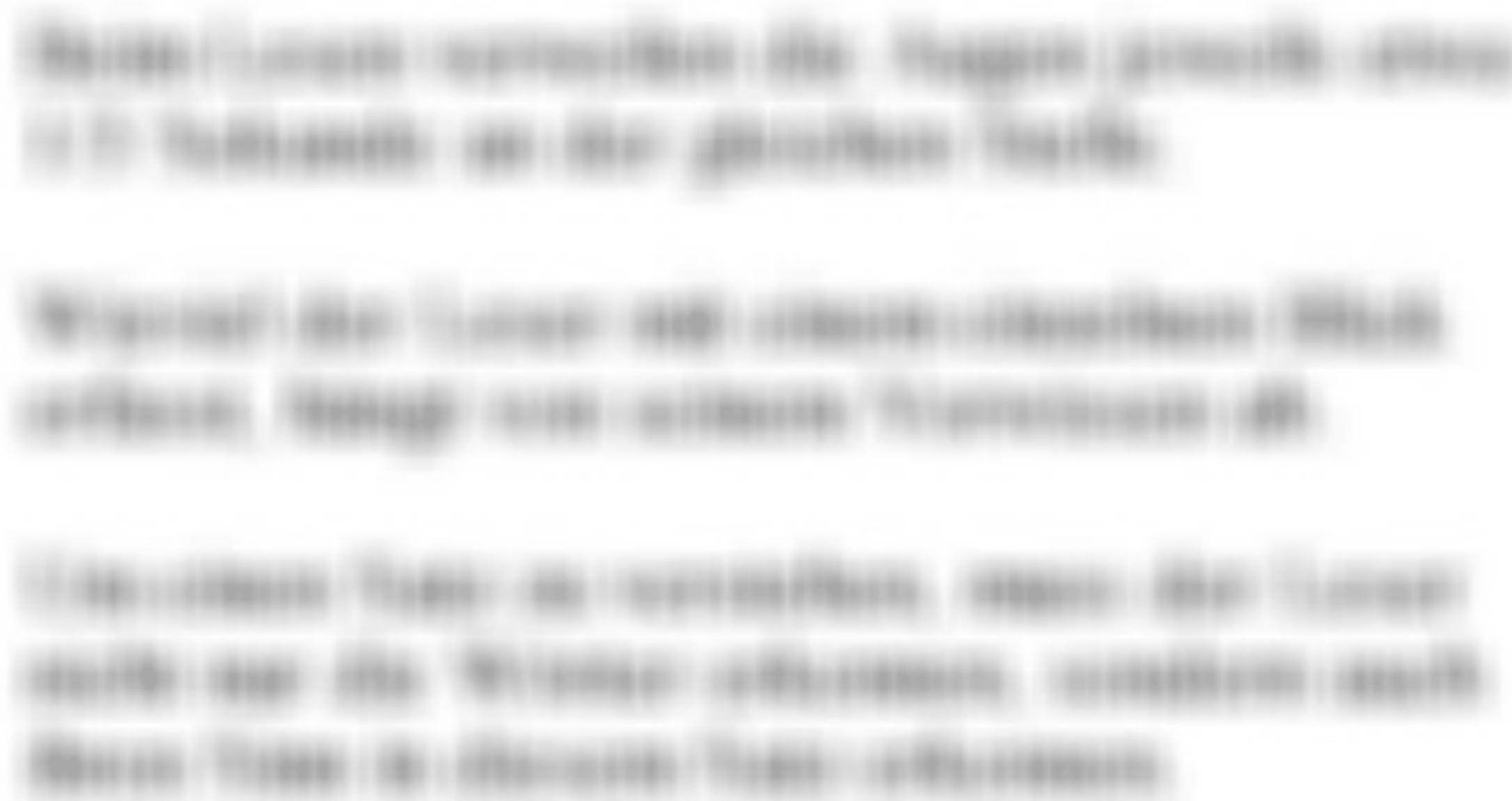
Keystroke-Level Model

Operationen & Zeit

- BB - Button-Press und -Release: 0.2 Sek.
- H - Hände zum Tastatur oder Maus bewegen: 0.4 Sek.
- M - Mentaler Akt von Routine-Denken oder Wahrnehmen: 1.2 Sek.
- $W(t)$ - Warten auf Systemantwortzeit:
Zeit t muss bestimmt werden

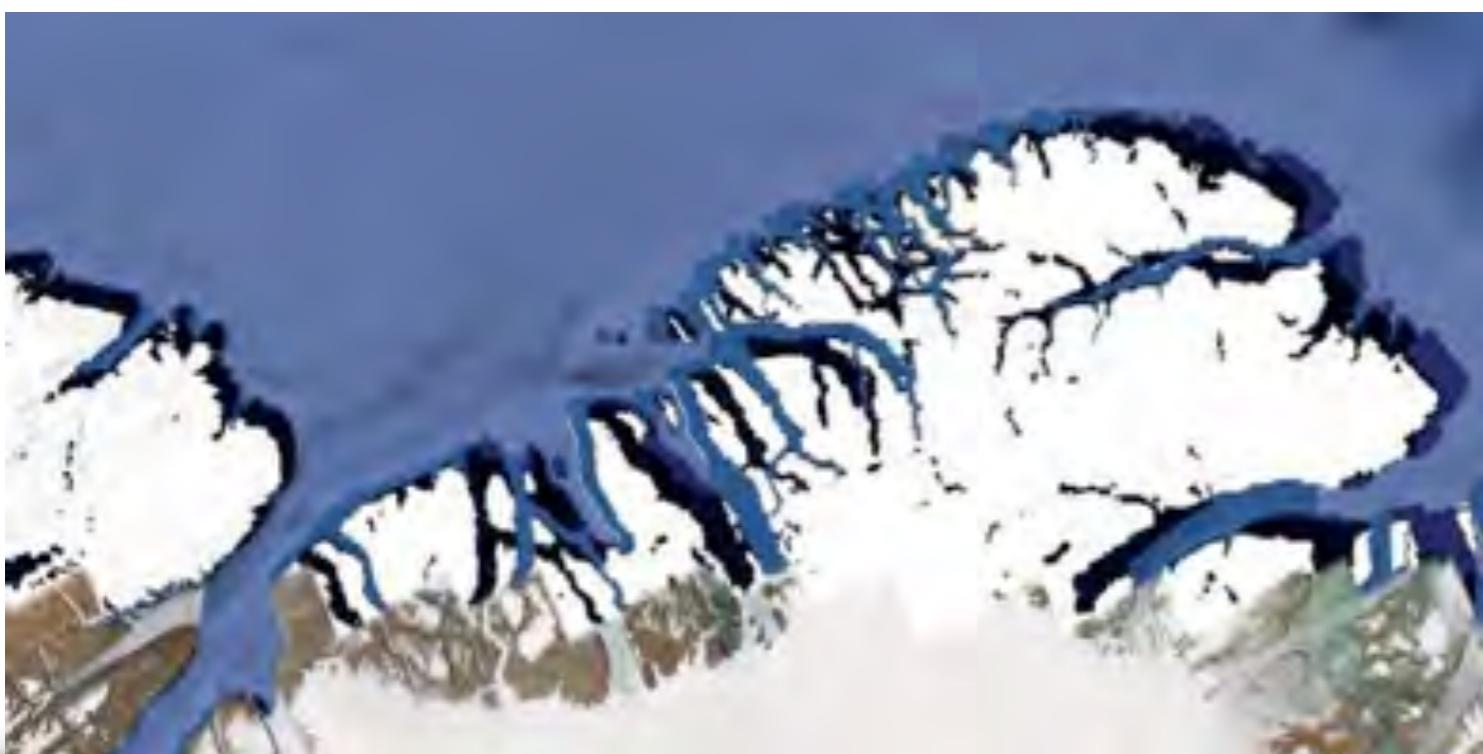
Bearbeiten

Lesen: Sakkaden & Fixationen

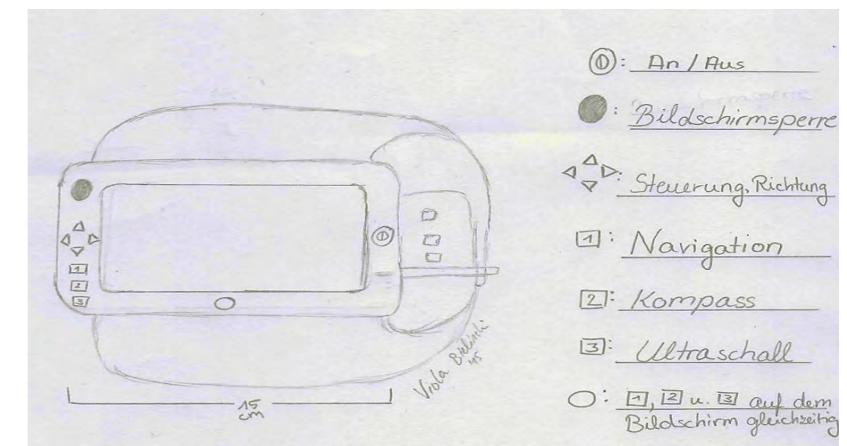
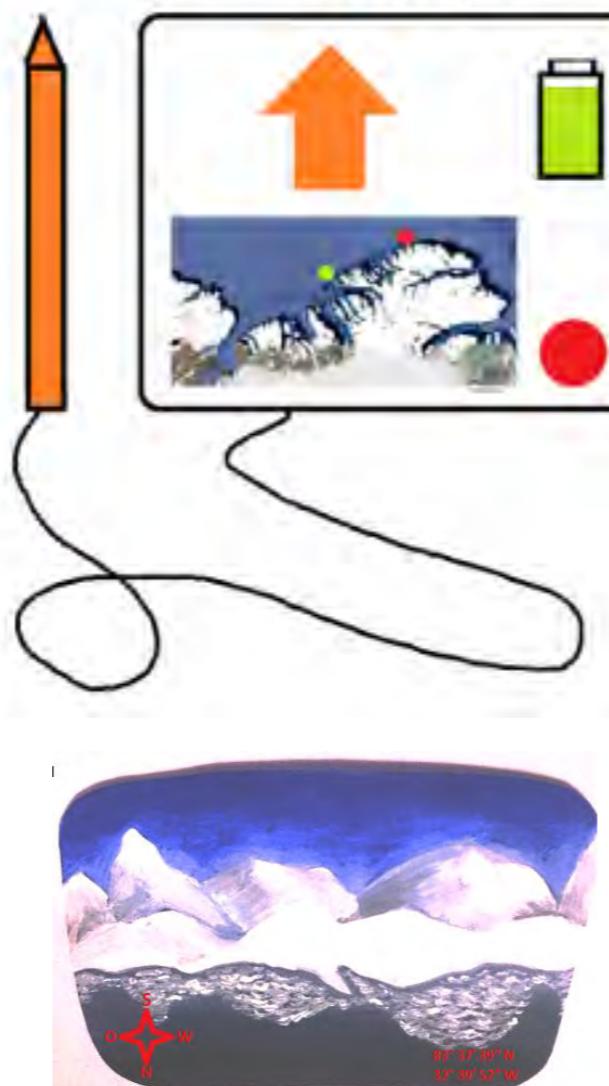
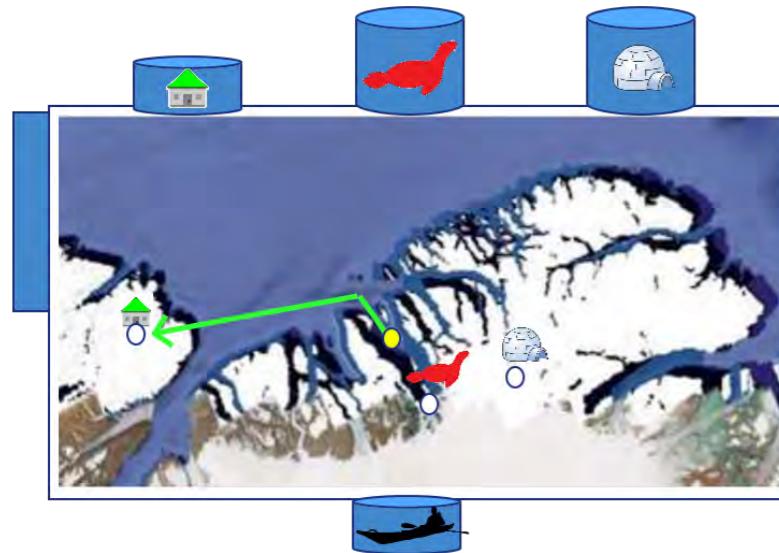
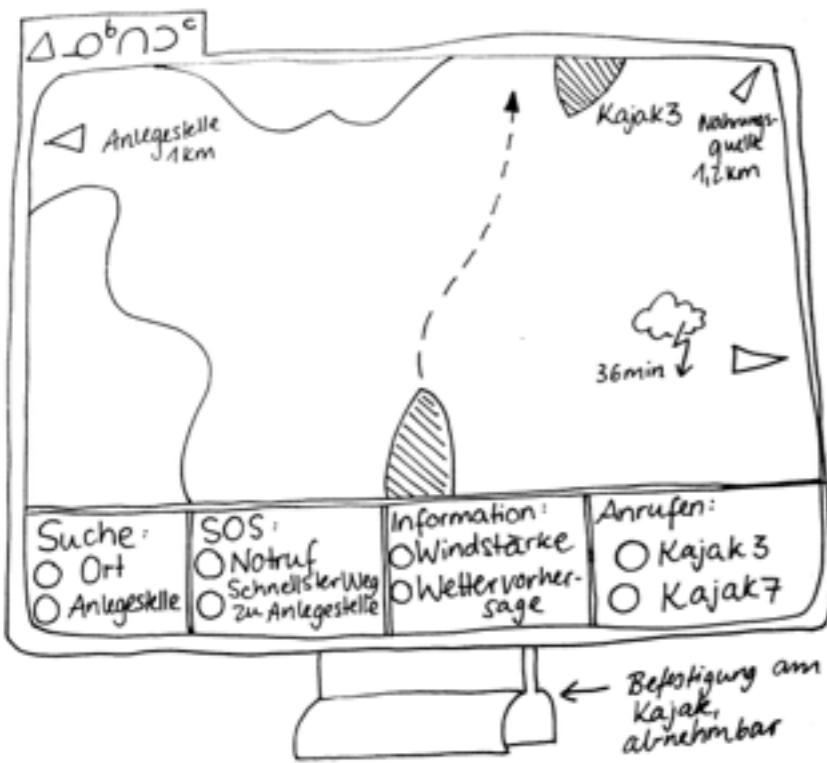
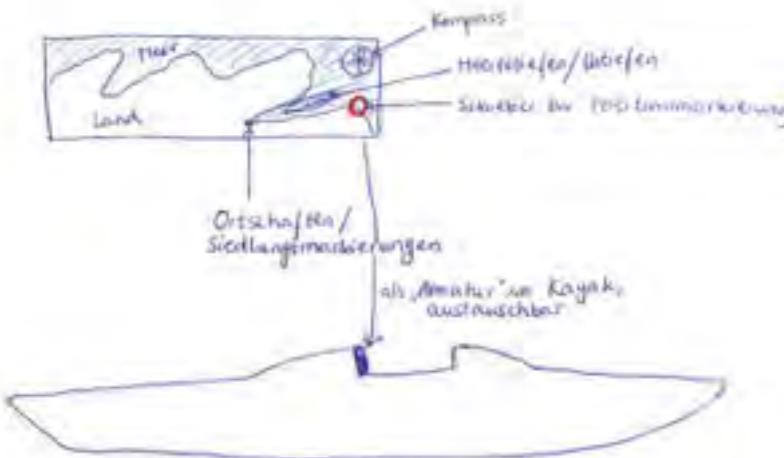


Bearbeiten

IxD Challenge



inu2go



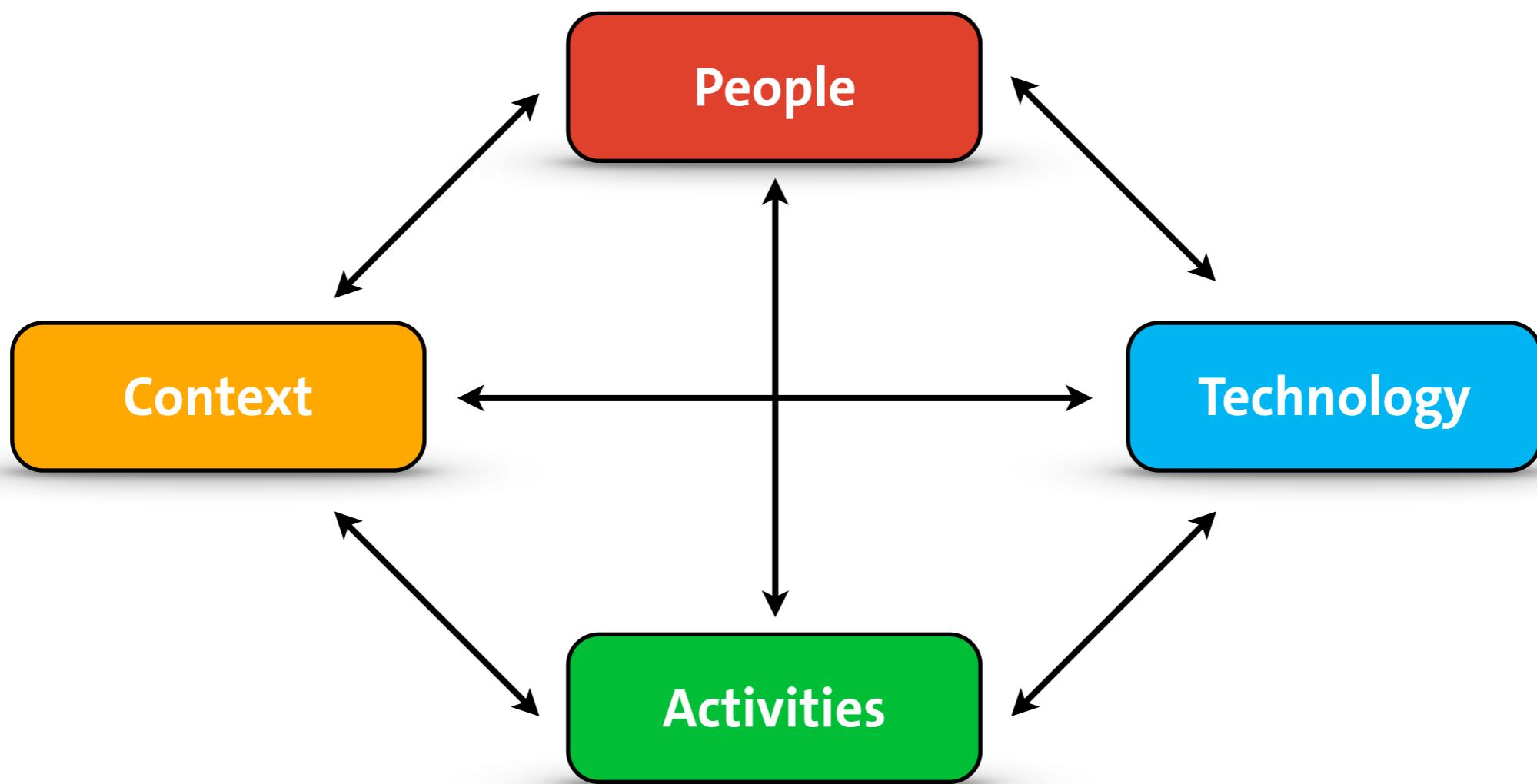
Lösung

Taktile Kartensvisualisierung



PACT-Framework

Anforderungen



Möglichkeiten



Mensch-Computer-Interaktion

Wahrnehmung

Prof. Dr. Frank Steinicke

Human-Computer Interaction, Universität Hamburg

LONG-TERM MEMORY

$\delta_{LTM} = \infty$,
 $\mu_{LTM} = \infty$,
 $\kappa_{LTM} = \text{Semantic}$

WORKING MEMORY

VISUAL IMAGE STORE

$\delta_{VIS} = 200 [70 \sim 1000] \text{ msec}$
 $\mu_{VIS} = 17 [7 \sim 17] \text{ letters}$
 $\kappa_{VIS} = \text{Physical}$

AUDITORY IMAGE STORE

$\delta_{AIS} = 1500 [900 \sim 3500] \text{ msec}$
 $\mu_{AIS} = 5 [4.4 \sim 6.2] \text{ letters}$
 $\kappa_{AIS} = \text{Physical}$

$\mu_{WM} = 3 [2.5 \sim 4.1] \text{ chunks}$
 $\mu_{WM}^* = 7 [5 \sim 9] \text{ chunks}$

$\delta_{WM} = 7 [5 \sim 226] \text{ sec}$

$\delta_{WM} (1 \text{ chunk}) = 73 [73 \sim 226] \text{ sec}$

$\delta_{WM} (3 \text{ chunks}) = 7 [5 \sim 34] \text{ sec}$

$\kappa_{WM} = \text{Acoustic or Visual}$

Perceptual Processor

$T_P = 100 [50 \sim 200] \text{ msec}$

Eye movement = 230 [70 ~ 700] msec

Cognitive Processor

$T_C = 70 [25 \sim 170] \text{ msec}$

Motor Processor

$T_M = 70 [30 \sim 100] \text{ msec}$

S. Card: Model Human Processor, 1983

Wahrnehmungstheorie

- Wahrnehmungstheorie will Kluft zwischen subjektiv-psychologischem Erleben bei Wahrnehmung und objektiv-physiologischer Messbarkeit der Wahrnehmungsvorgänge überbrücken
- Psychophysik, z.B. Wahrnehmungsschwelle, Reizunterscheidung, Reizerkennung oder Skalierung

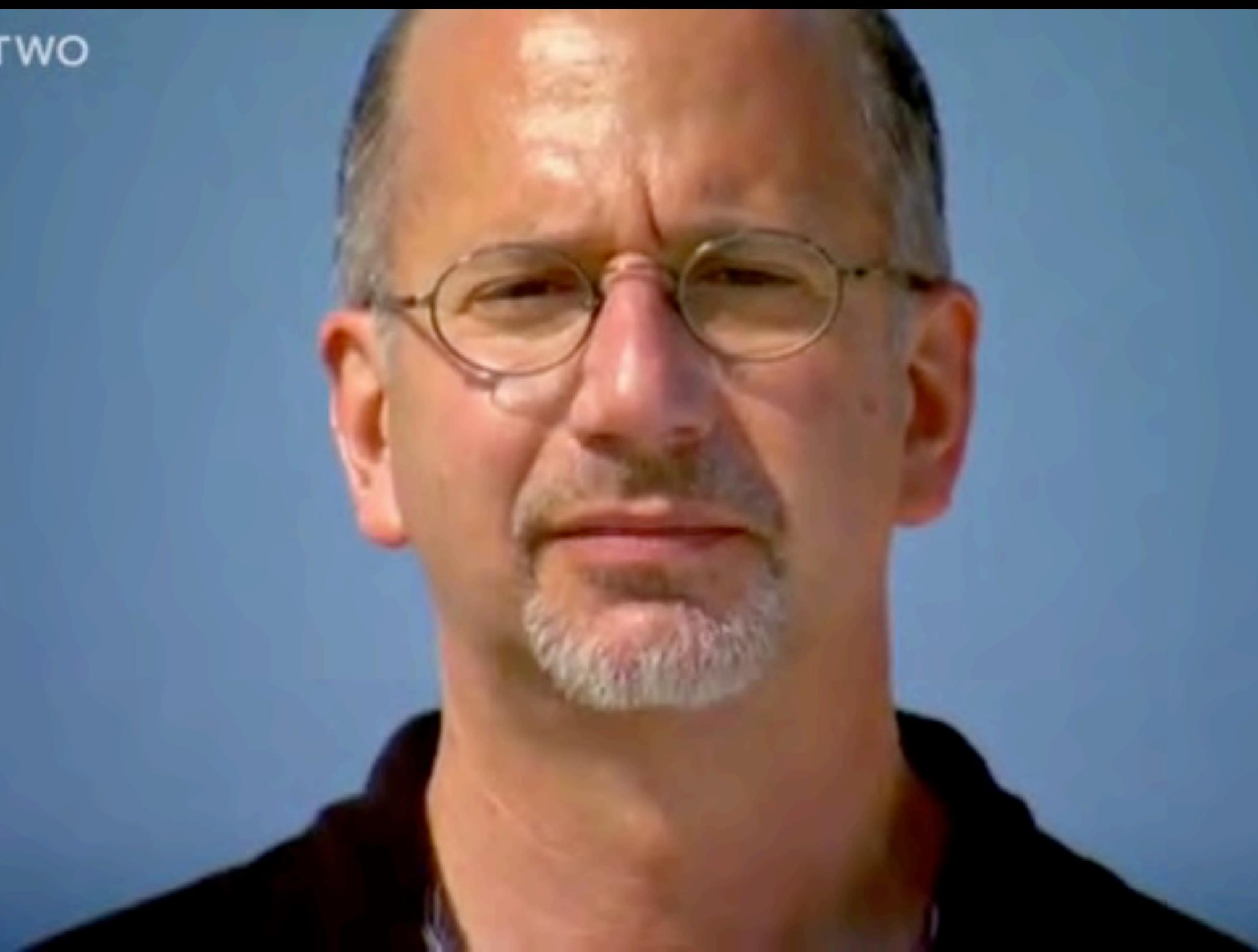
Wahrnehmungstheorie

- **Wahrnehmung** (engl. *Perception*) ist Prozess und Ergebnis der Informationsverarbeitung von Reizen aus Umwelt (**Exterozeption**) und Körperinnern (**Interozeption**)
- **Wahrnehmung** geschieht durch Filtern, Selektieren und Integrieren von (Teil-) Informationen zu subjektiv sinnvollen Gesamteindrücken (**Perzepte**)

Wahrnehmungstheorie

- **Sinnesorgan** (z.B. Auge) nimmt Stimulus bestimmter **Modalitäten** (z.B. visuell) als **Sinneswahrnehmung** (z.B. visuelle Wahrnehmung) auf, und leitet diese an zuständige sensorische Gehirnareal (z.B. visueller Kortex), welches **Sinneseindruck** produziert
- **Wahrnehmung durch sensorische Integration**

BBC TWO



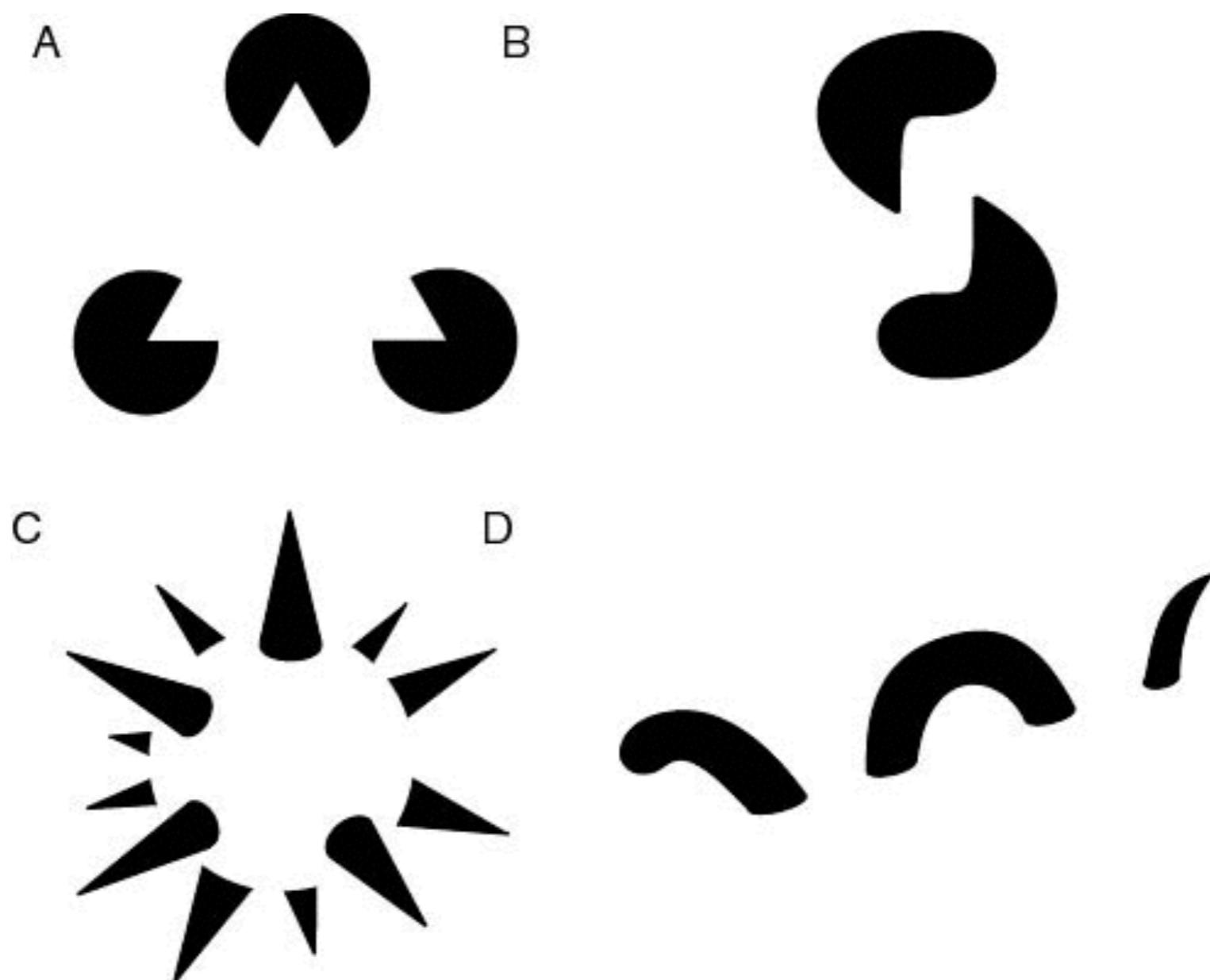
H. McGurk et al.: Hearing Lips and seeing voices, Nature, 1976

Wahrnehmung

- **Wahrnehmung** ist komplexe Aktivität mit physiologischen und psychologischen Limitierungen
 - führt dazu dass “*einiges*” nicht wahrgenommen werden kann
 - Interpretation und Integration der Sinneseindrücke führt dazu, dass unvollständige Informationen erkannt werden können

Visuelle Illusion

Bsp: Vergegenständlichung



Auditive Illusion

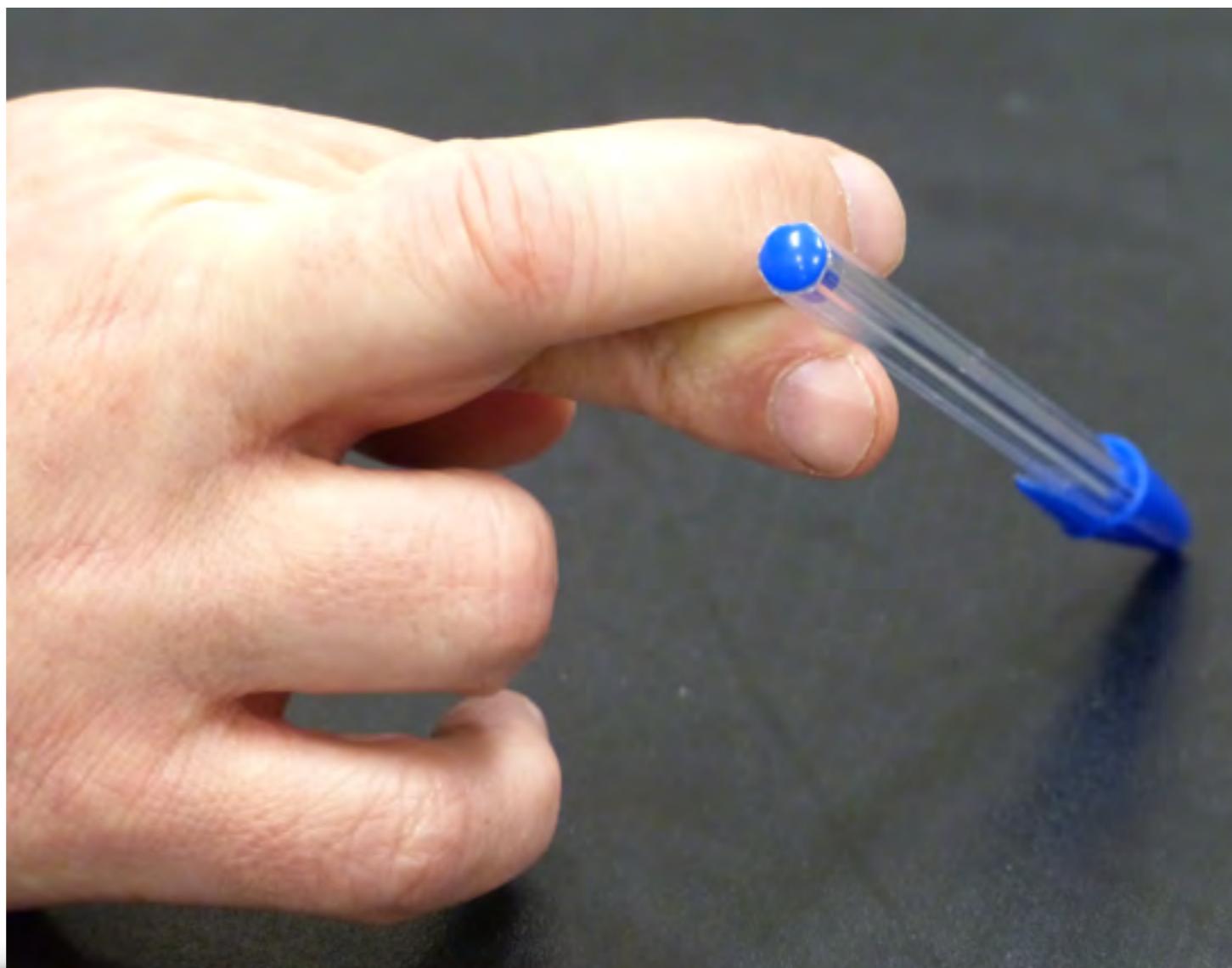
Bsp: Shepard-Skala



R.N. Shepard: *Circularity in Judgements of Relative Pitch*,
Journal of the Acoustical Society of America 36 (12): 2346–53, 1964

Taktile Illusion

Bsp: Aristotelische Illusionen



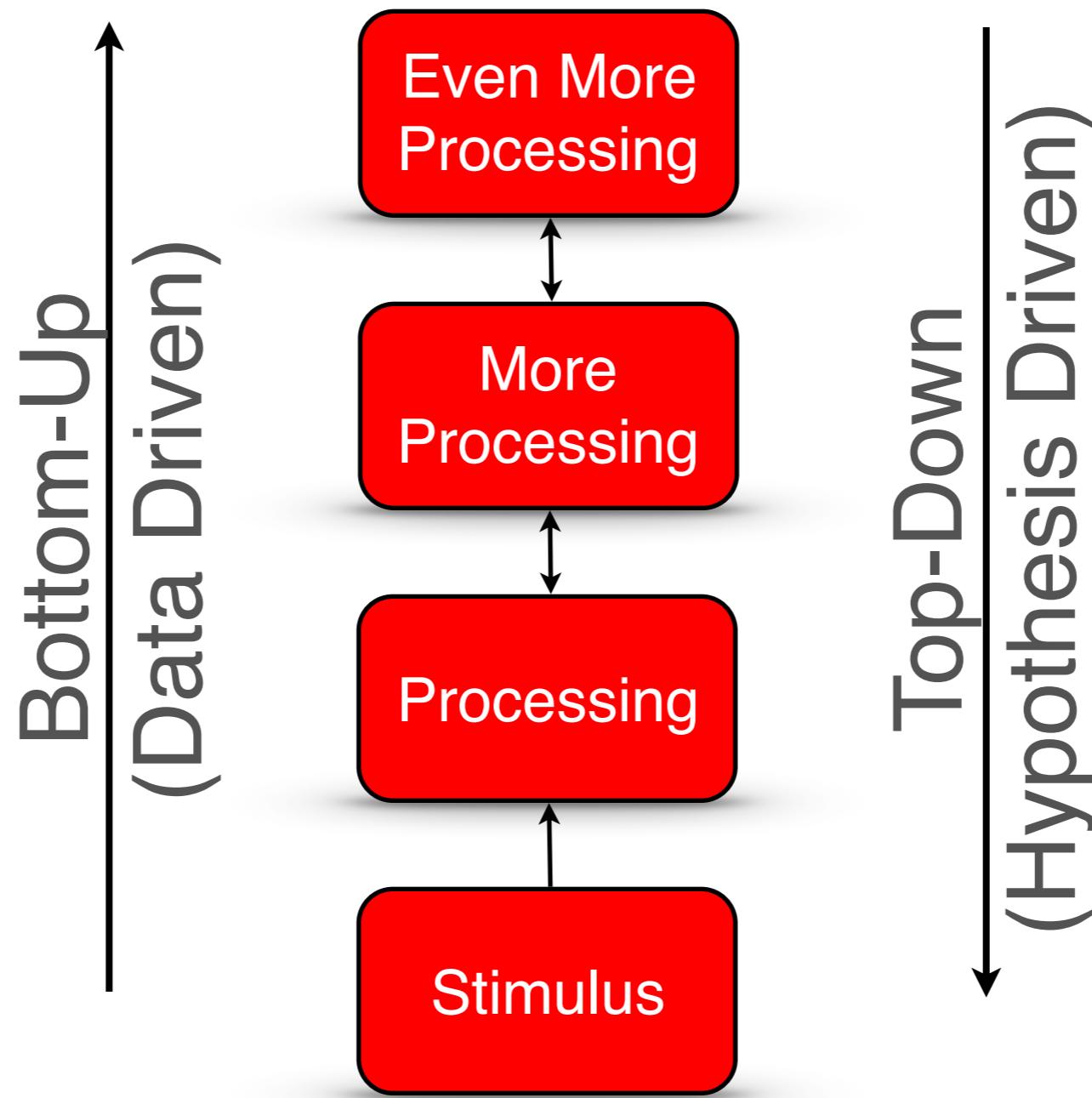
R.N. Shepard: *Circularity in Judgements of Relative Pitch*,
Journal of the Acoustical Society of America 36 (12): 2346–53, 1964

Wahrnehmung

- **Wahrgenommene Umwelt ist nie direkte Abbildung physikalischer Realität, sondern Interpretationen auf Basis der Struktur von Perzepten**

Wahrnehmung

Stufenmodell



Top-Down Processing

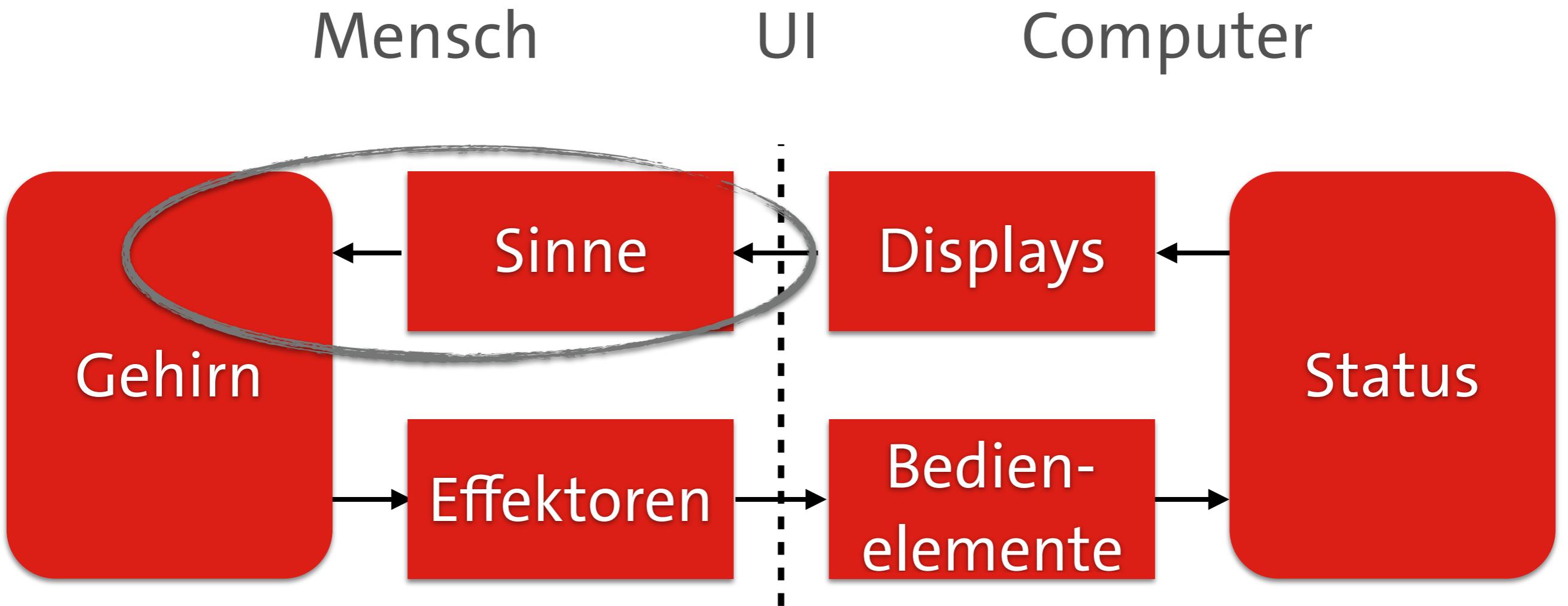
Bsp: Visuelle Wahrnehmung



*J. Bruner L. Minturn: Perceptual identification and perceptual organization.
Journal of General Psychology (53), 1955*



HCI





Mensch-Computer-Interaktion

Kapitel Wahrnehmung

Menschliche Sensorik

Analoge Signale

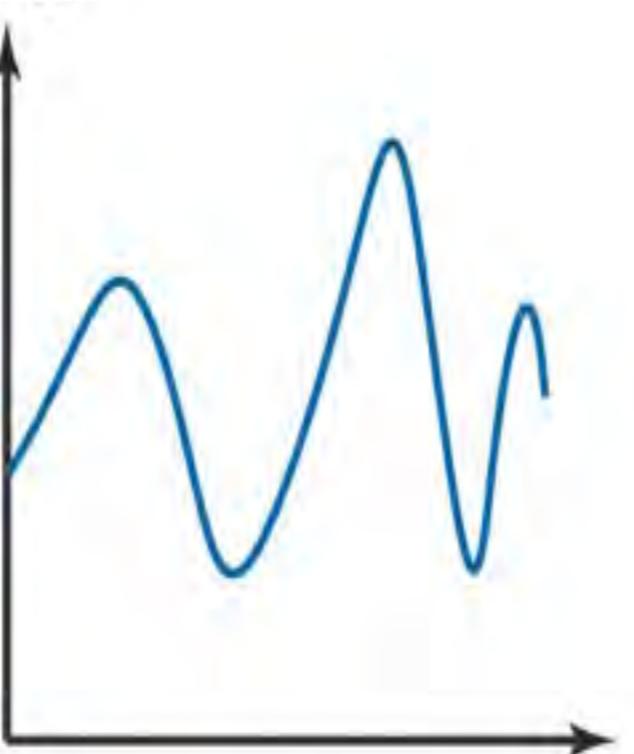
Definition

- **Analoge Signale** definieren zeitlich kontinuierlichen Verlauf einer physikalischen Größe
- **Analoge Signale** können durch stetige Funktionen mit stufenlosem und unterbrechungsfreiem Verlauf beschrieben werden

Analoge Signale

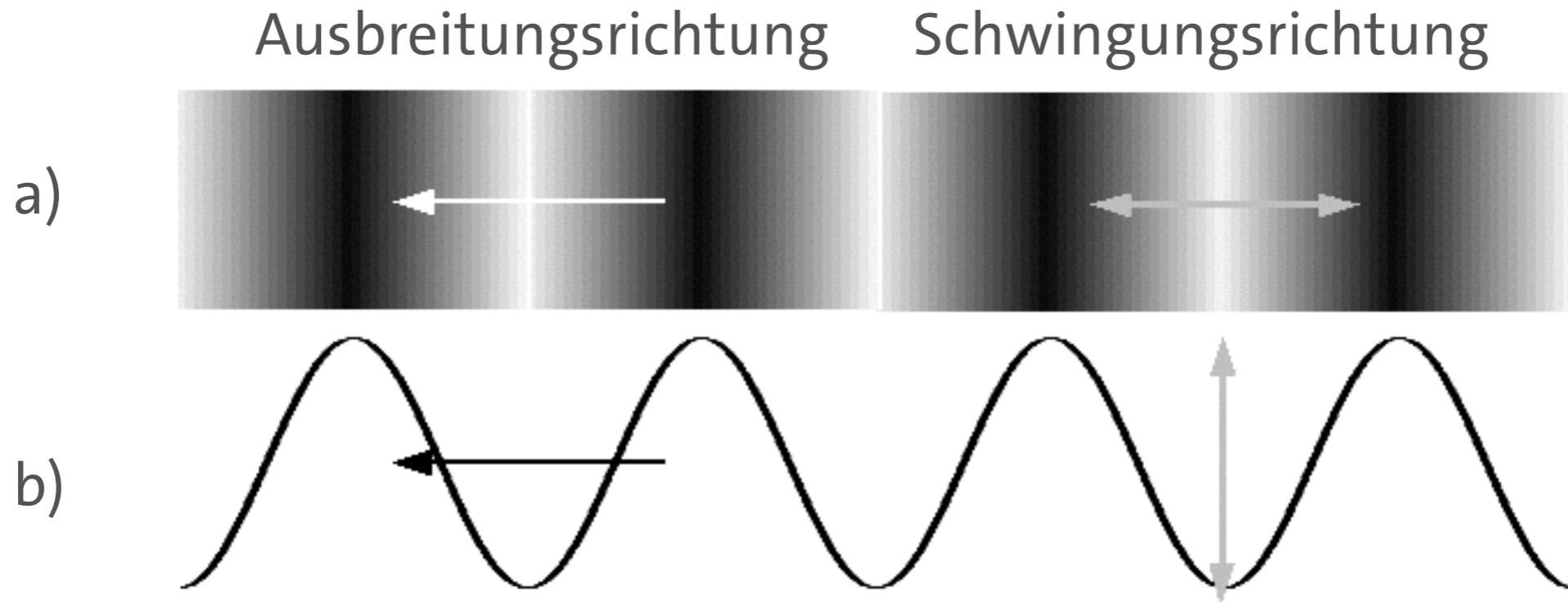
Perioden

- Verlauf wiederholt sich in **Wellen** nach festen Zeitabständen (**Phasen**)
- **Licht-, Schall** oder **Vibrationswellen** liegen meist als **periodische Signale**



Wellen

Longitudinal- und Transversal

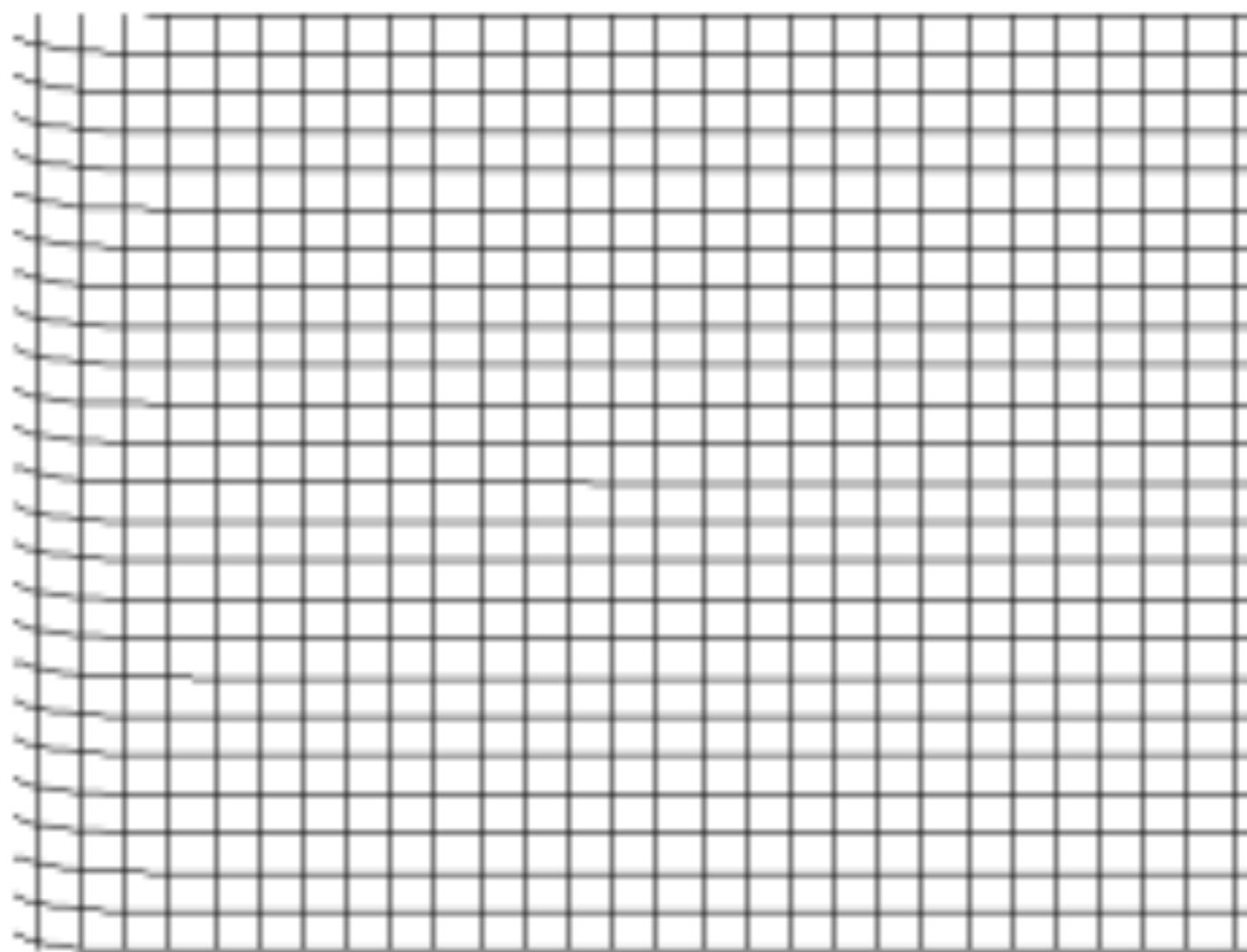


a) **Longitudinalwelle:** Oszillatoren schwingen
in der Ausbreitungsrichtung

b) **Transversalwelle:** Oszillatoren schwingen
quer zur Ausbreitungsrichtung

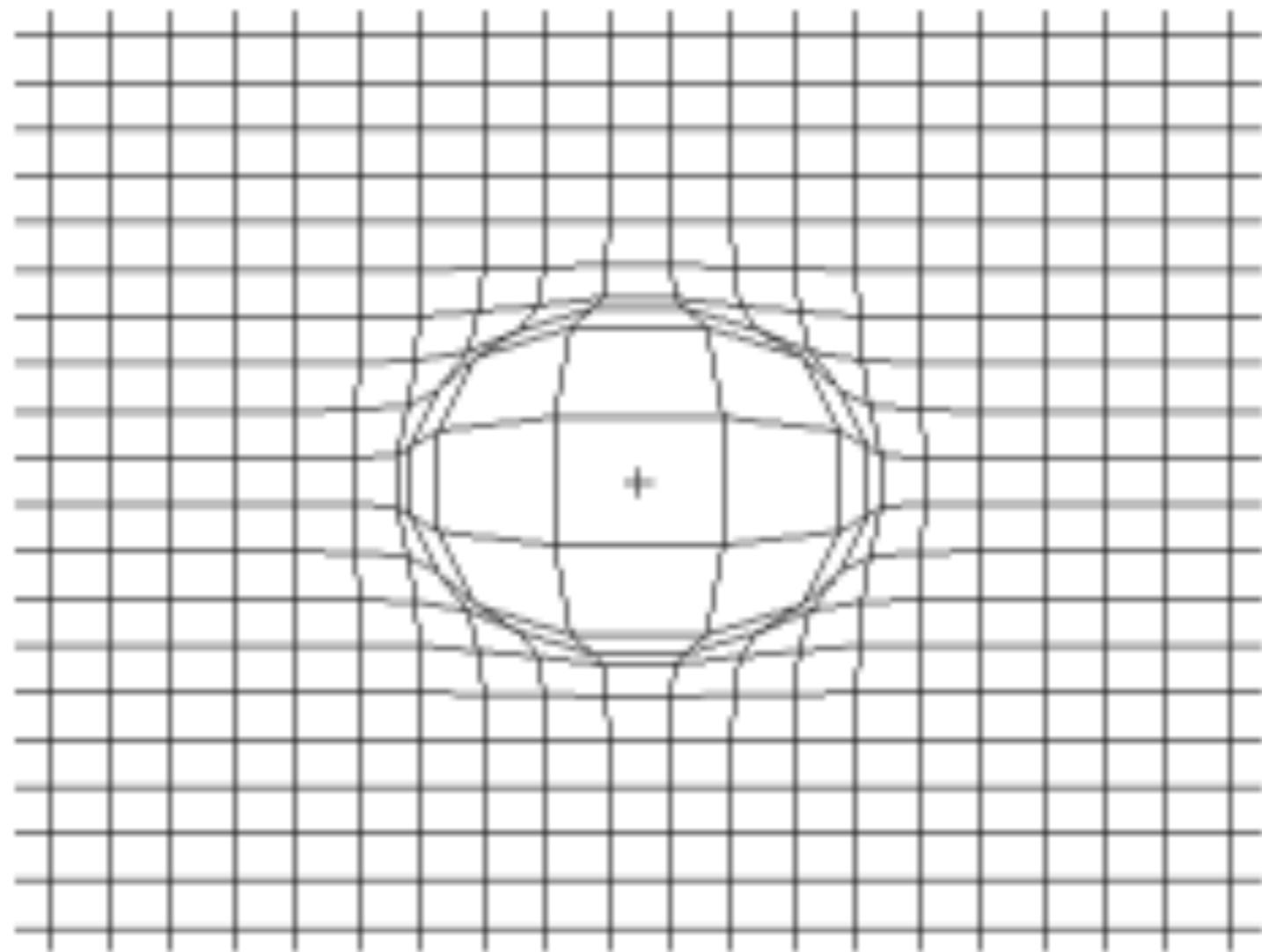
Transversalwelle

Bspiel: Licht



Longitudinalwelle

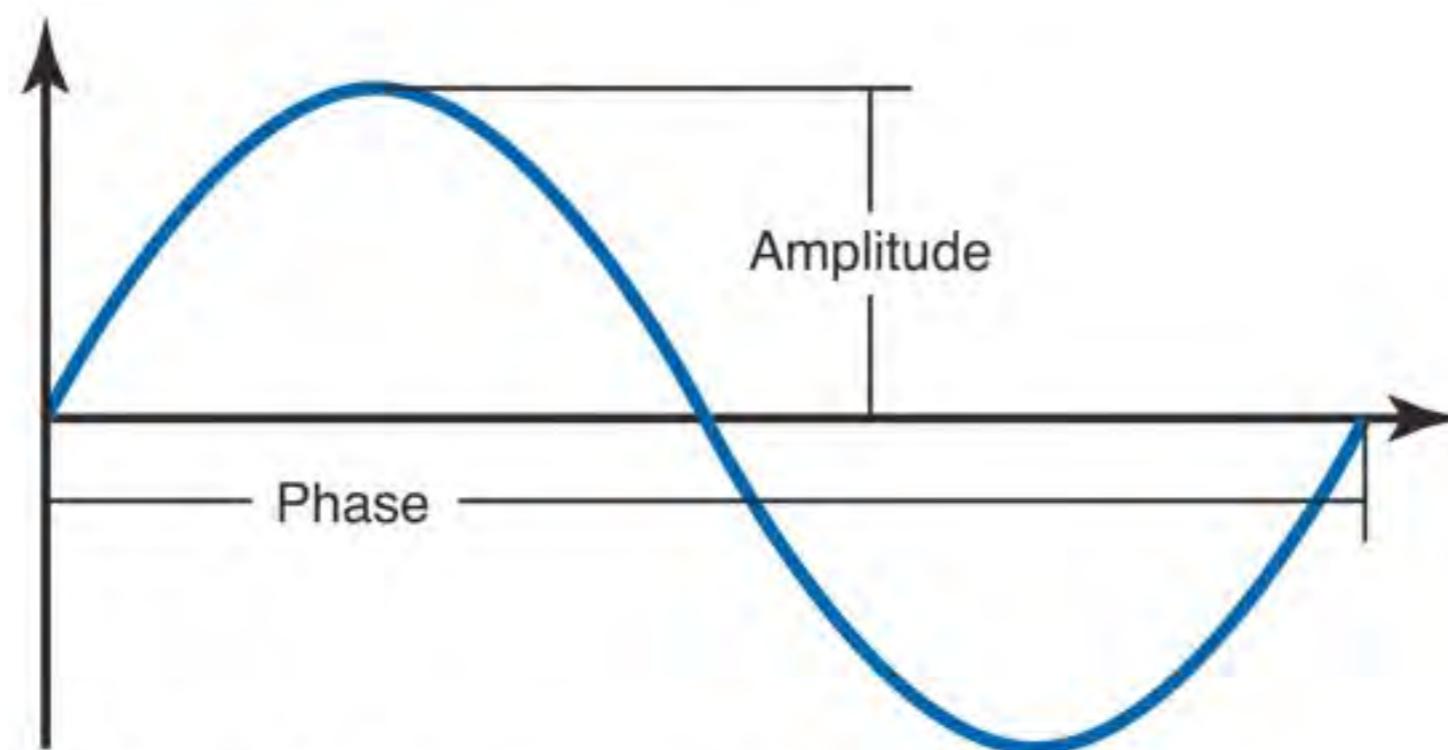
Bspiel: Audio



Analoge Signale

Begriffe

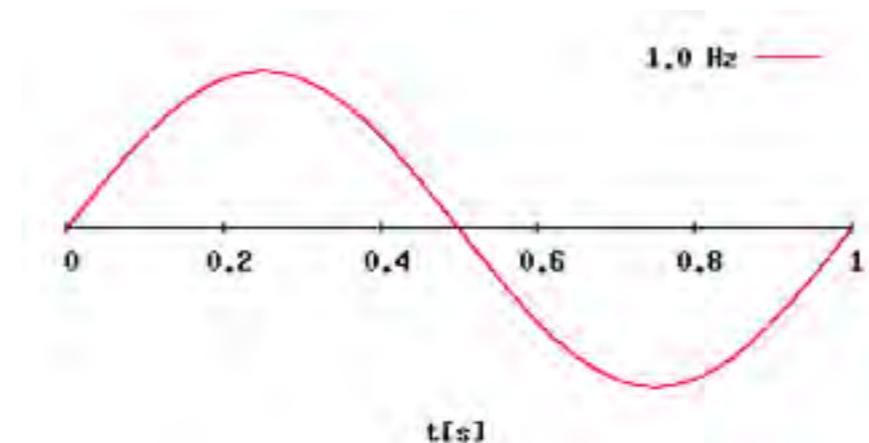
- **Phase** beschreibt sich wiederholenden Verlauf in festem zeitlichen Abstand
- **Amplitude** ist durch maximalen Wert der Phase gegeben



Analoge Signale

Begriffe

- **Wellenlänge** gibt Weg an, den Signal bei gegebener Ausbreitungsgeschwindigkeit innerhalb einer Phase zurücklegt
- **Frequenz f (in Hz)** gibt Anzahl von sich wiederholenden Schwingungen pro Zeiteinheit (in Sek.) an





Mensch-Computer-Interaktion

Kapitel Wahrnehmung

Visuelle Wahrnehmung

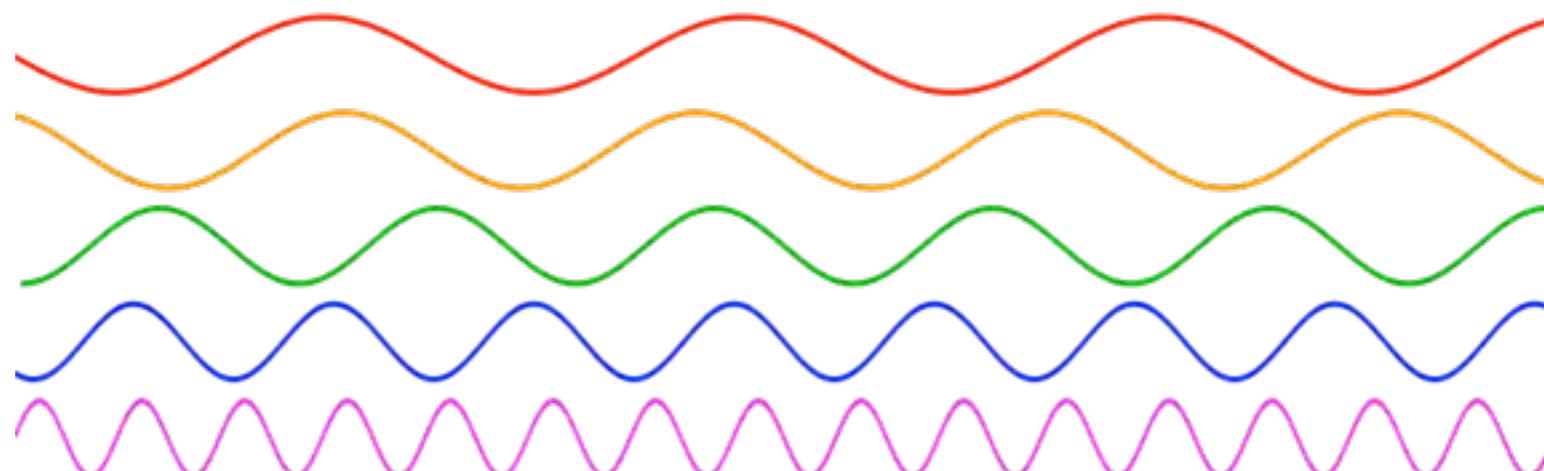
Es werde Licht ...

Welle oder Teilchen?

- Licht ist sichtbarer Bereich des **elektromagnetischen Spektrums**
 - **Wellenoptik** (nach Christiaan Huygens): **Welle mit Frequenz, Amplitude und Länge**
 - **Quantenphysik** (nach Albert Einstein): Menge von einzelnen diskreten Energiequanten (**Photonen**)

Lichtwellen

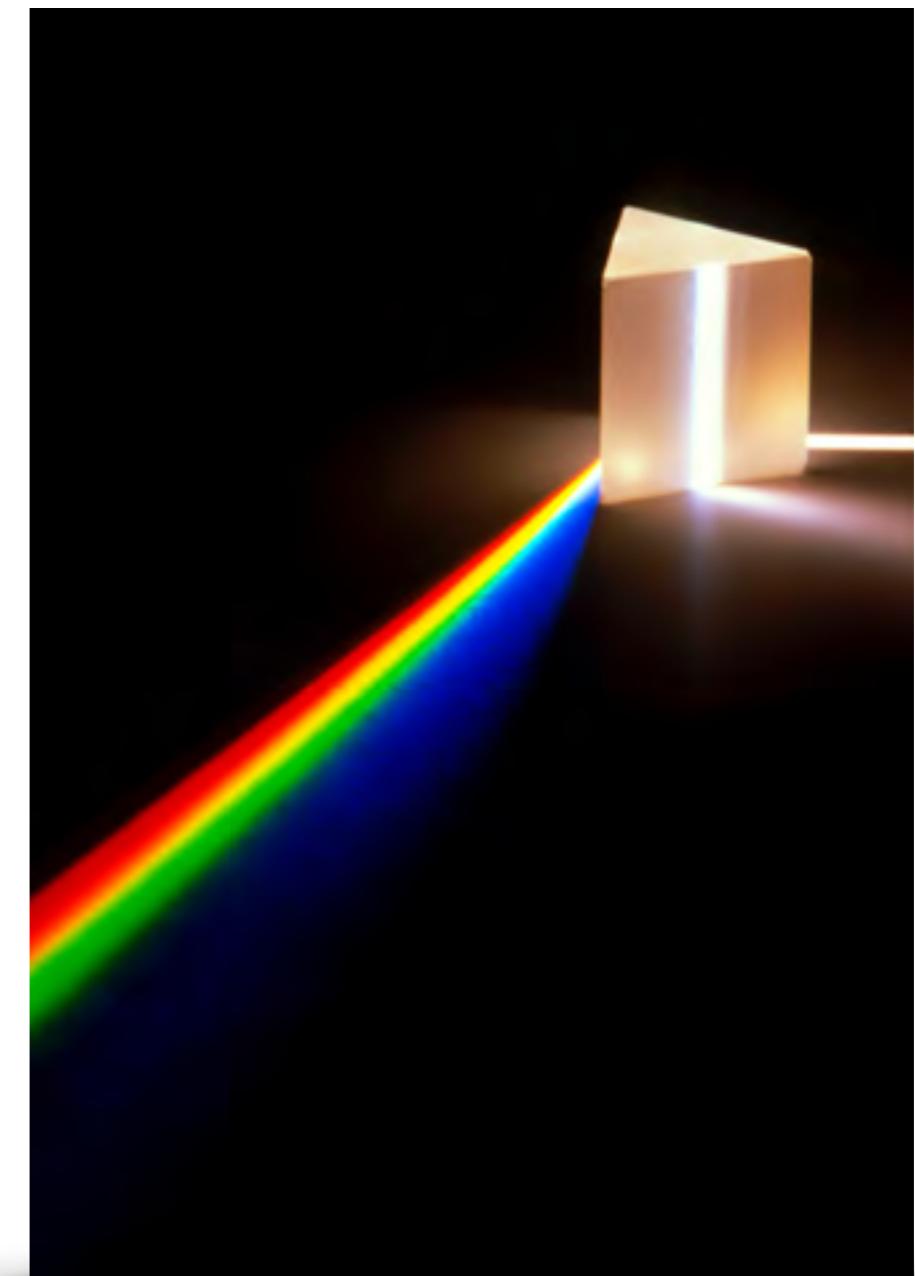
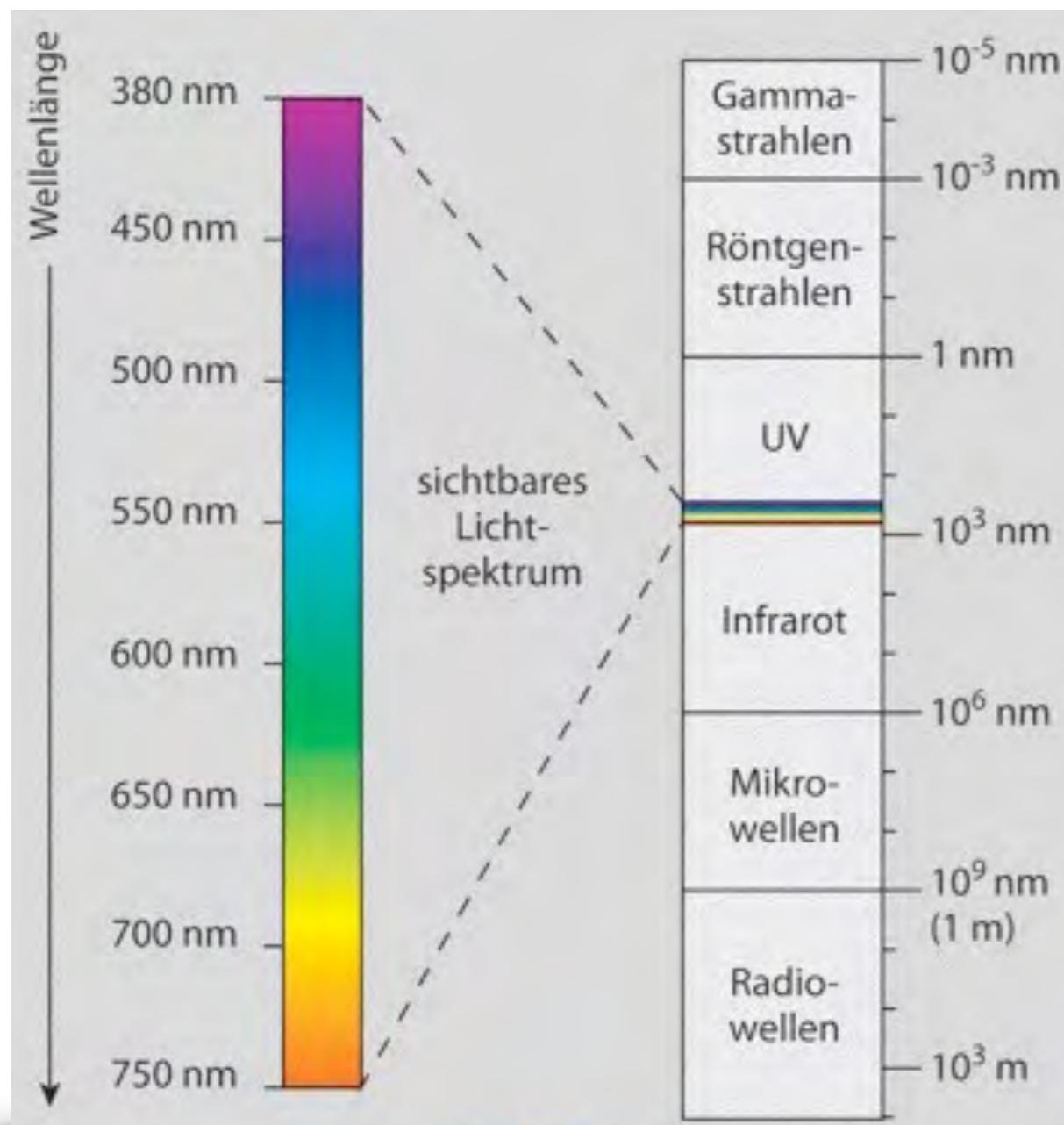
- **Licht** als elektromagnetische Welle
 - **Frequenz** definiert **Farbe**
 - **Amplitude** definiert **Helligkeit**
- **Lichtwellen** breiten sich mit Ausbreitungsgeschwindigkeit von 300.000.000 m/s aus





Lichtspektrum

Bsp: Sichtbare Anteil

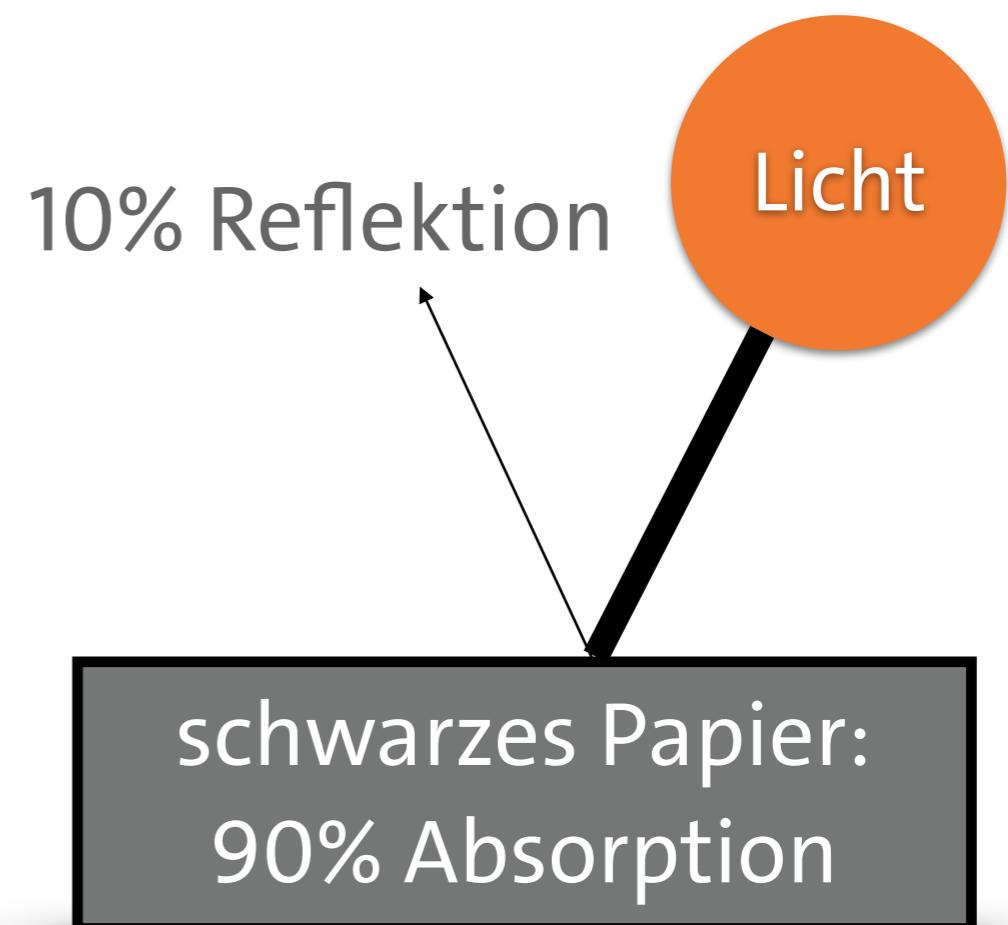
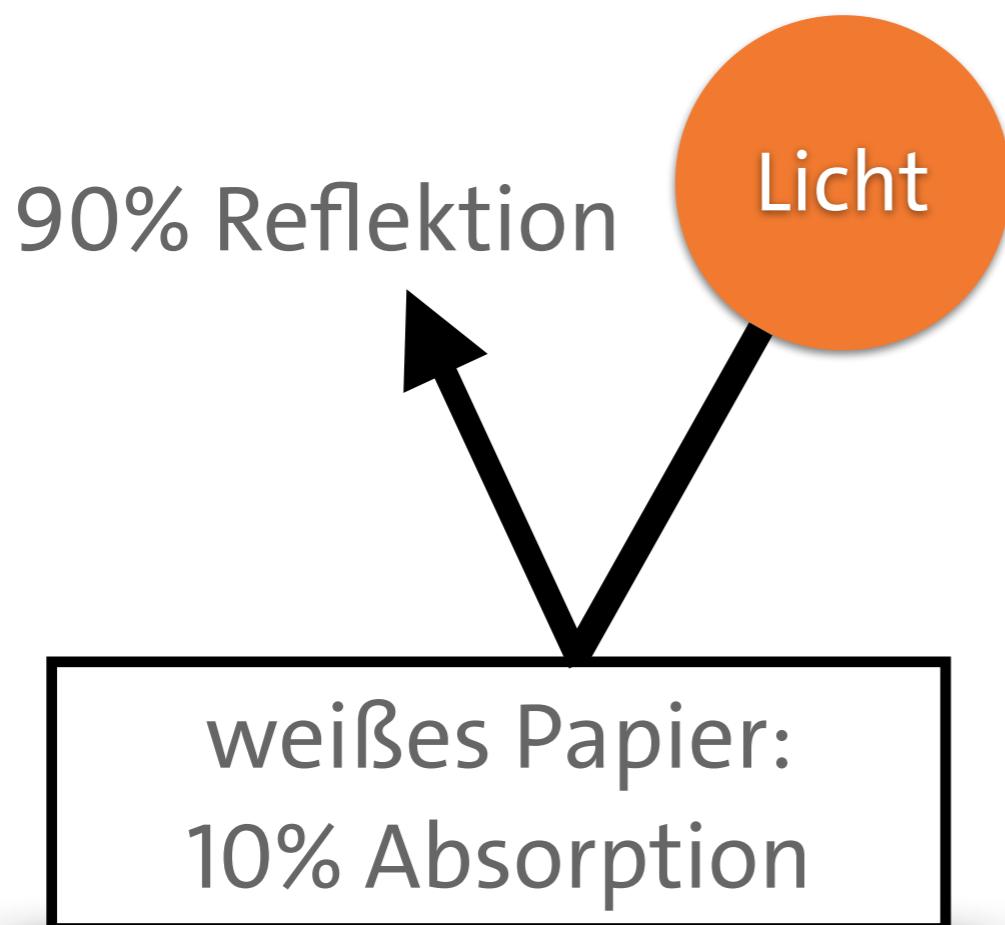


Visuelle Wahrnehmung

- **Licht wird gefiltert durch unser visuelles System wahrgenommen**
- **Licht, das nicht auf Objekt trifft und von dort zu uns (direkt oder indirekt) reflektiert wird, wird nicht gesehen**

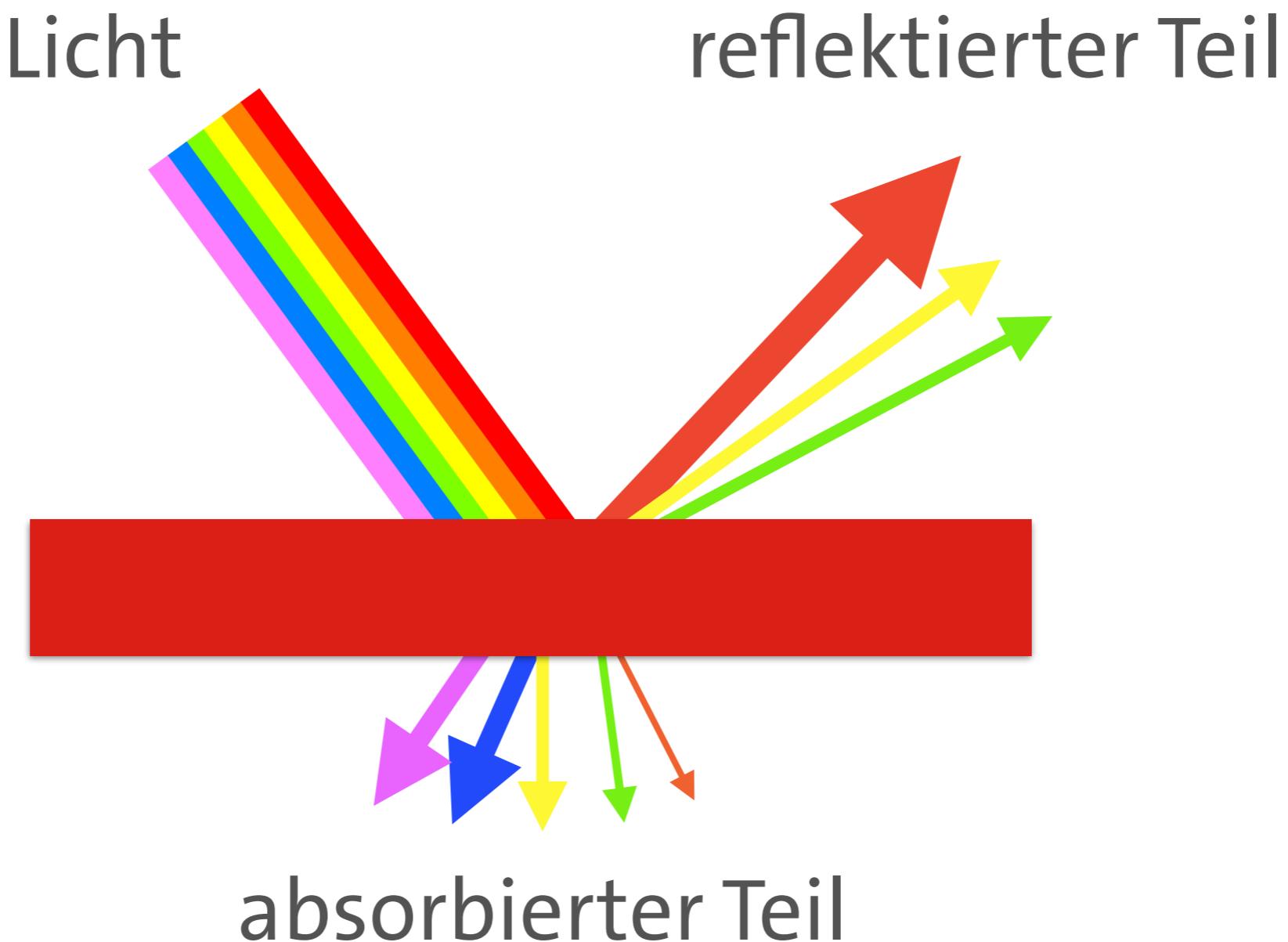
Absorption & Reflektion

Beispiel



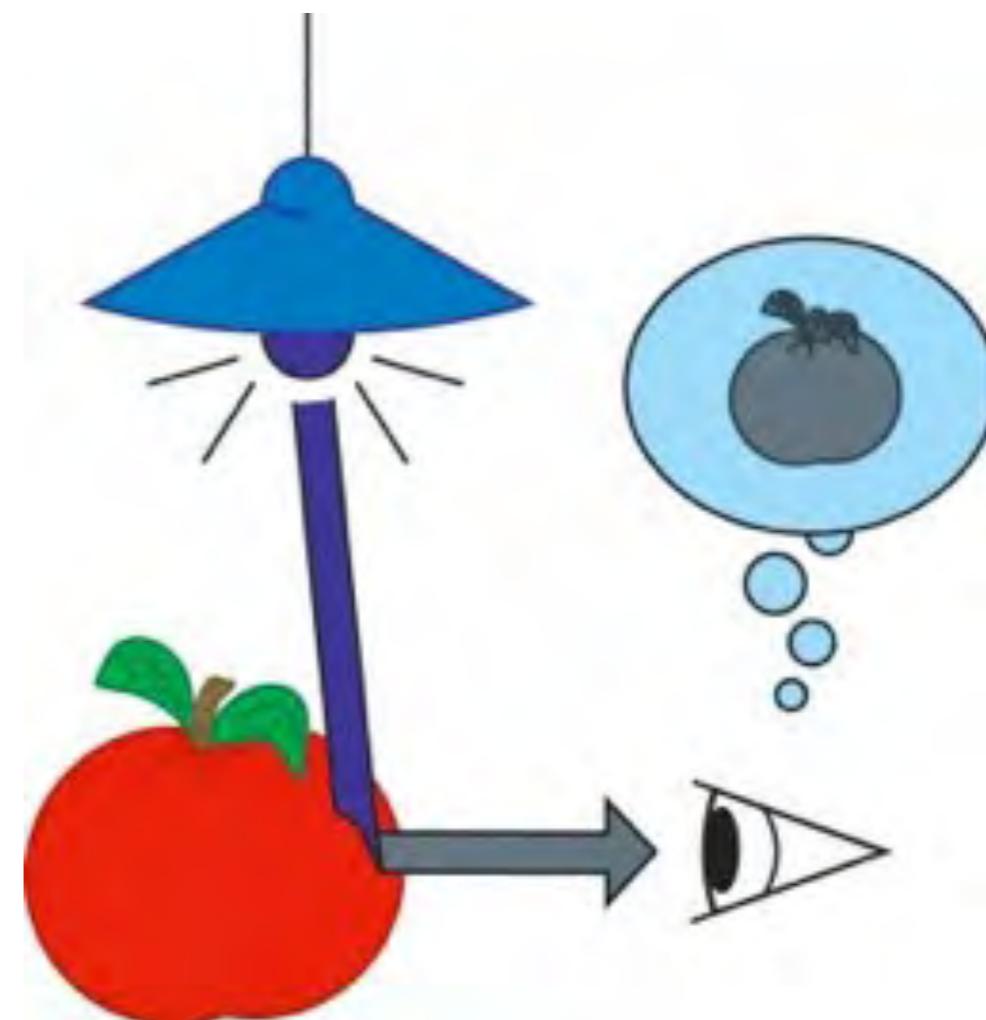
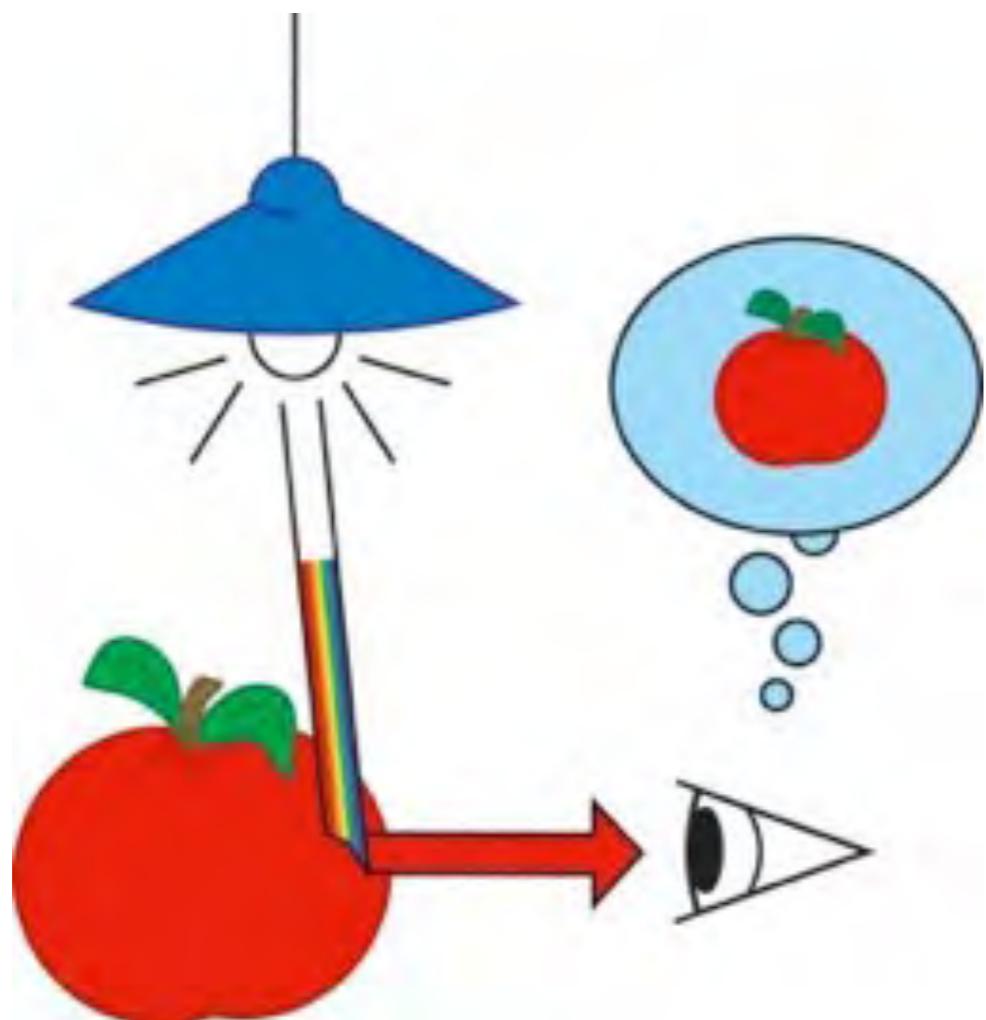
Absorption & Reflektion

Beispiel



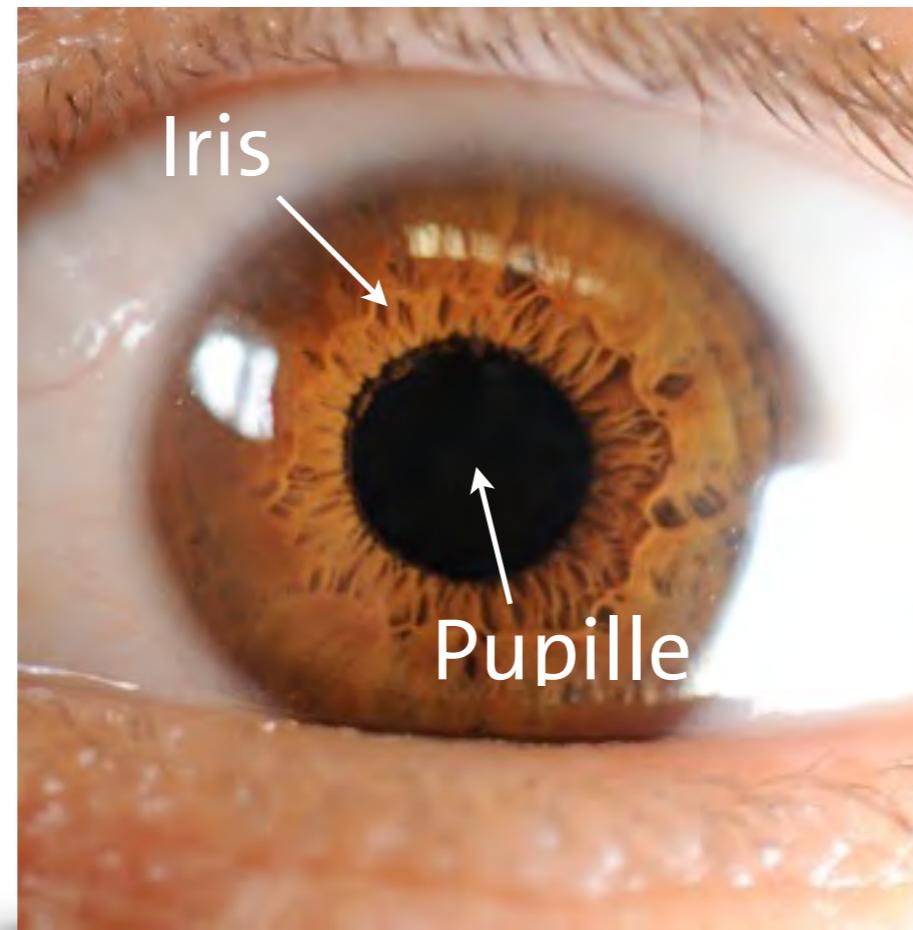
Absorption & Reflektion

Beispiel: Tomate

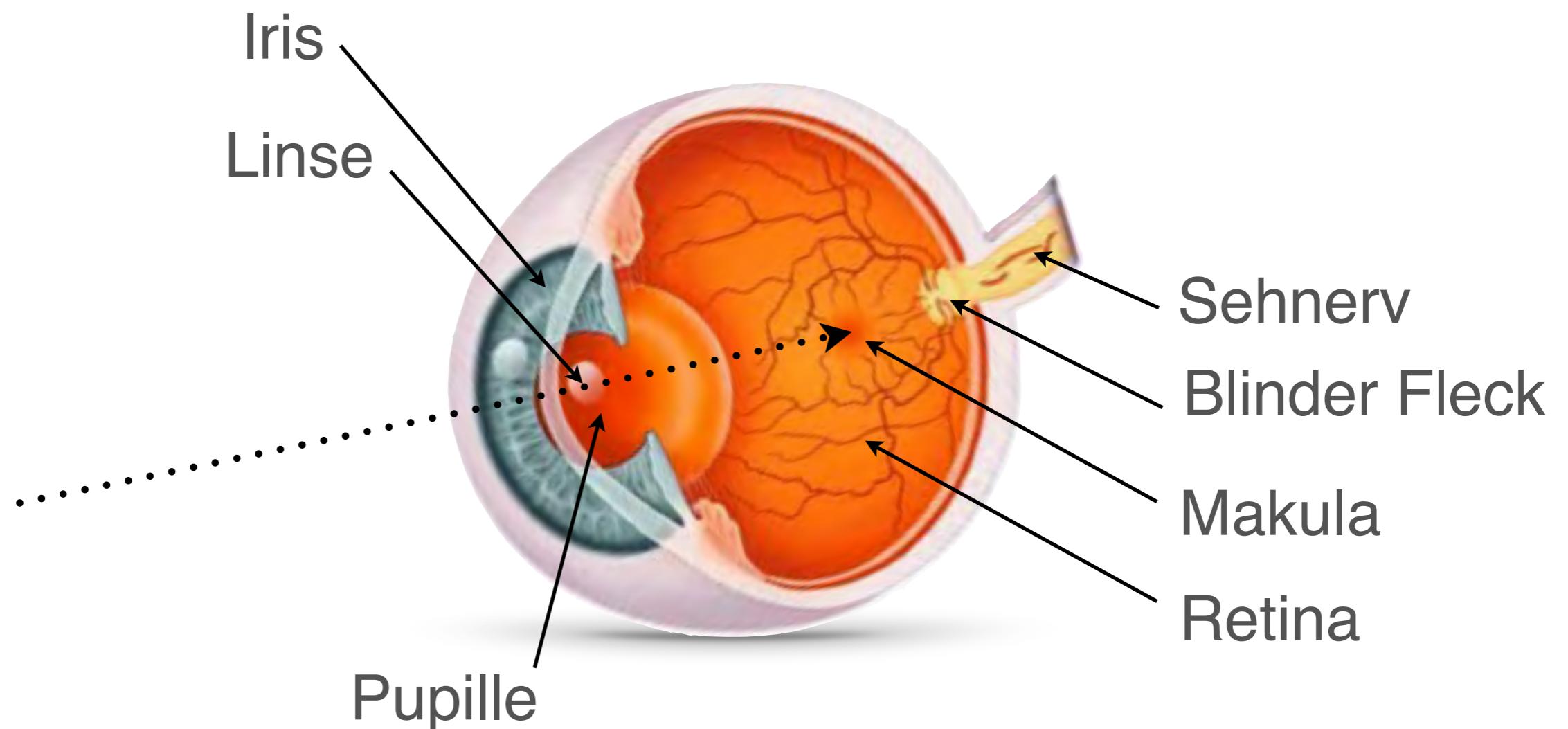


Menschliches Auge

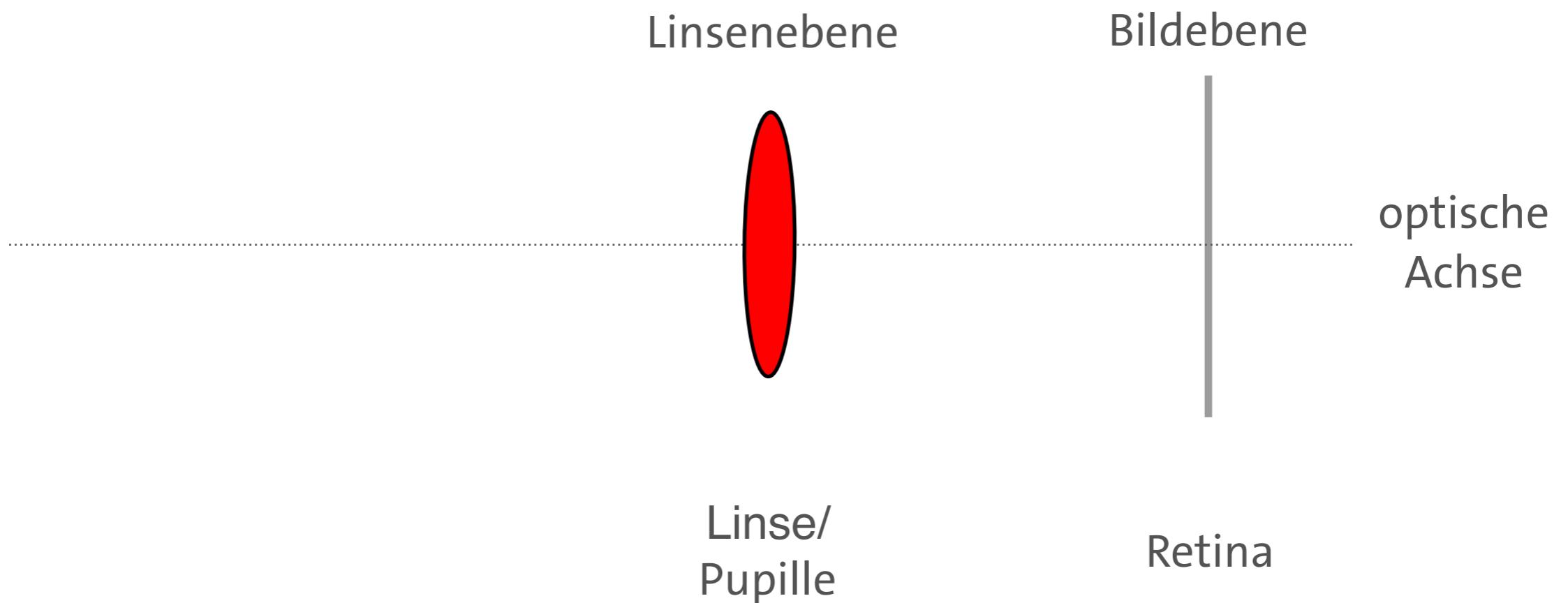
- **Menschliche Auge** ist Teil des visuellen Systems und Sinnesorgan zur Wahrnehmung von Lichtreizen



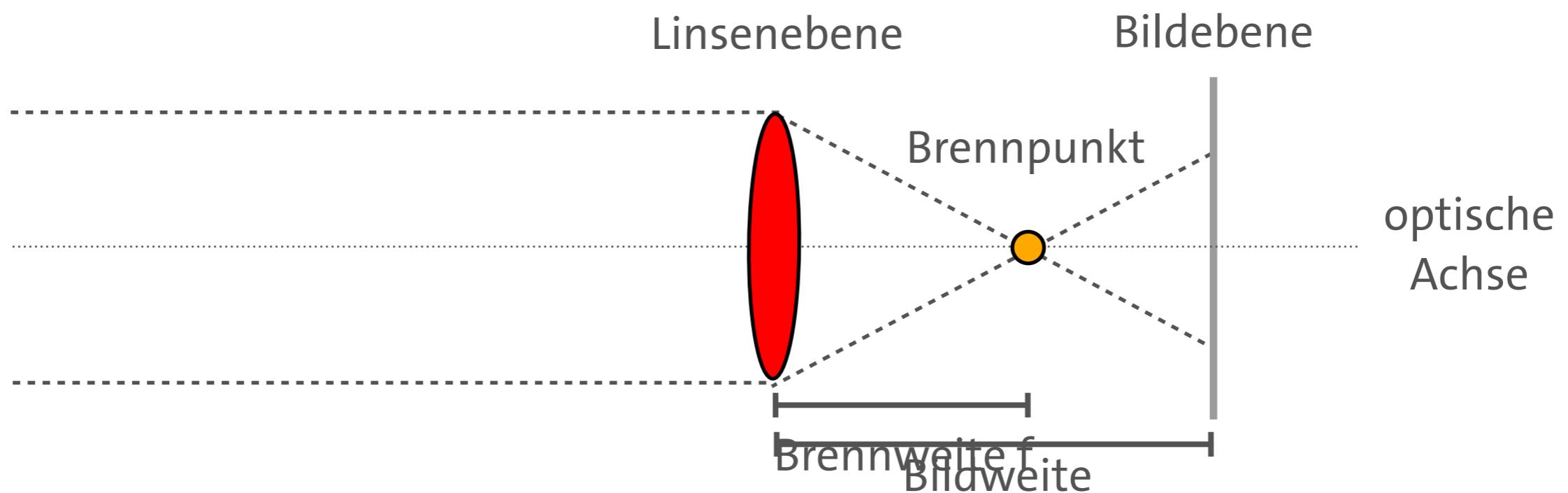
Menschliches Auge



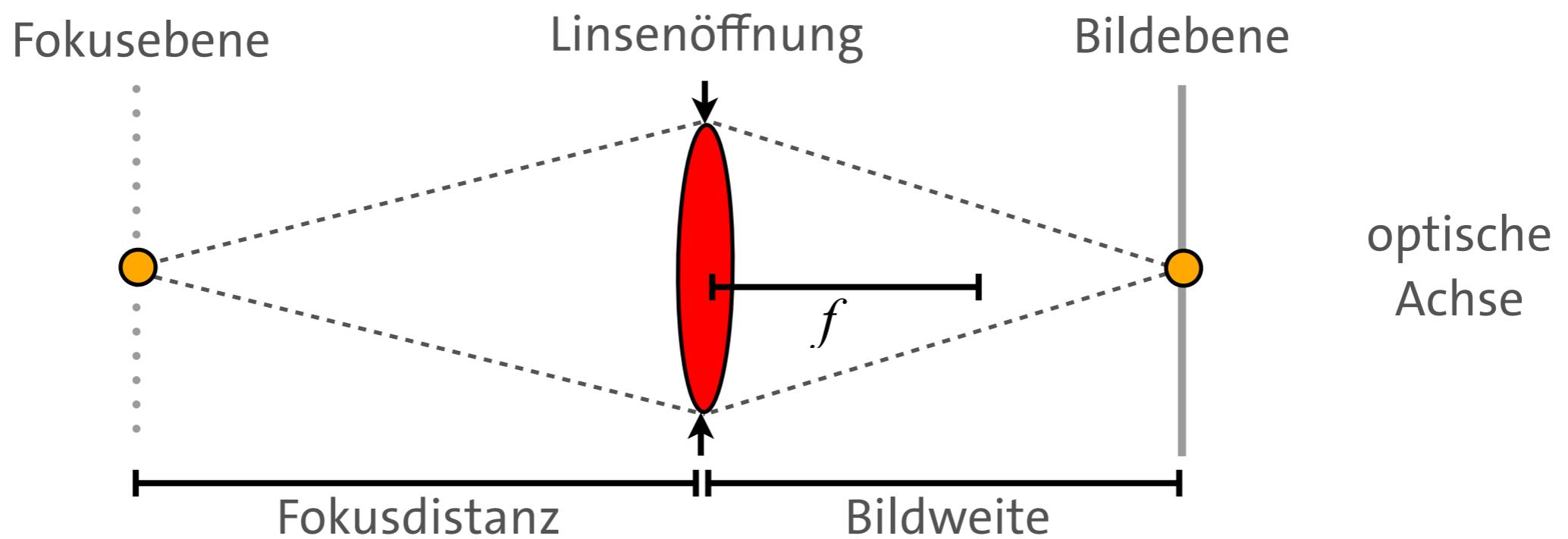
Visuelle Optik



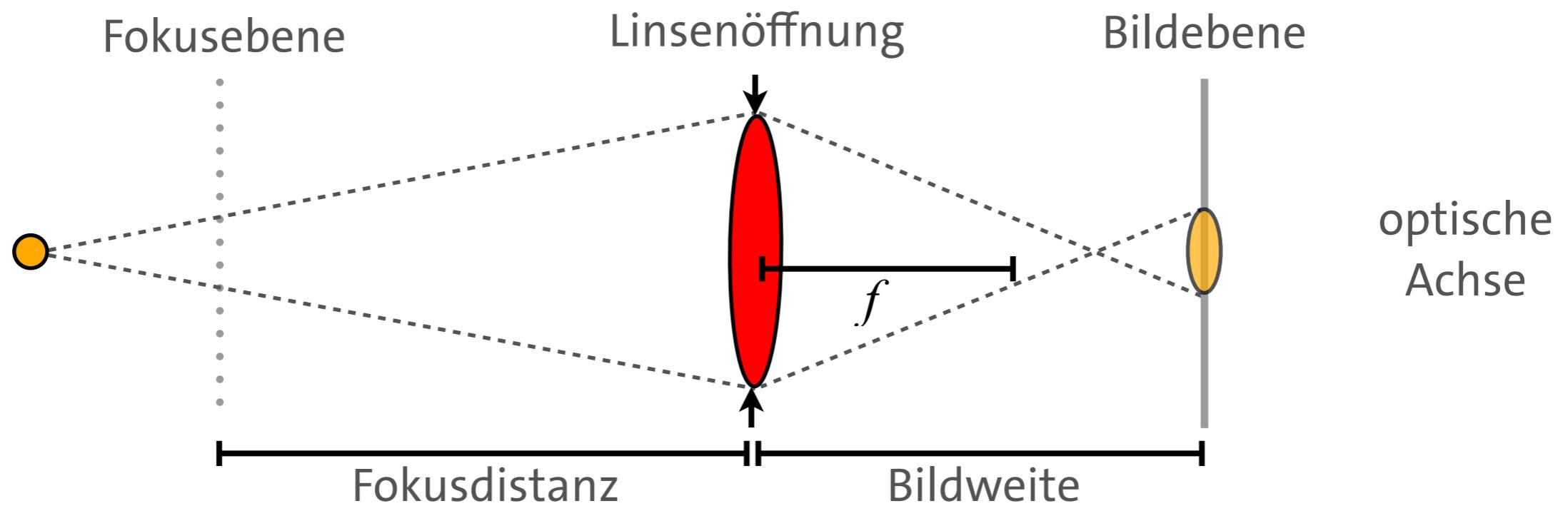
Visuelle Optik



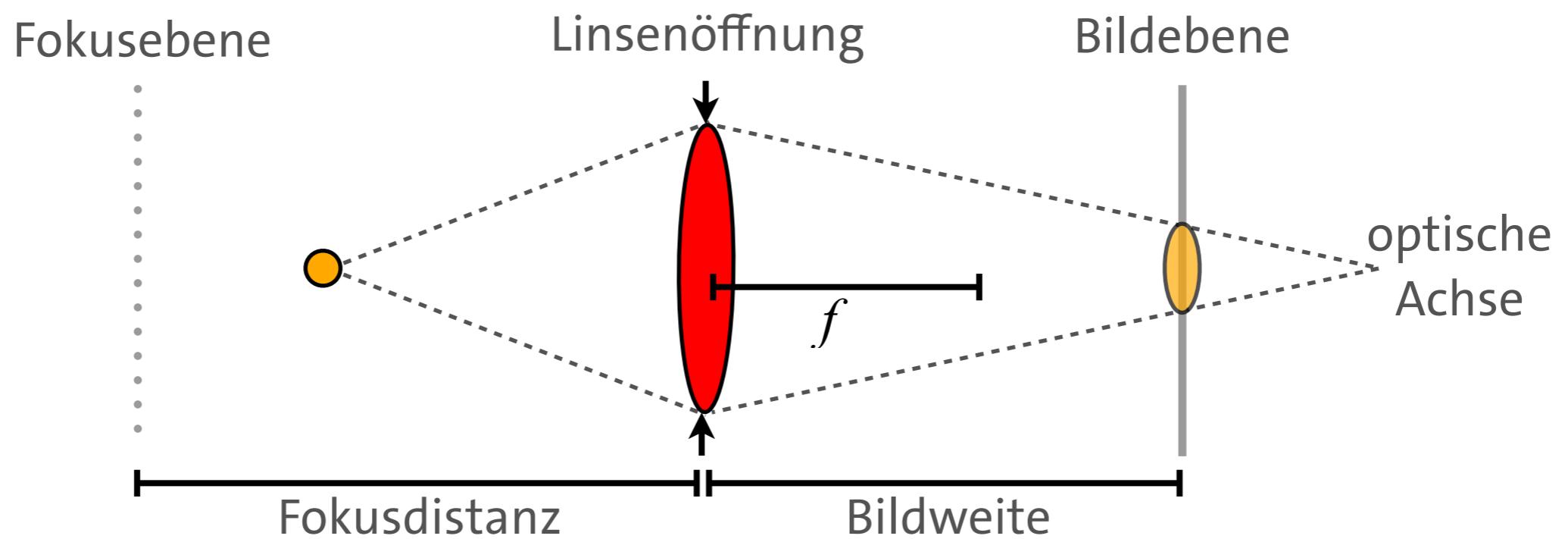
Visuelle Optik



Visuelle Optik

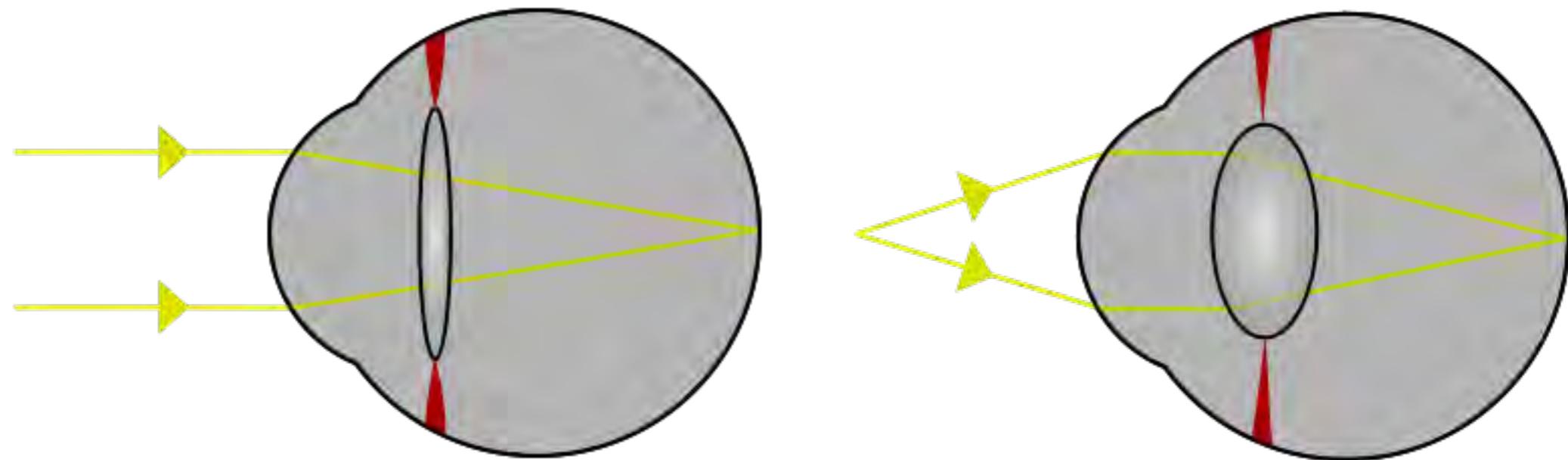


Visuelle Optik



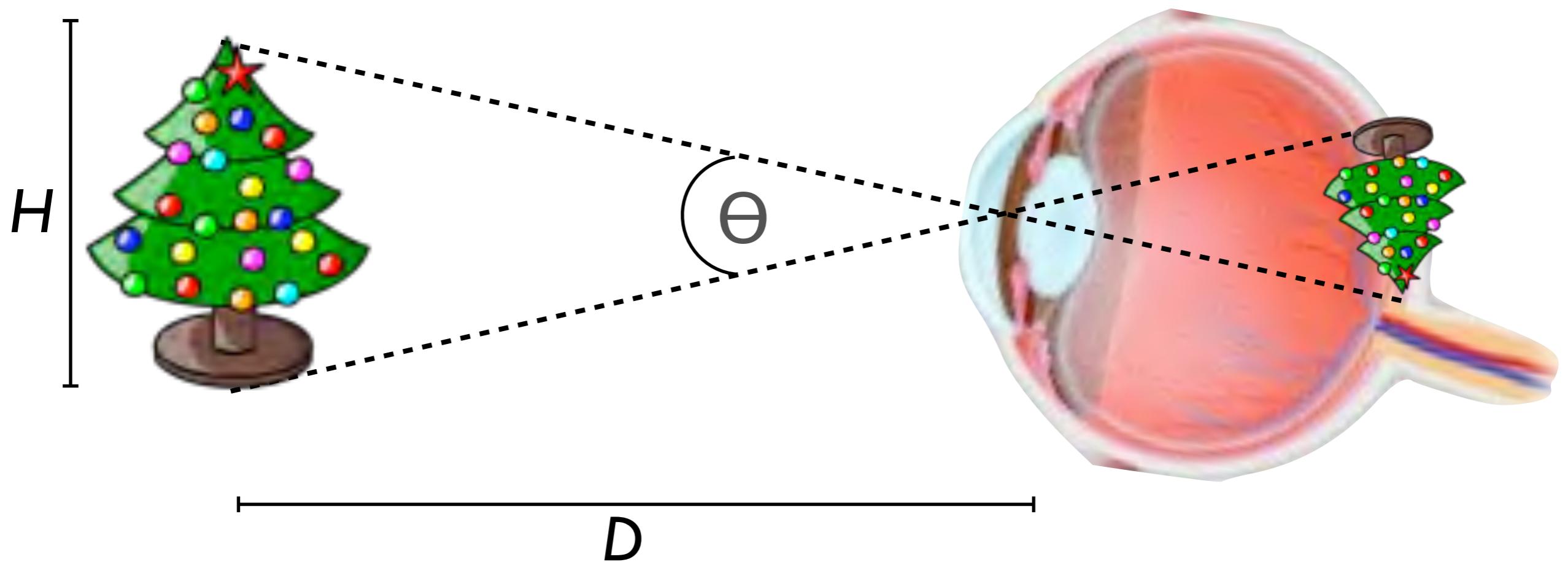
Akkommodation

- Akkommodation ist dynamische Anpassung der Brechkraft des Auges, um Objekt in beliebiger Entfernung scharf auf Netzhautebene abzubilden

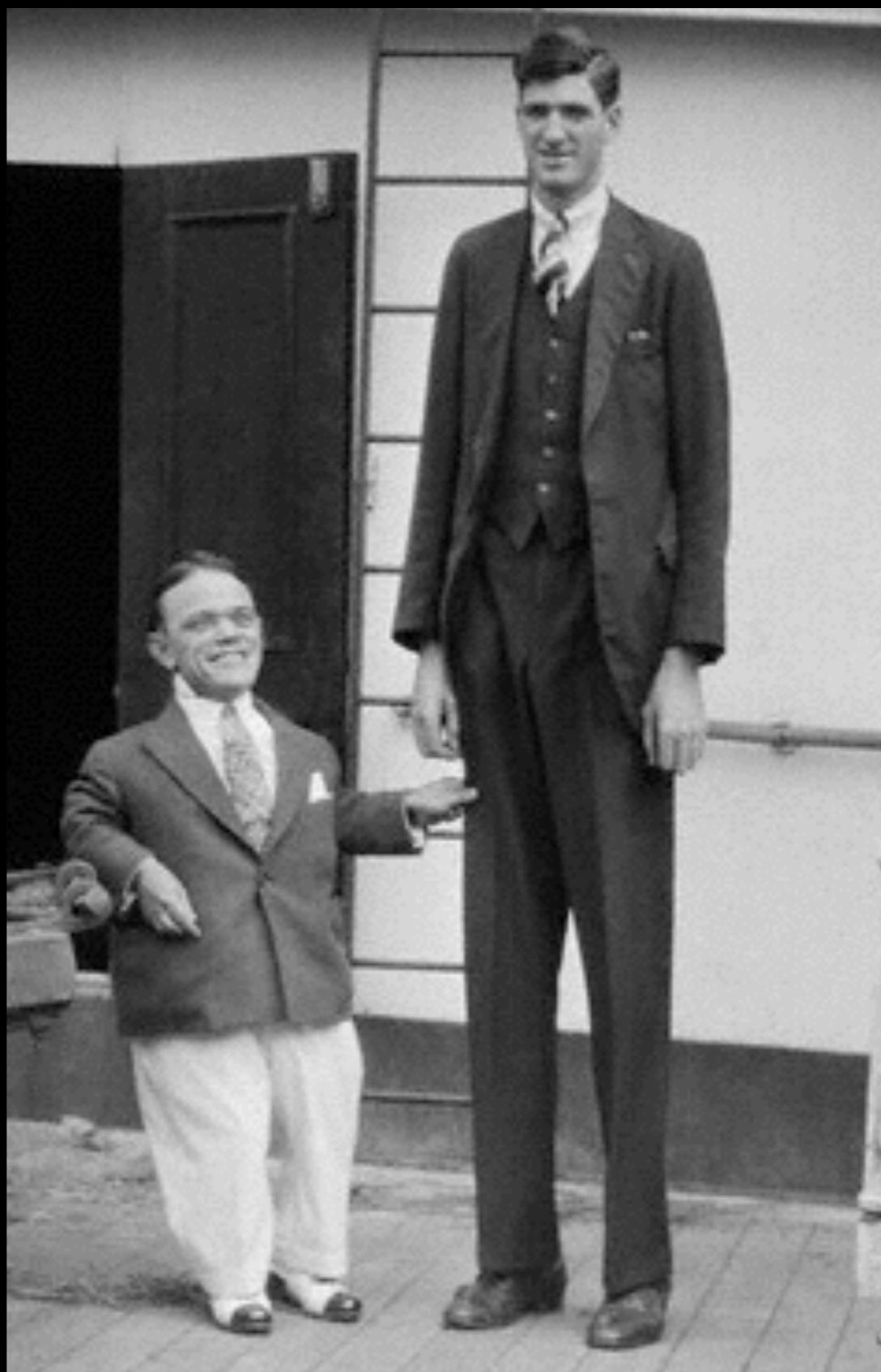


Optik

- Sehwinkel Θ hängt von Distanz D und Größe H des betrachteten Objekts ab



Wer ist die größte Person im Bild?





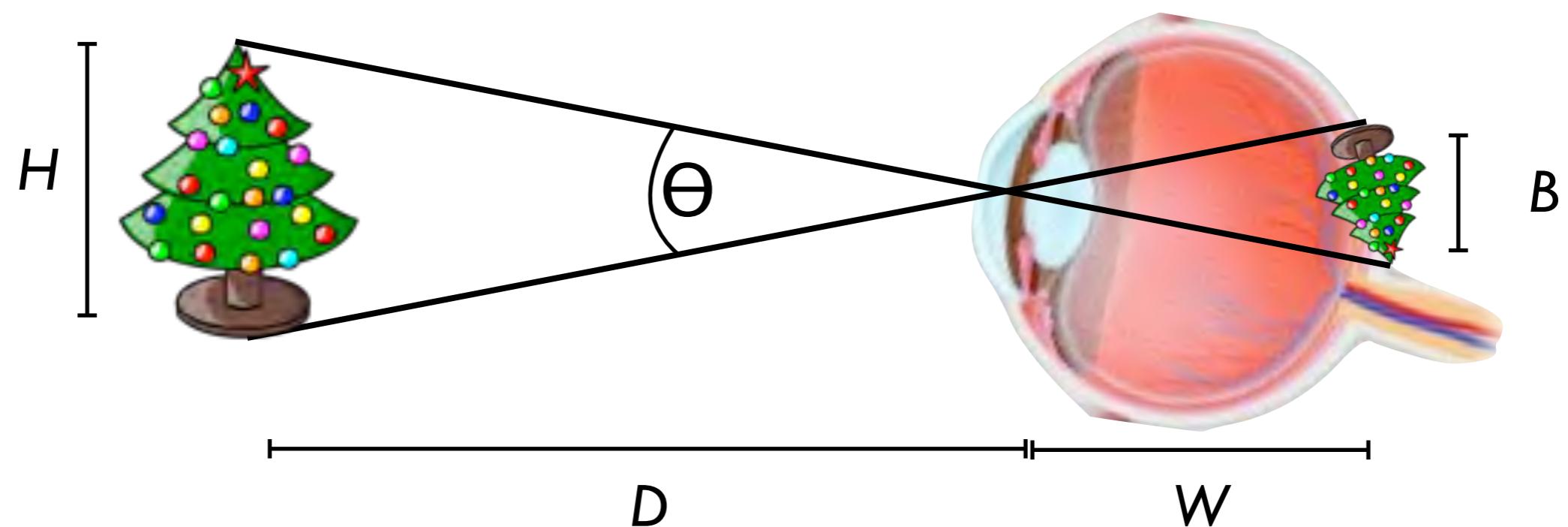
ebensstein



Emmertsche Gesetz

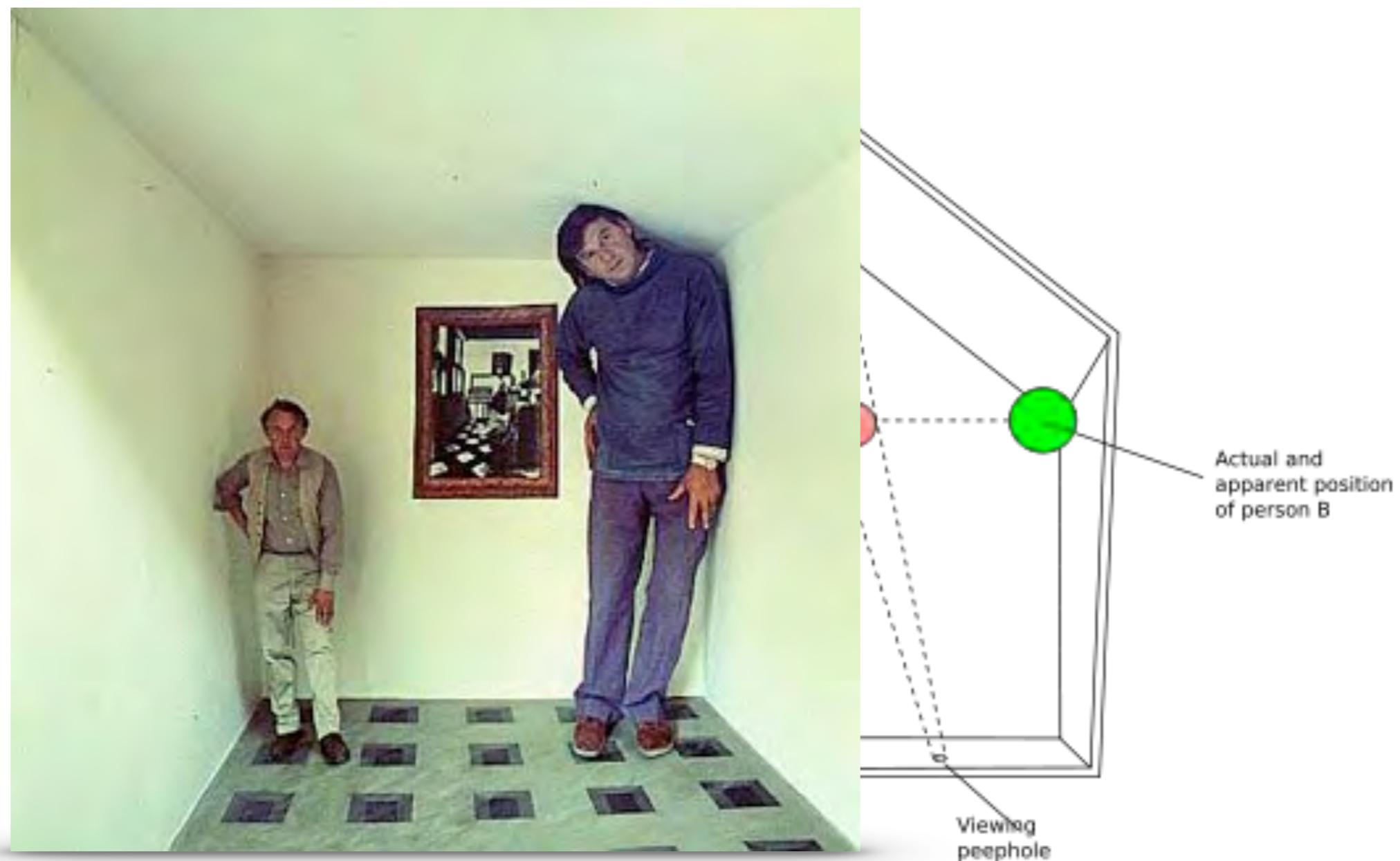
- Wahrgenommene Größe hängt von Größe auf Retina B und wahrgenommenen Distanz D zum Objekt mit Höhe H ab

$$\frac{B}{H} = \frac{W}{D} \Rightarrow H \sim B \cdot D$$



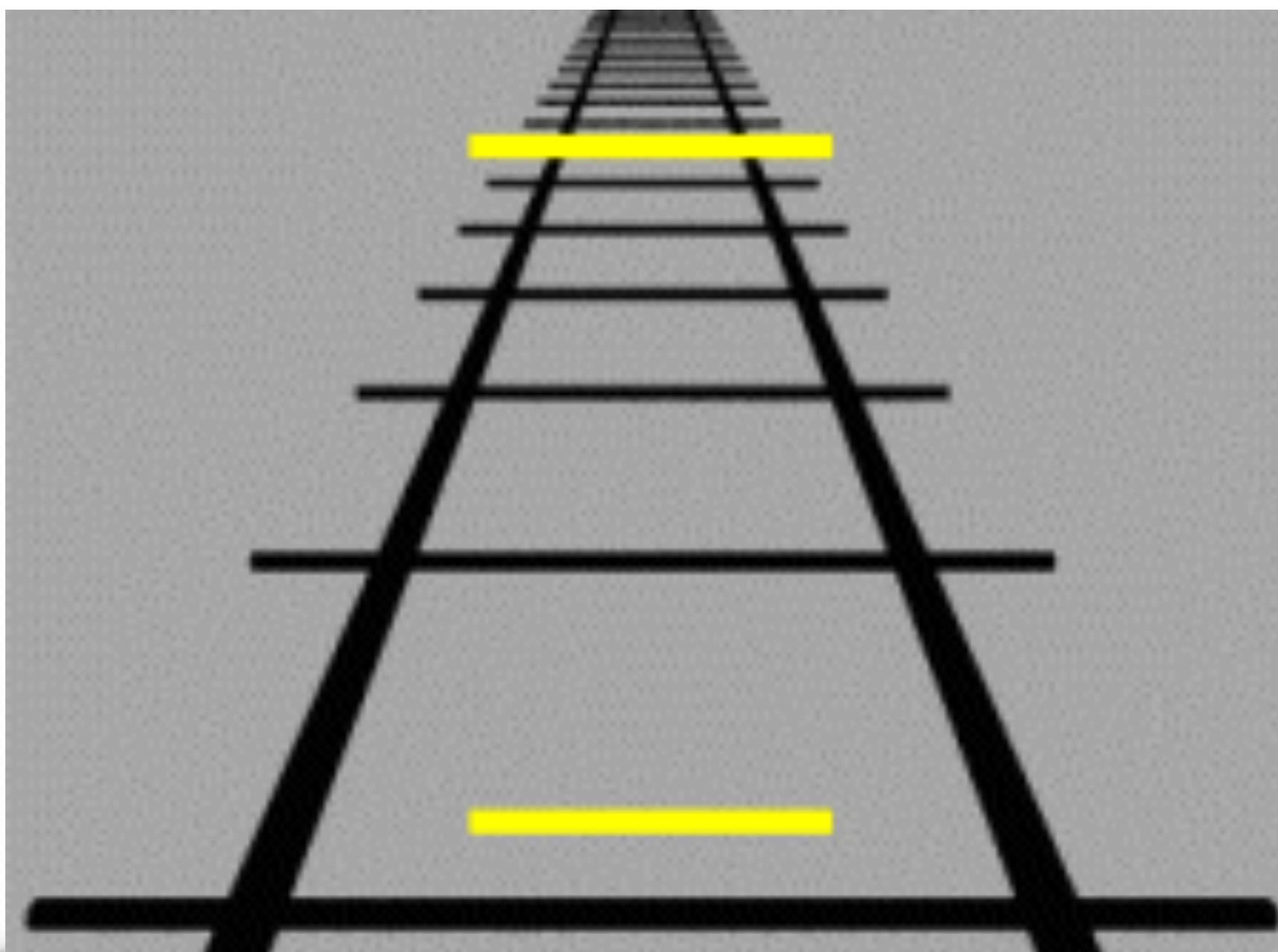
Visuelle Illusionen

Bsp: Ames Raum



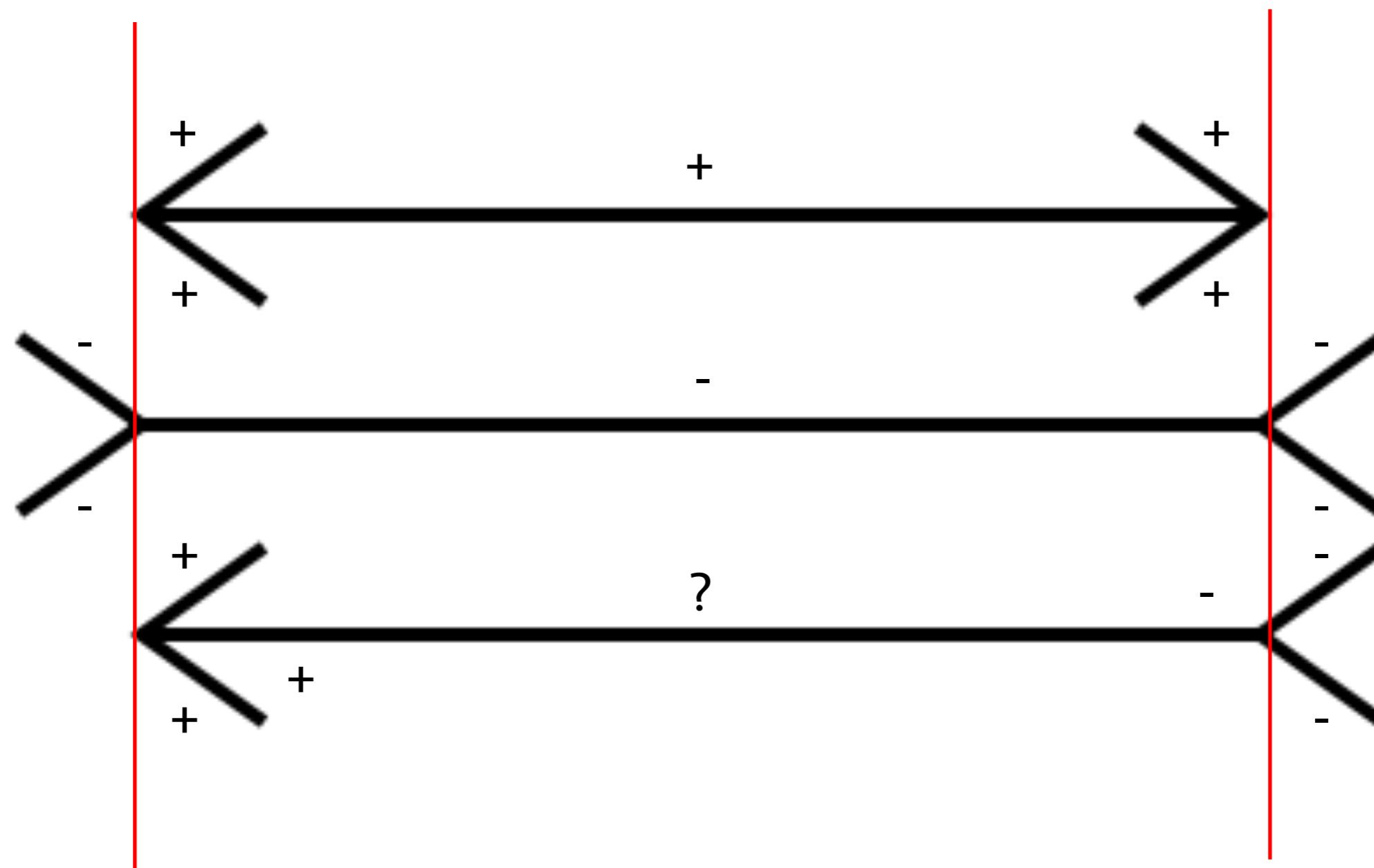
Visuelle Illusionen

Bsp: Ponzo Illusion



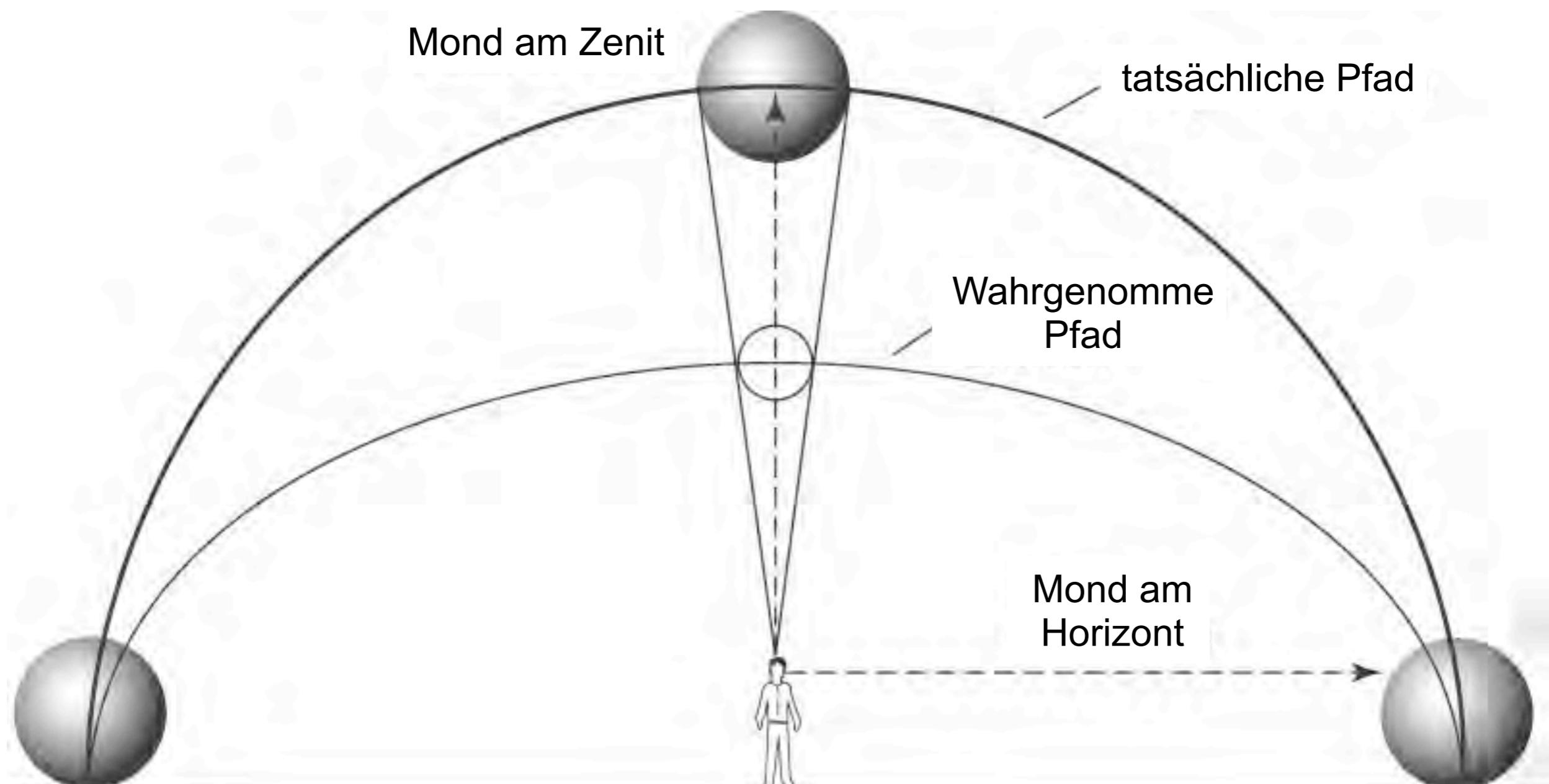
Visuelle Illusionen

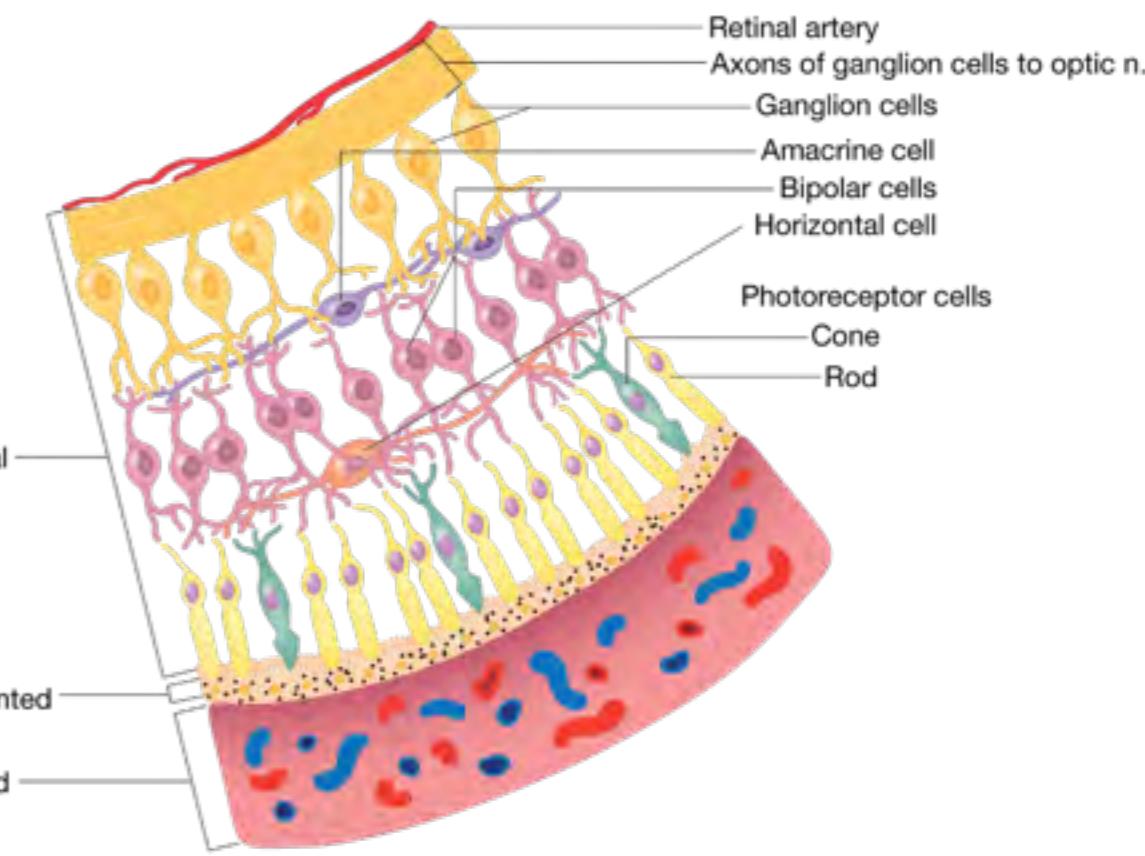
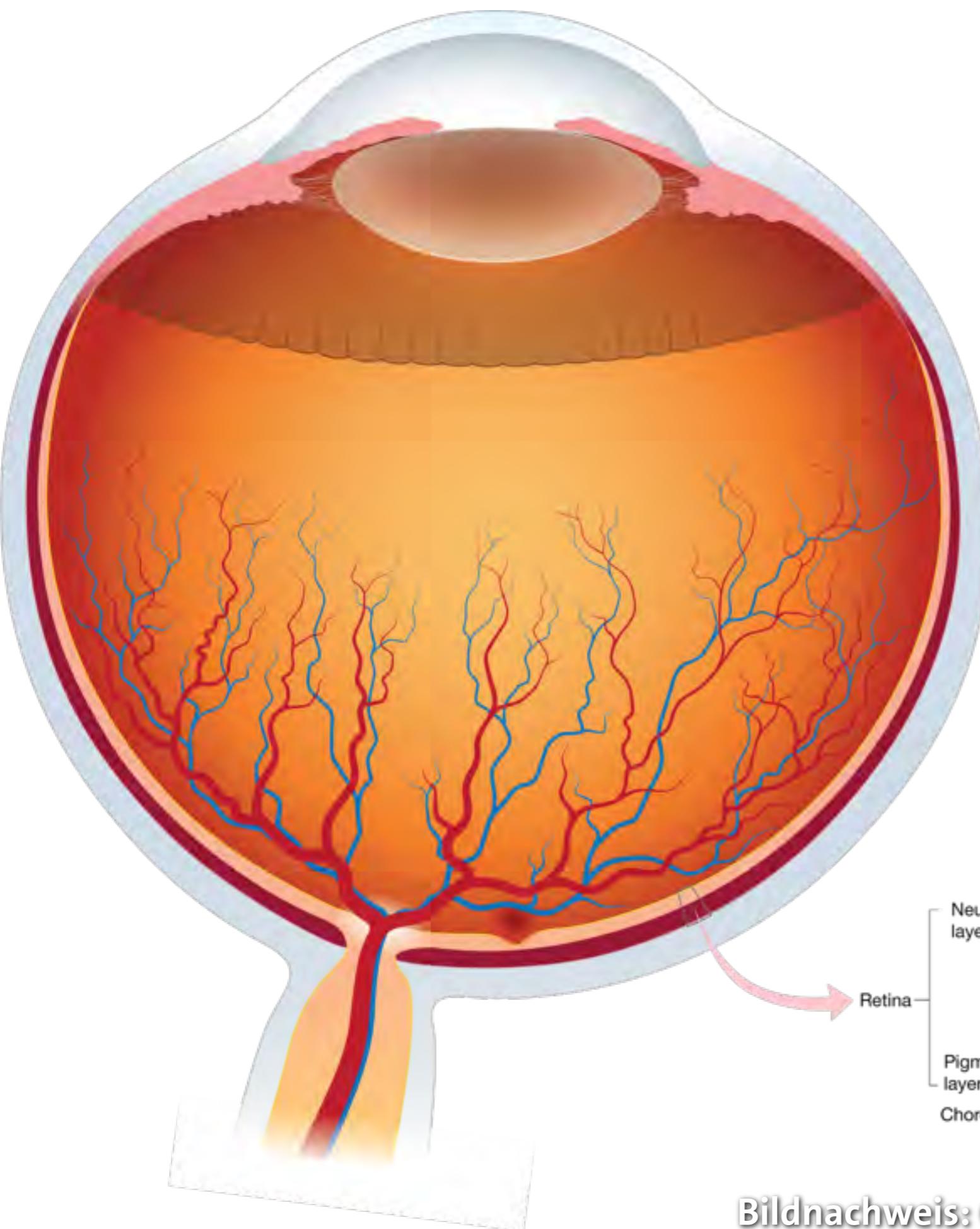
Bsp: Müller-Lyer Illusion



Visuelle Illusionen

Bsp: Mond Illusion





Bildnachweis: Goldstein - Wahrnehmungspsychologie

Retina (Netzhaut)

- **Retina (Netzhaut)** ist lichtempfindliche Rückwand des Auges
- Nervenzellen im Auge wandeln Lichtwellen in neuronale Aktivitäten

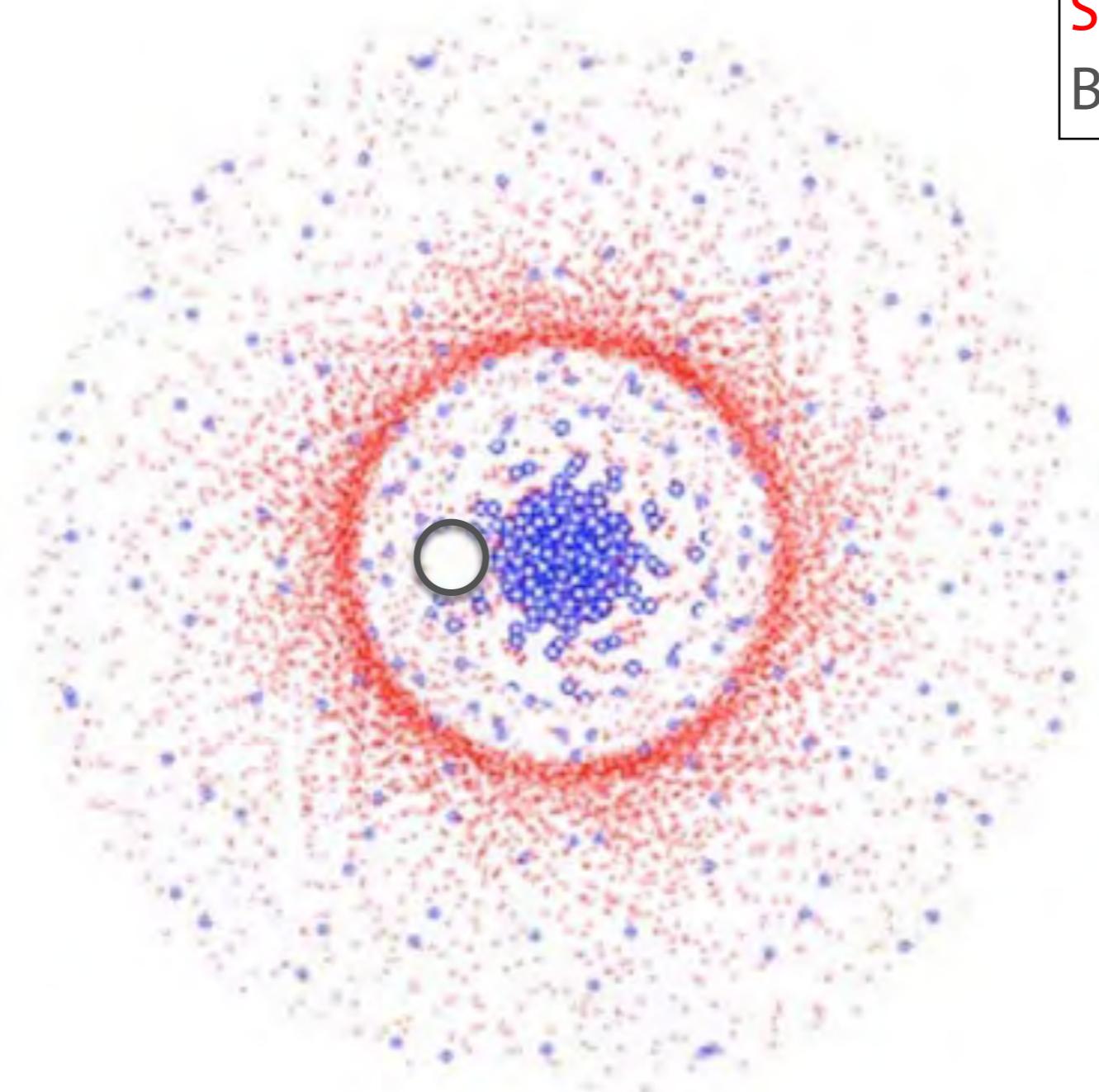


Photorezeptoren

- Retina enthält 2 Arten von Photorezeptoren
 1. **Zapfen** (7-8 Mio.) (engl. *Cones*): Farb- und Tagessehen (**Photopische Sehen**), 3 Typen (S, M, L) unterschiedlicher Wellenlängensensitivität
 2. **Stäbchen** (100-120 Mio.) (engl. *Rods*): Hell-Dunkel-Empfindung, Dämmerungssehen (**Skotopischen Sehen**)

Stäbchen & Zapfen

Verteilung

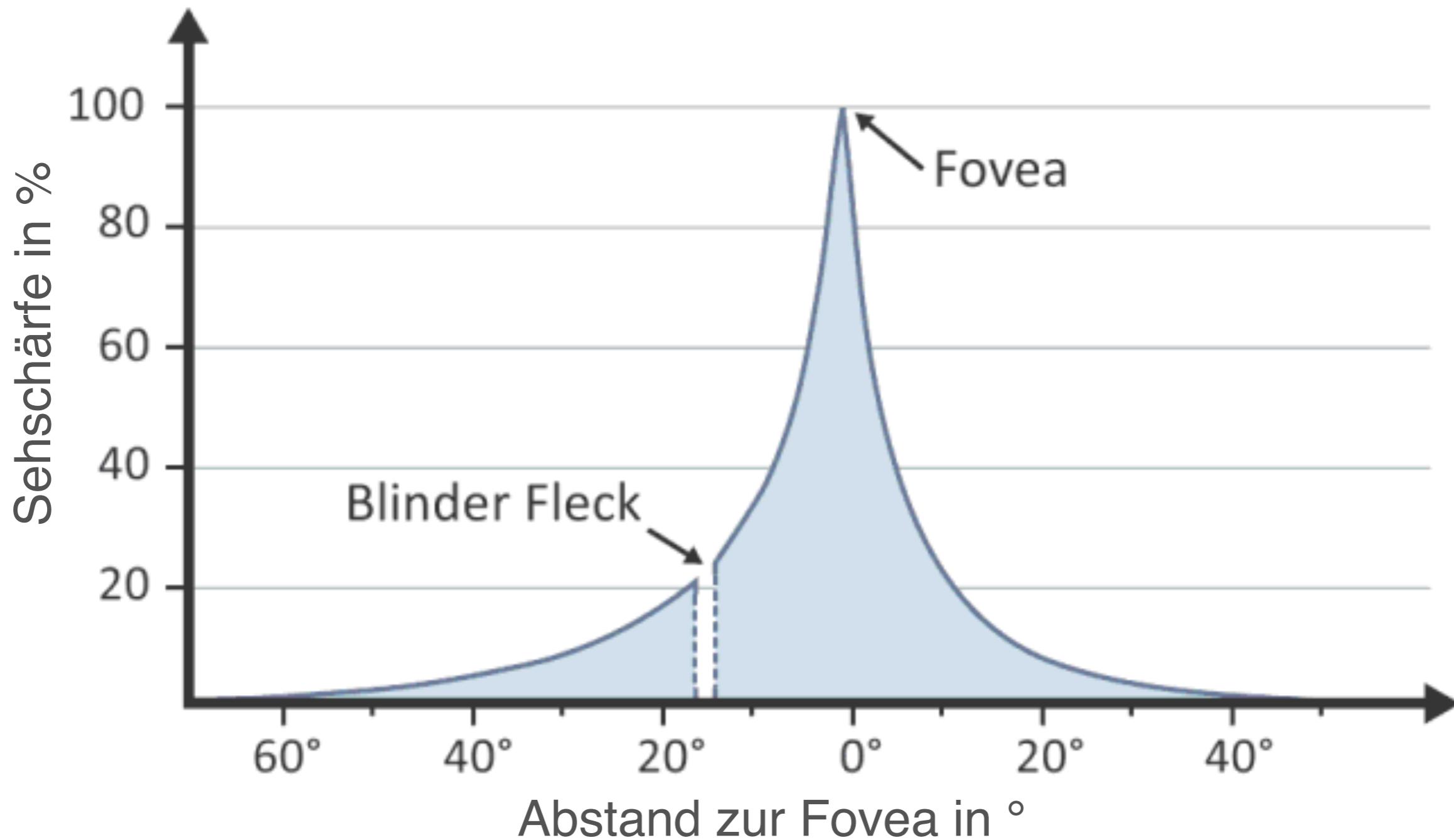


Zapfen (blau)
Stäbchen (rot)
Blinder Fleck (grau)

Sehschärfe

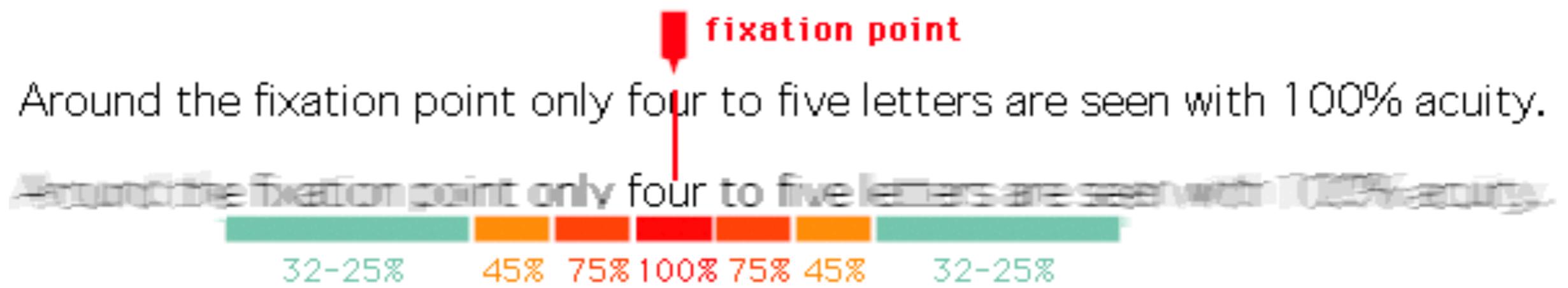
- **Sehschärfe** bezeichnet Fähigkeit Konturen und Muster zu erkennen
- **Sehschärfe** hängt ab vom Auflösungsvermögen, Abbildungsqualität, optischen Eigenschaften des Objekts und Umgebung (Kontrast, Farbe, Form des Objekts)

Foveales Sehen



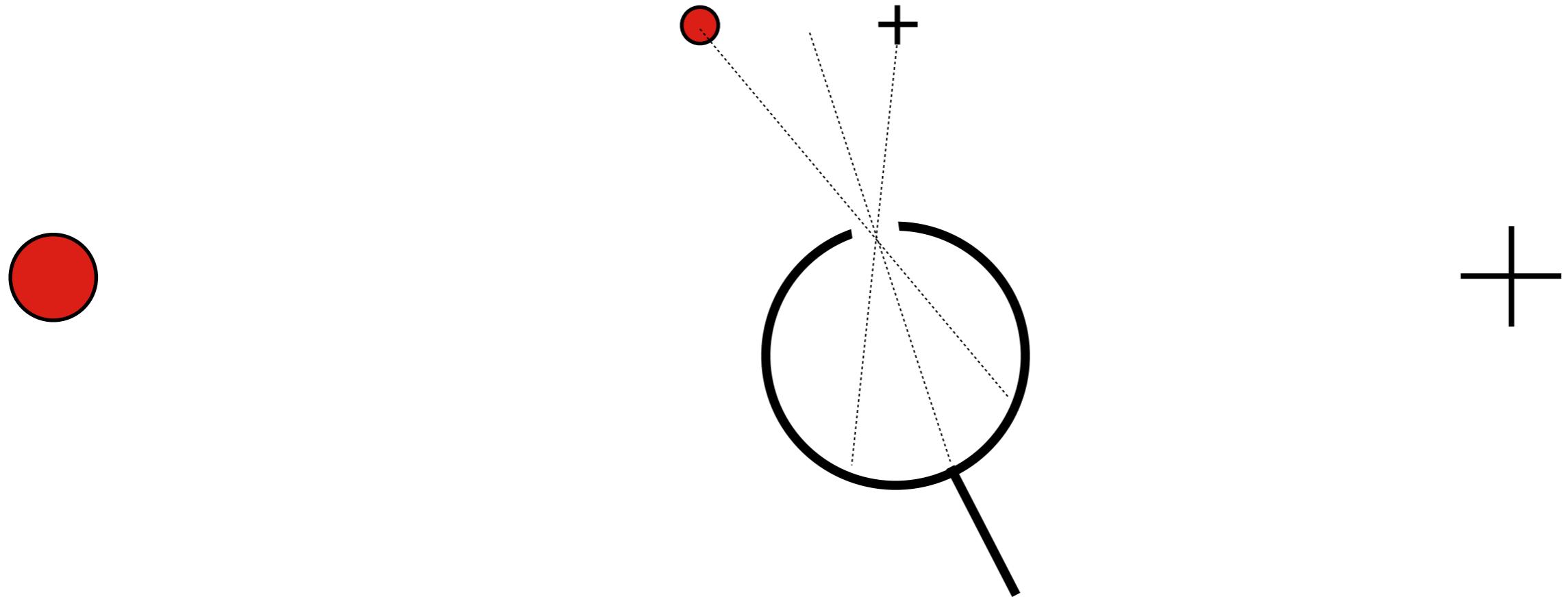
Foveales Sehen

Beispiel: Lesen



Demonstration

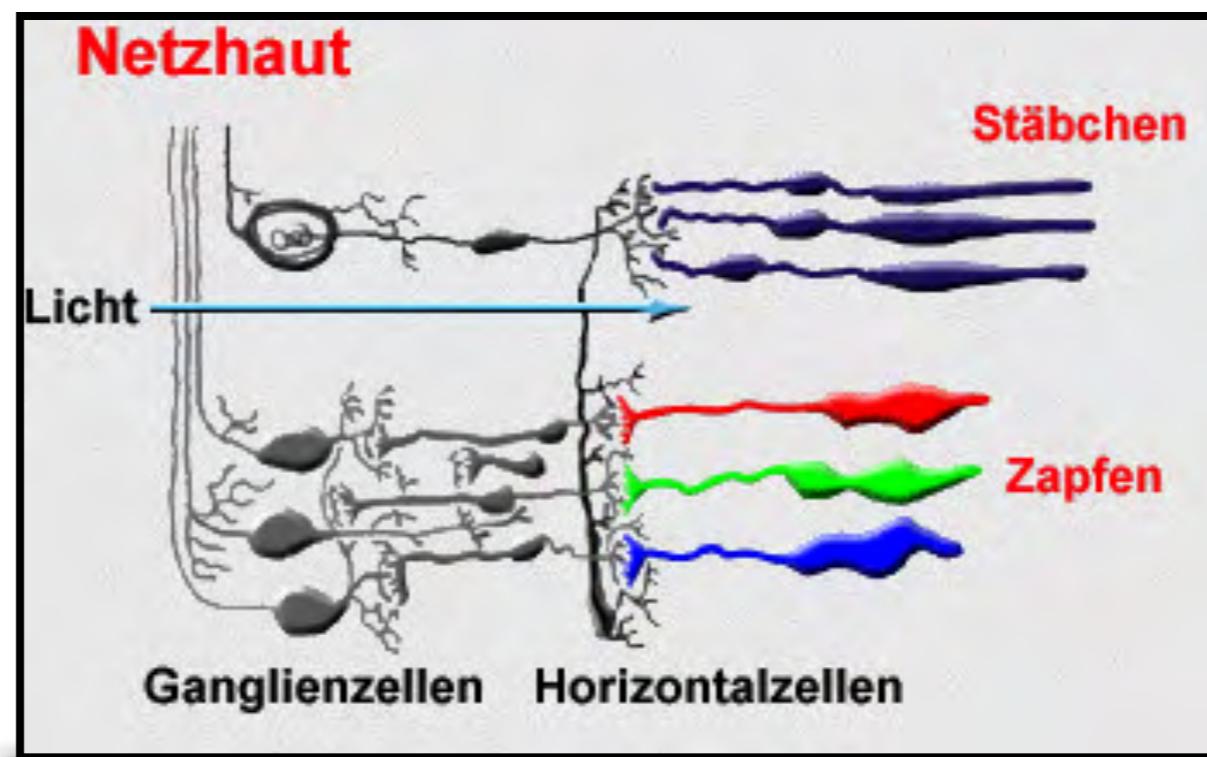
Bsp: Blinder Fleck



Trichromatisches Sehen

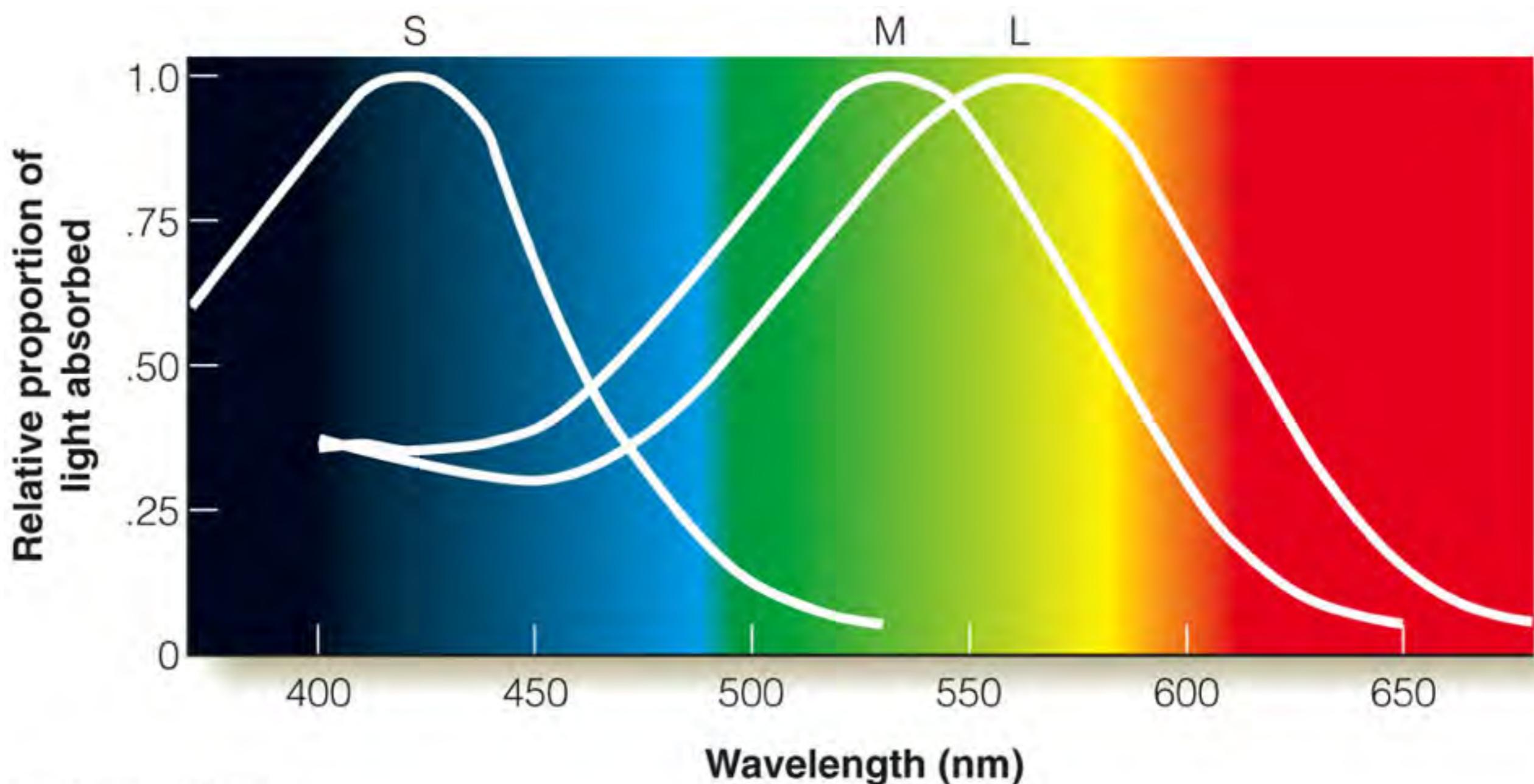
Zapfentypen

- **L-Typ:** lange (engl. *long*) Wellenlänge
- **M-Typ:** mittlere (engl. *medium*) Wellenlänge
- **S-Typ:** kurze (engl. *short*) Wellenlänge

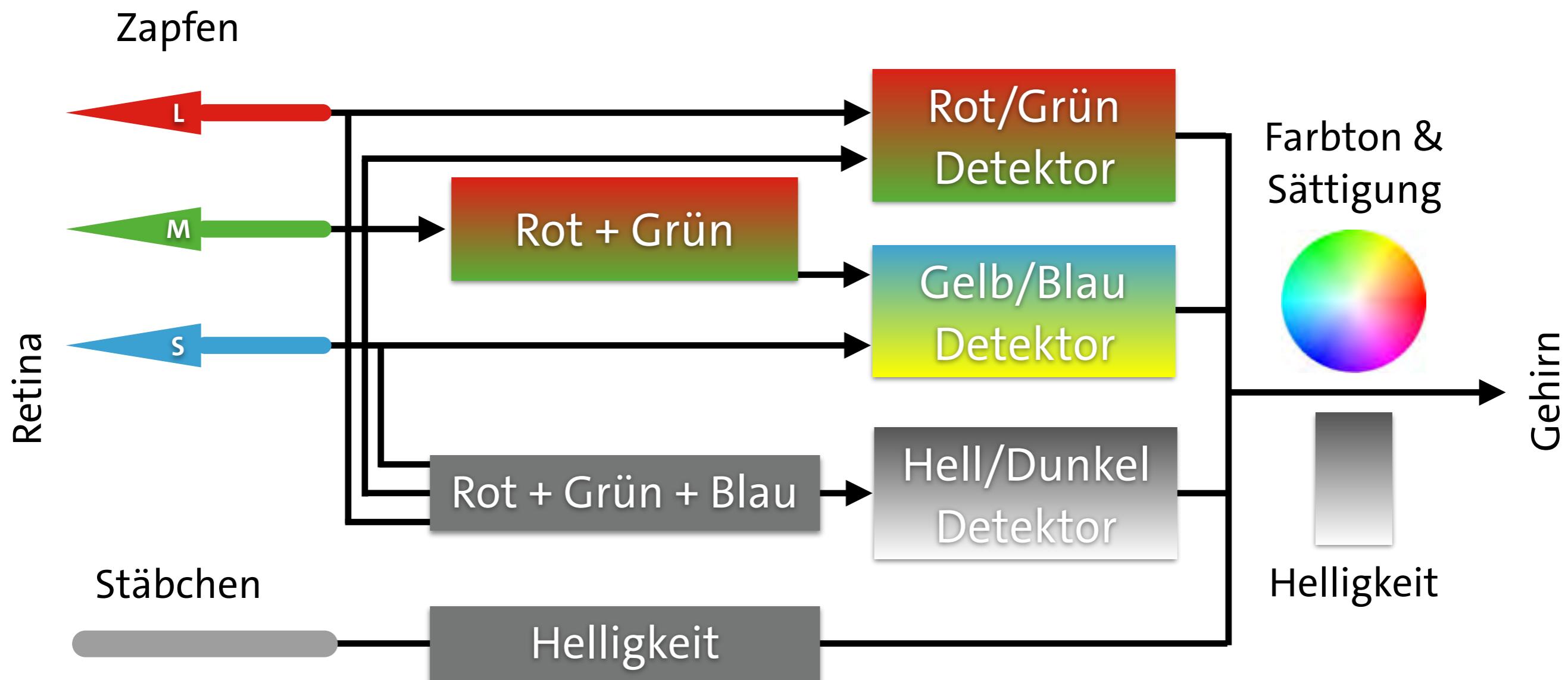


Zapfentypen

Spektralbereiche

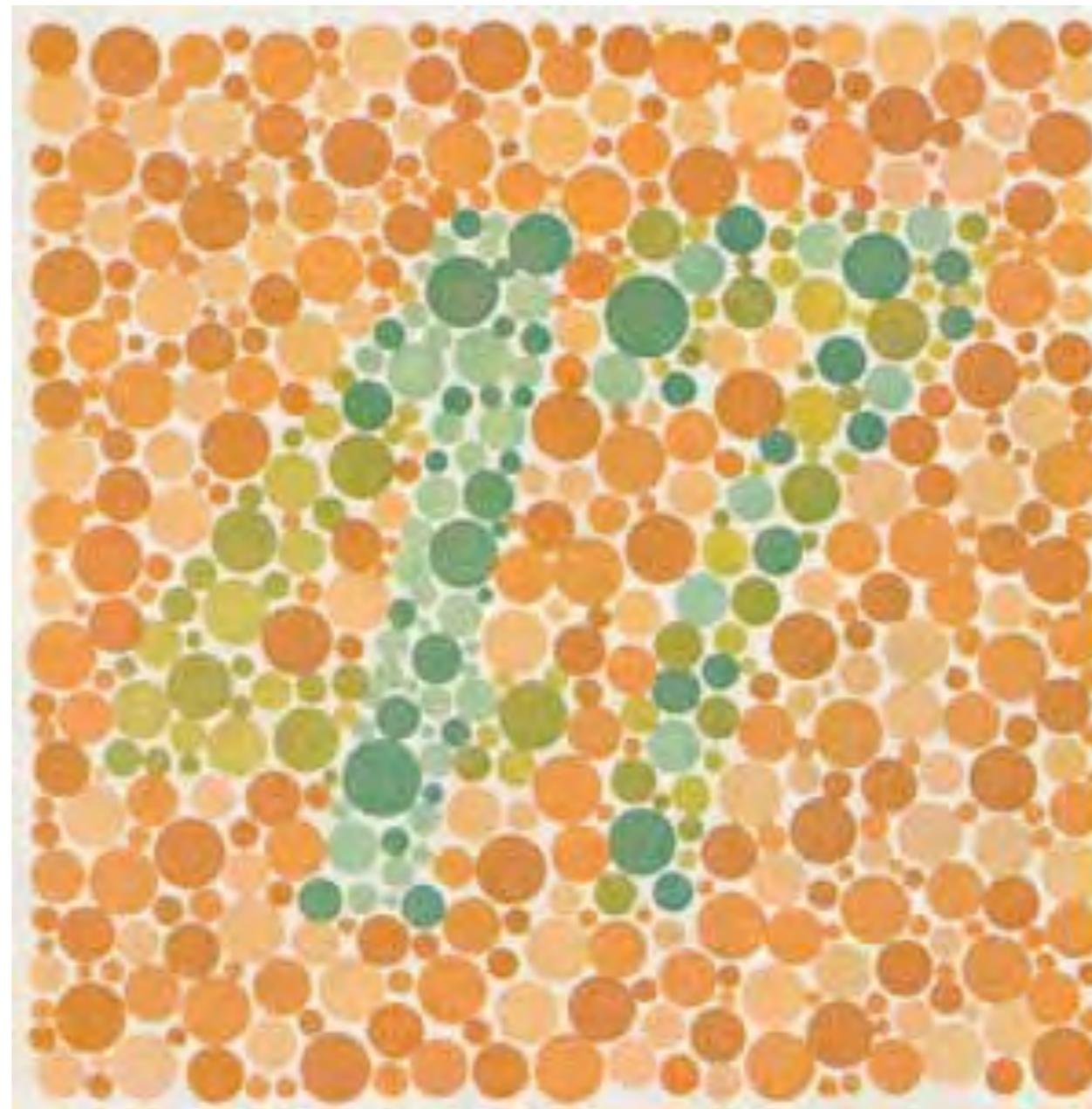


Retinale Verschaltung



Rot/Grün-Schwäche

Beispiel

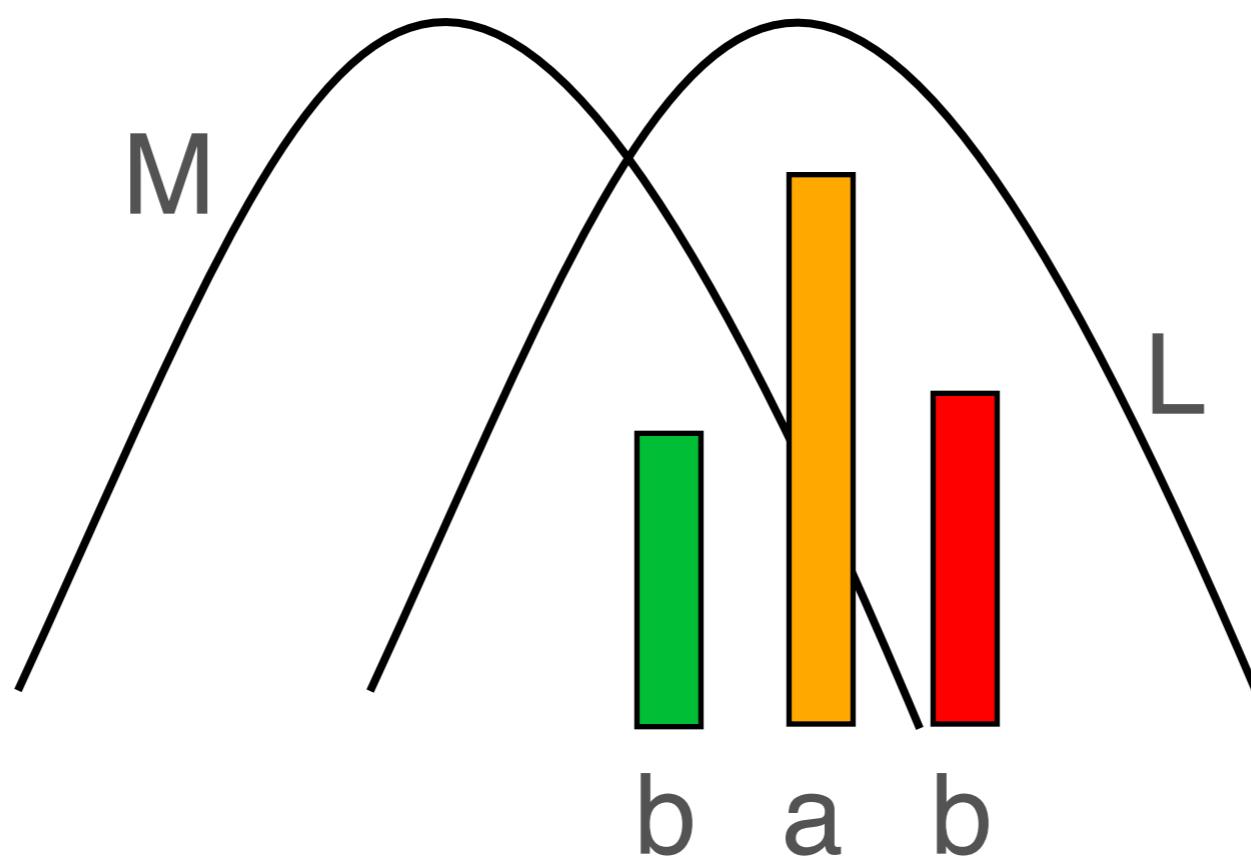


Dreifarbtentheorie

- Dreifarbtentheorie von Thomas Young und Hermann von Helmholtz besagt, dass jede von uns wahrnehmbare Farbe sich durch Kombination von Licht von nur **drei verschiedenen Wellenlängen** herstellen lässt

Farbwahrnehmung

- Sei a Licht einer Wellenlänge und b Signal aus zwei sich überlagernden Wellenlängen



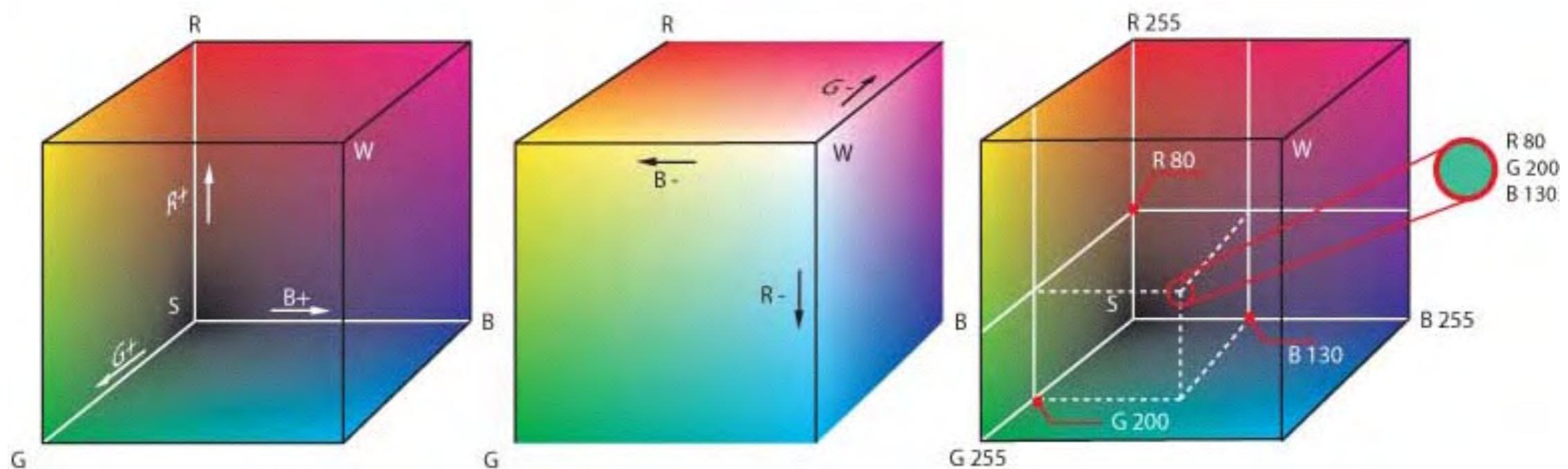
→ a und b liefern gleiches Orange

Farbaddition

- falls weder Stäbchen noch Zapfen durch Licht erregt werden, “sehen wir schwarz”
- werden alle Stäbchen und Zapfen erregt, “sehen wir weiss”
- additive Farbmischung: Hinzufügen von Licht, um einzelne Farben (und schließlich weißes Licht) darzustellen

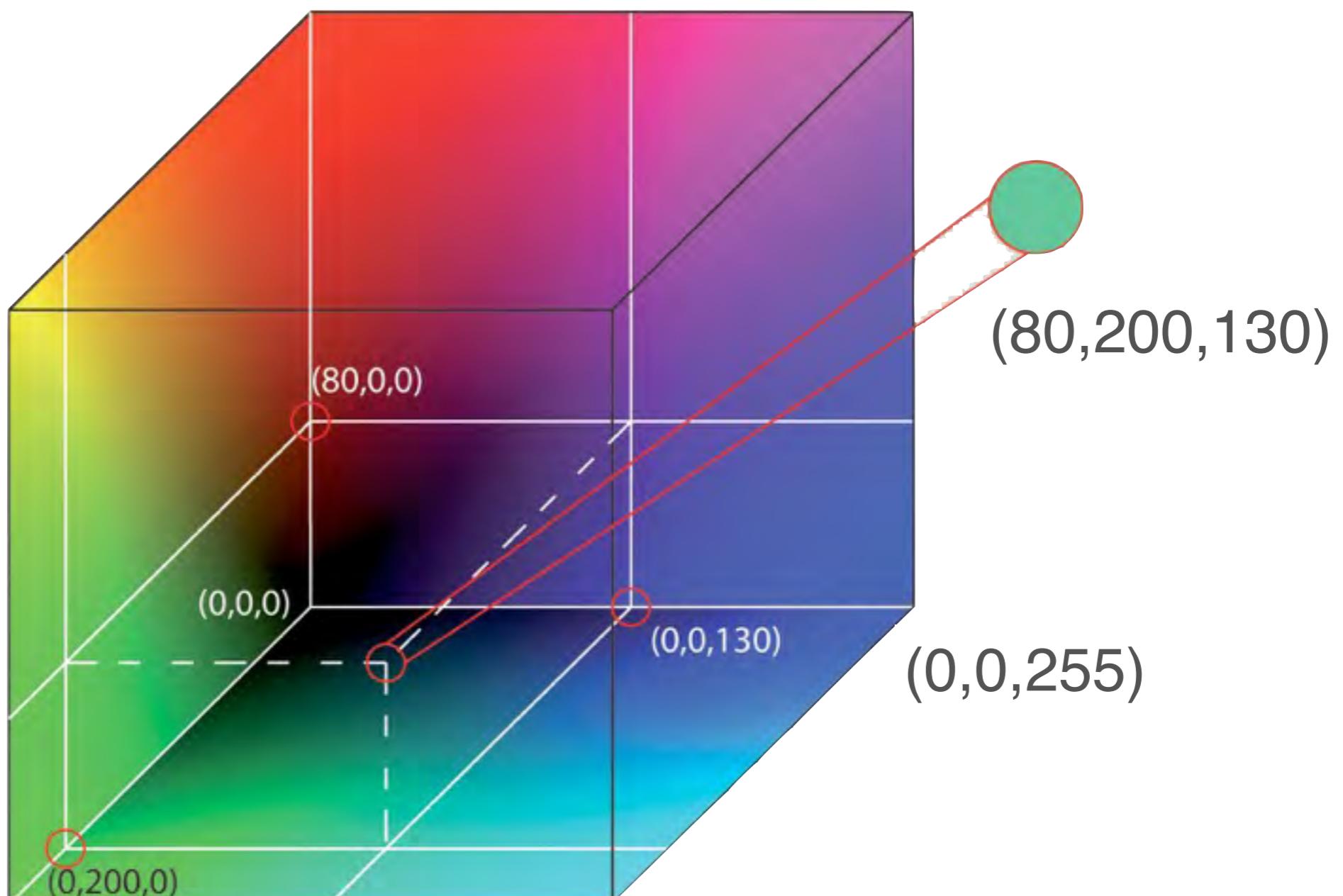
RGB-Farbmodell

- RGB-Farbmodell verwendet drei Primärfarben “Rot”, “Grün” und “Blau”, um Farben additiv darzustellen



RGB-Farbmödell

(255,0,0)



(0,255,0)

|

0

|

0

|

0

Wie viele Bit werden benötigt um 256 unterschiedliche Zustände darzustellen?

A 2

B 6

C 4

D 8

BIT#: 7 6 5 4 3 2 1 0



VALUE: 2^7 2^6 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0
 128 64 32 16 8 4 2 1

Wie viele Bit werden benötigt um 256 unterschiedliche Zustände darzustellen?

A 2

B 6

C 4

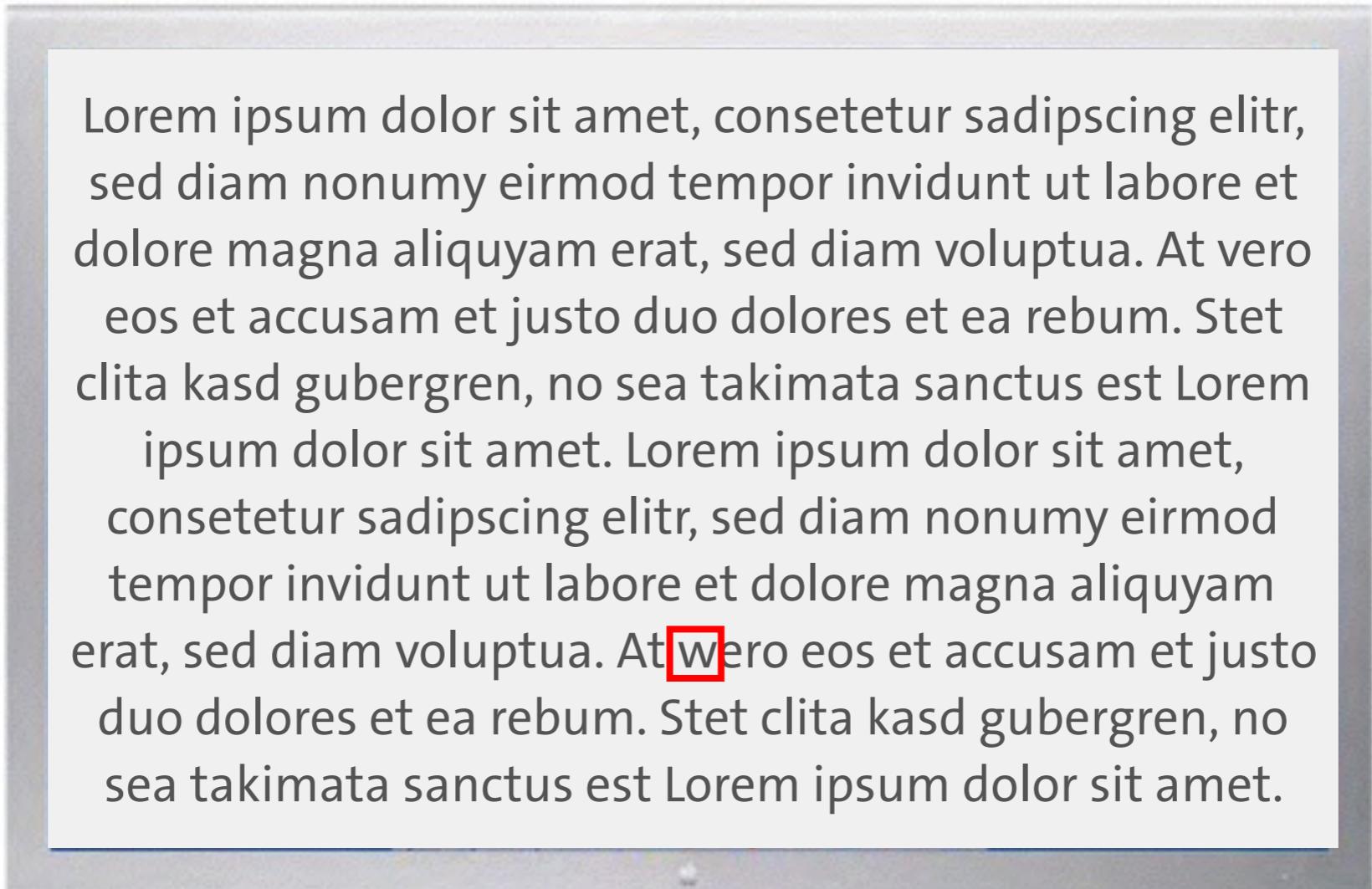
D 8



Subpixel

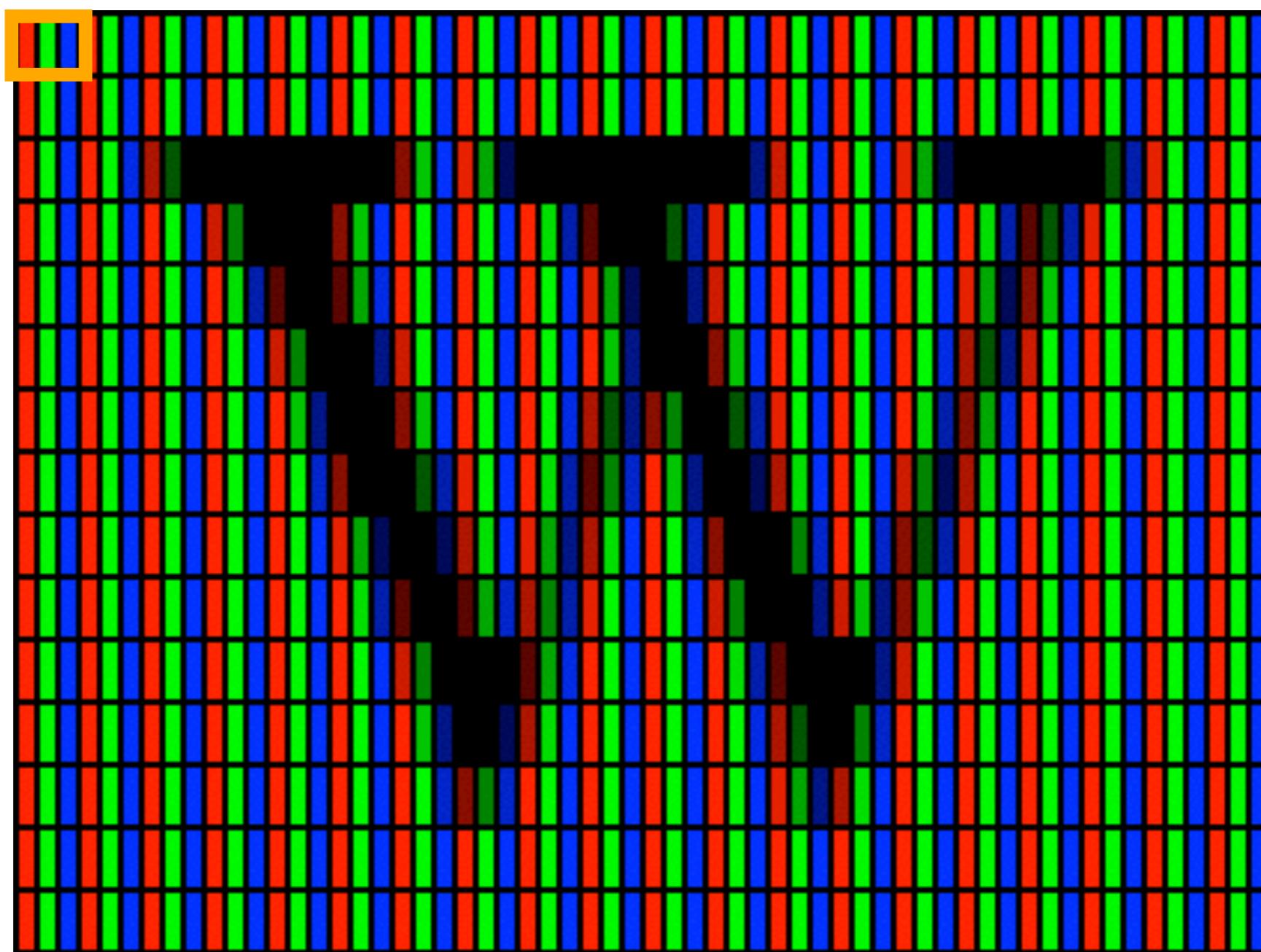
- Subpixel bezeichnen (Teil-)Pixel aus denen sich bei Computermonitoren Grundfarben Rot, Grün und Blau zusammensetzen
- drei Subpixel für Rot, Grün und Blau erzeugen Farbwahrnehmung

Subpixel Beispiel

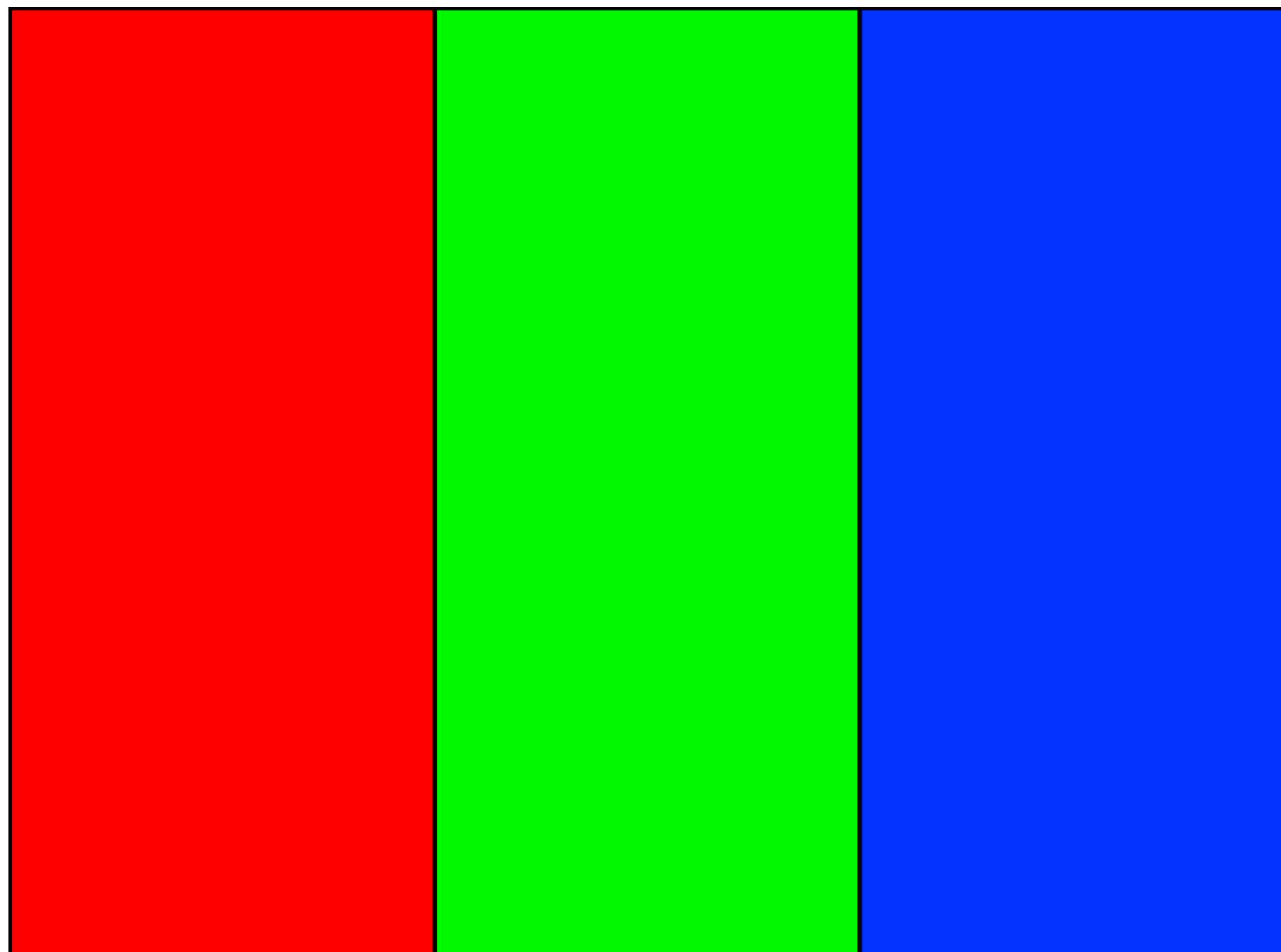


Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr,
 sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et
 dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero
 eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet
 clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem
 ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet,
 consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod
 tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam
 erat, sed diam voluptua. At wero eos et accusam et justo
 duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no
 sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

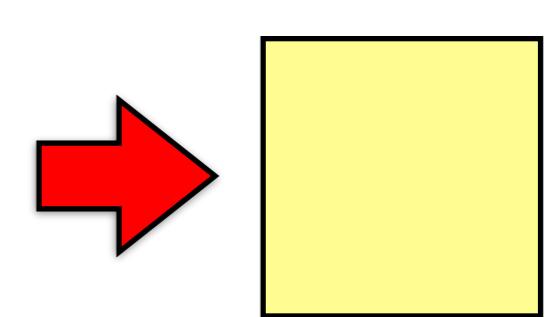
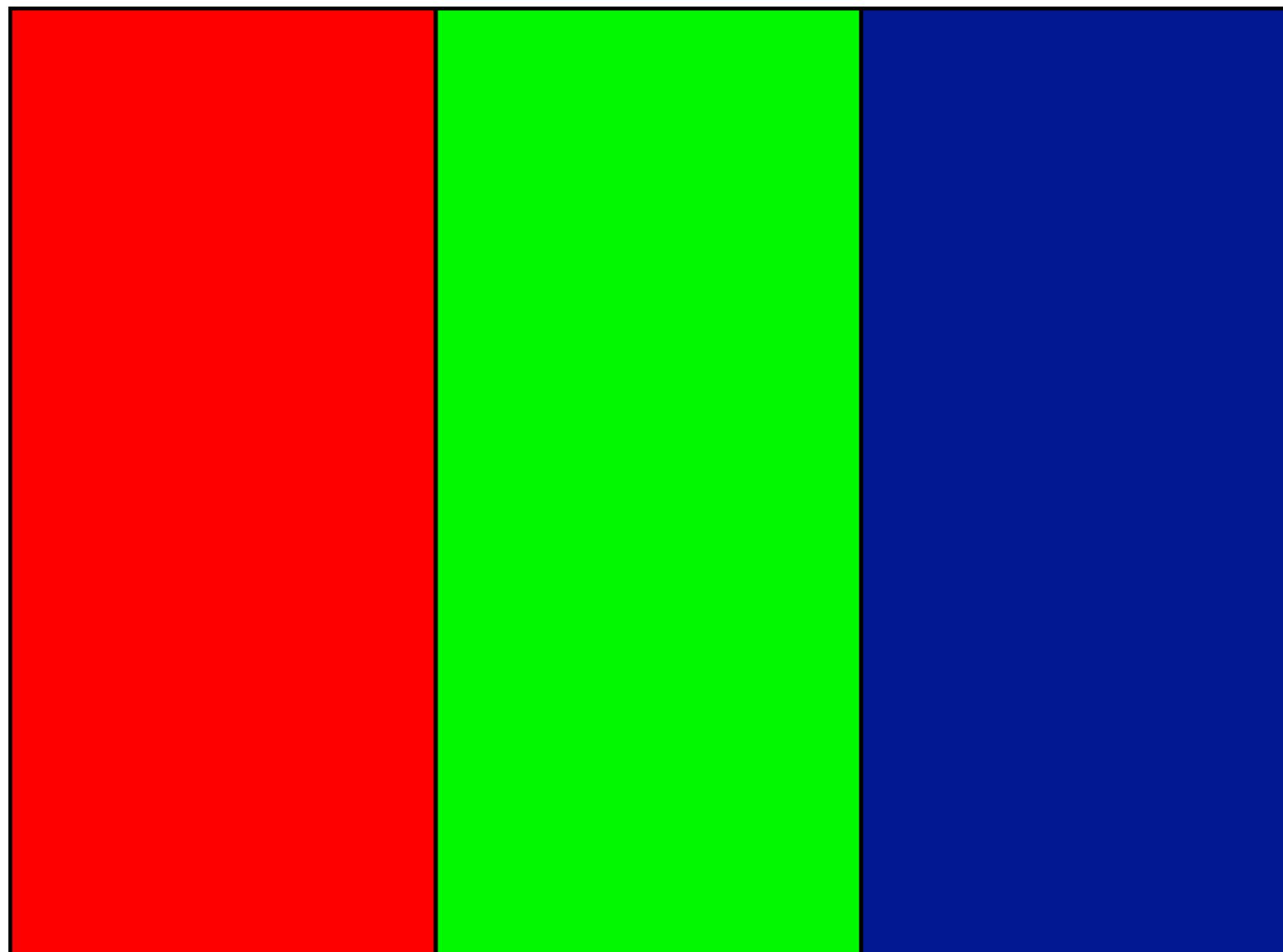
Subpixel Beispiel



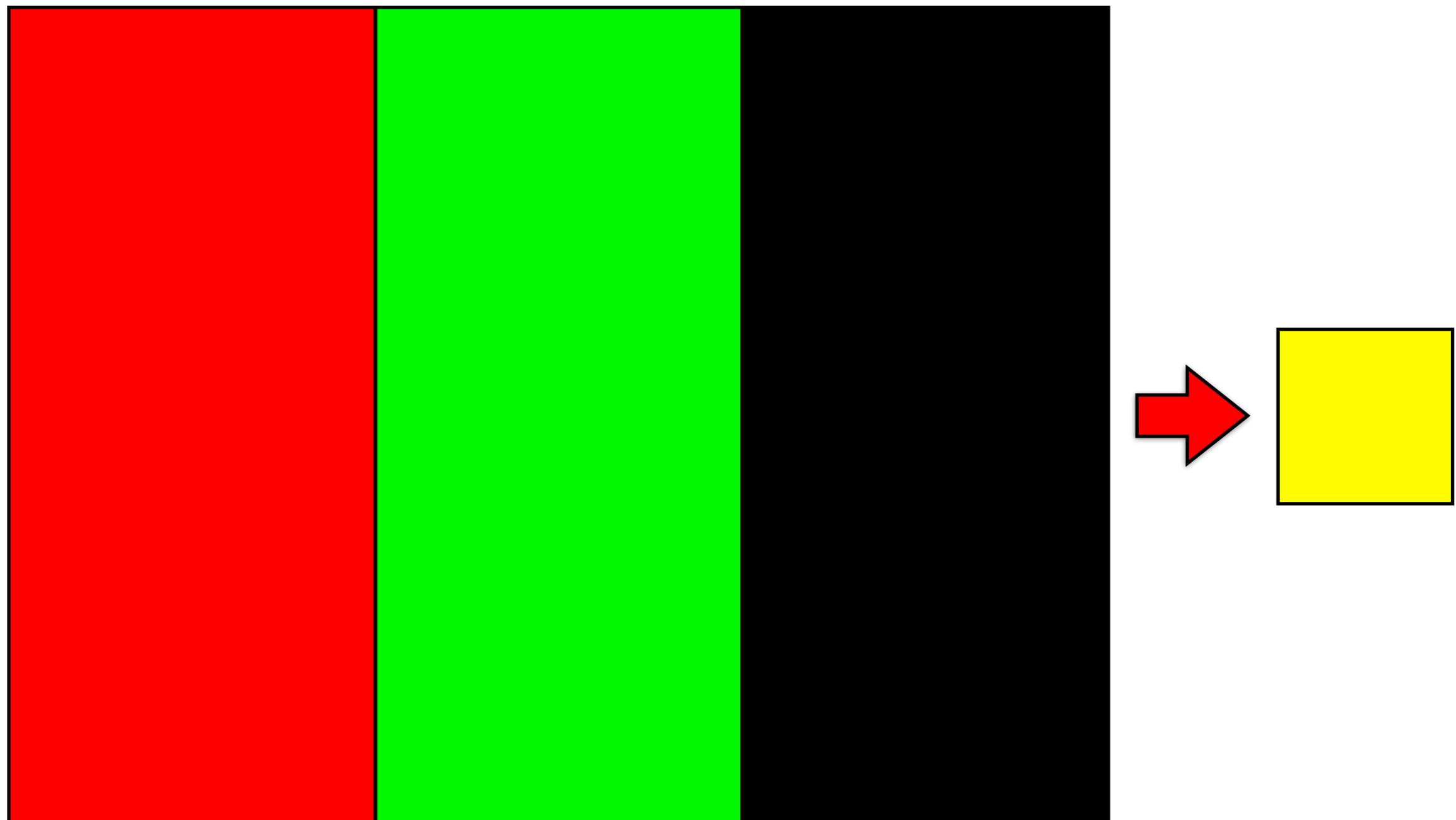
Subpixel Beispiel



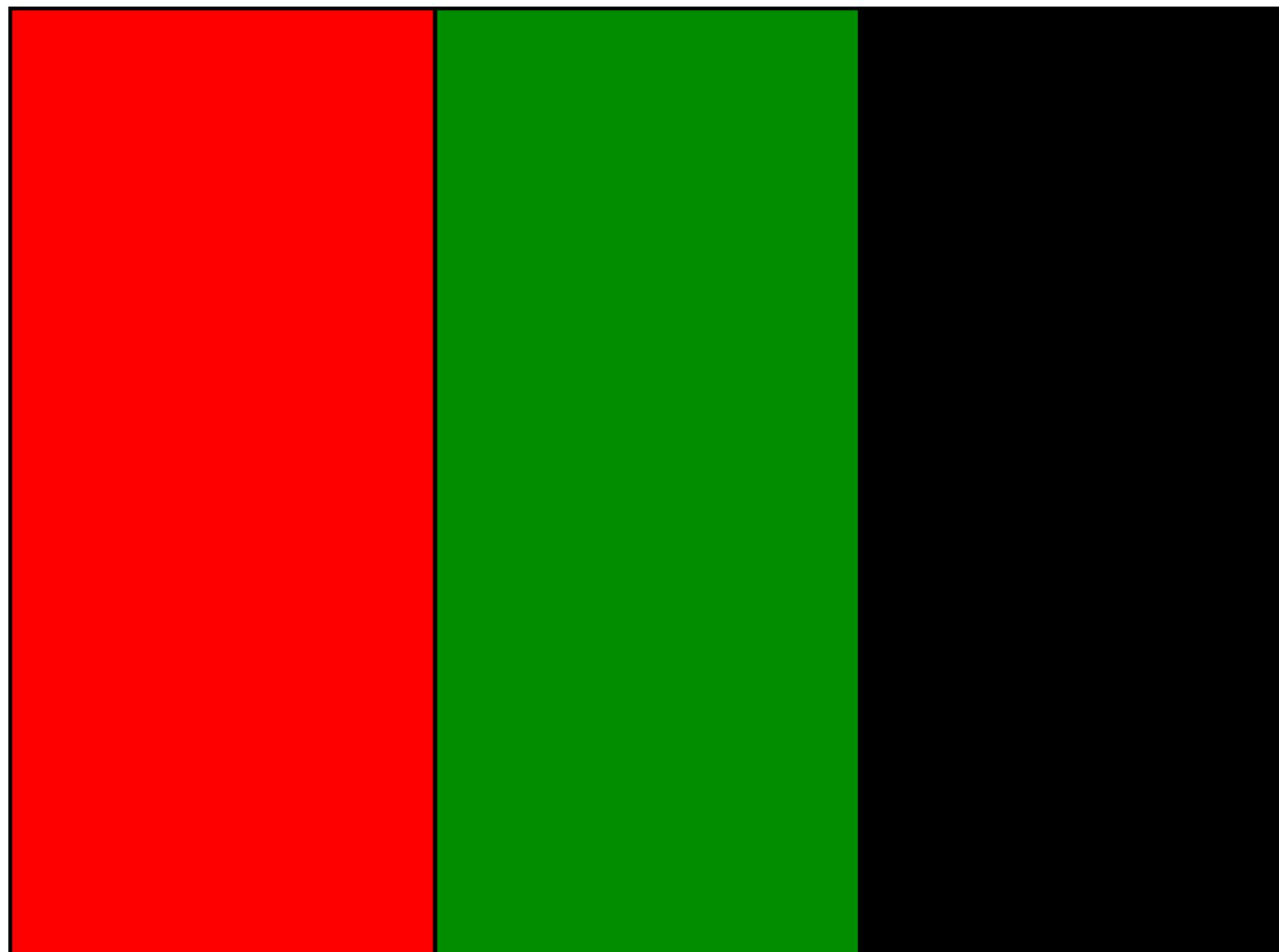
Subpixel Beispiel



Subpixel Beispiel



Subpixel Beispiel



Subpixel Beispiel



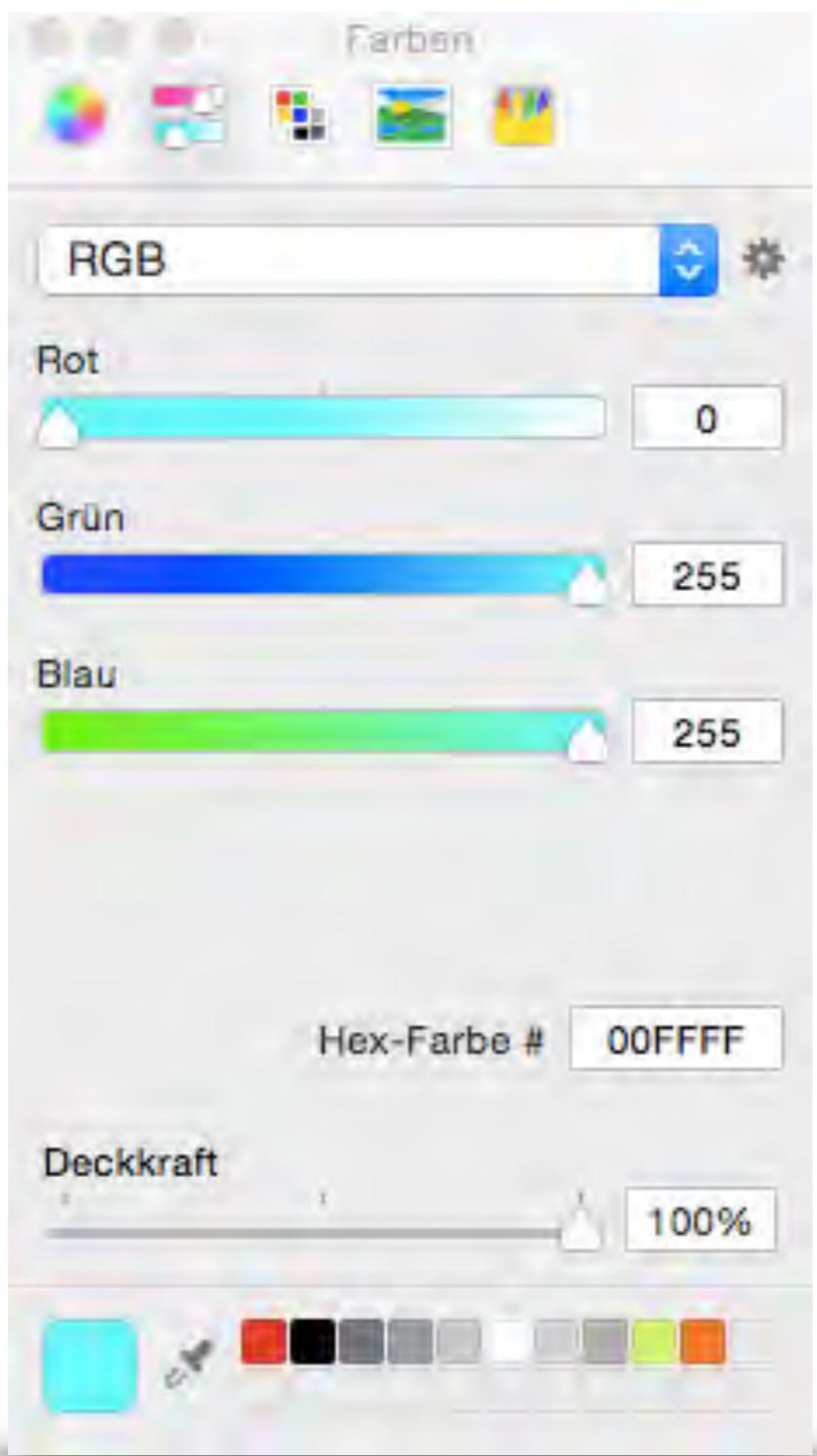
Subpixel Beispiel



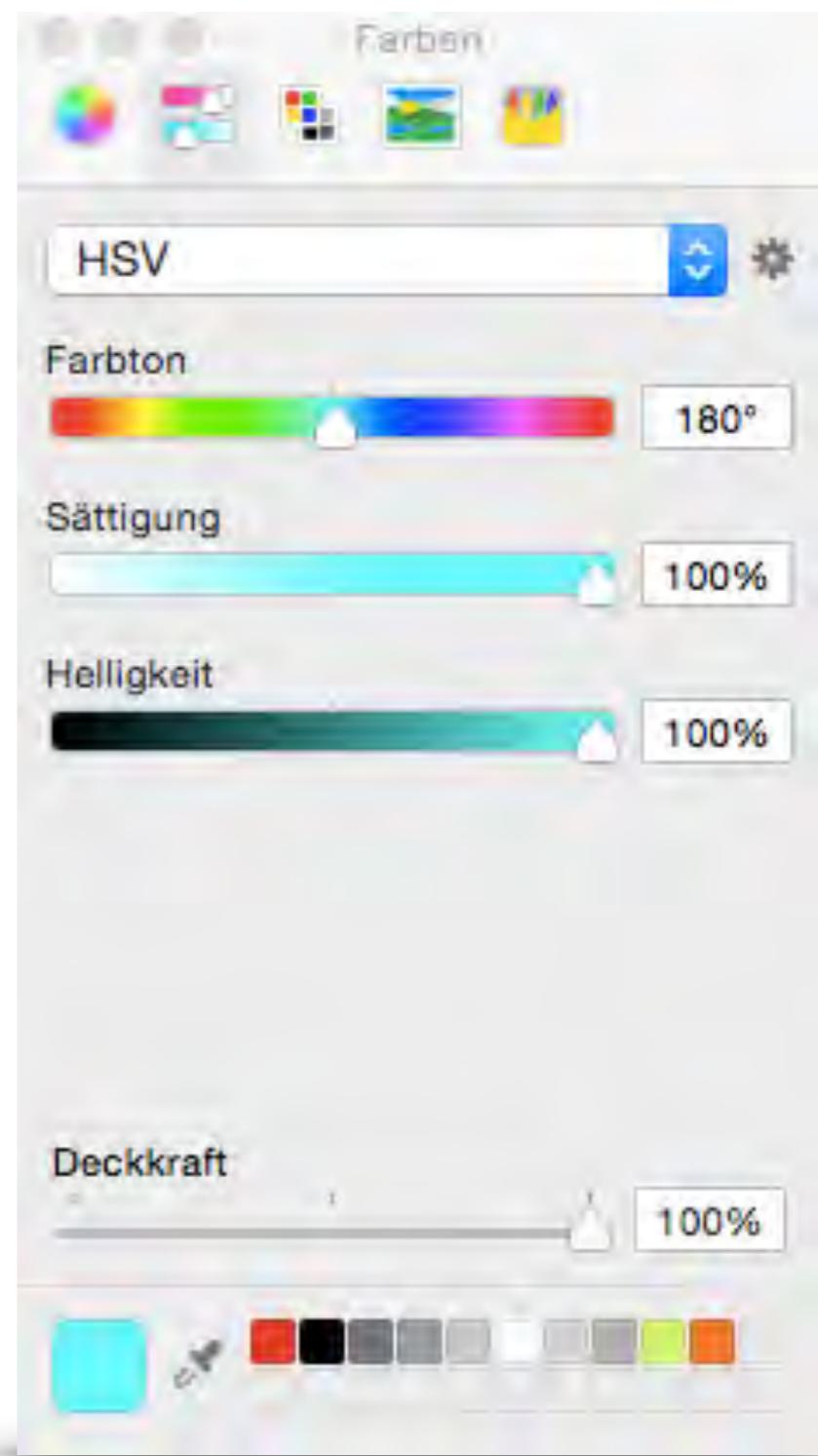
RGB-Kanäle

Beispiel





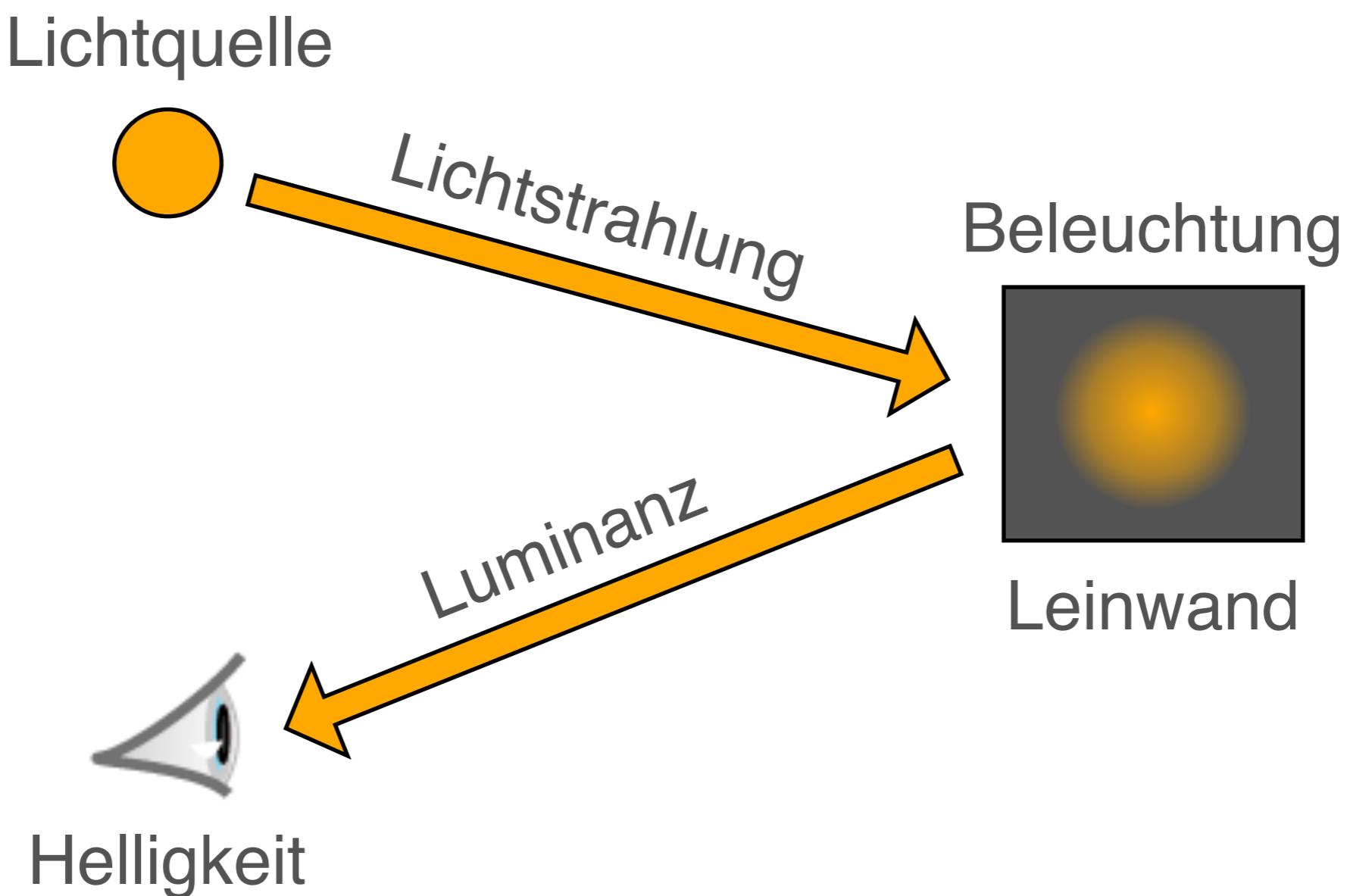
RGB-Farbmodell



HSV-Farbmodell

Helligkeit & Kontrast

Begriffe



Helligkeit & Kontrast

Begriffe

- Betrag der Lichtenergie, der Lichtquelle verlässt, bestimmt **Strahlung (Radiance)**
- auf Leinwand fallendes Licht bestimmt **Beleuchtung (Illuminance)**
- von Leinwand reflektiertes Licht (**Luminance**) bestimmt **Lichtstärke/Luminanz**
- wahrgenommener Eindruck wird **Helligkeit** genannt

Helligkeit

- **Helligkeit** hängt von Luminanz ab
- **Helligkeit** wird durch Stimulation der Stäbchen auf Netzhaut (insb. in Peripherie) hervorgerufen

Kontrast

- **Kontrast** ist Verhältnis von Luminanz eines Objekts zu dessen Hintergrund
- Definition als Reizverhältnis:

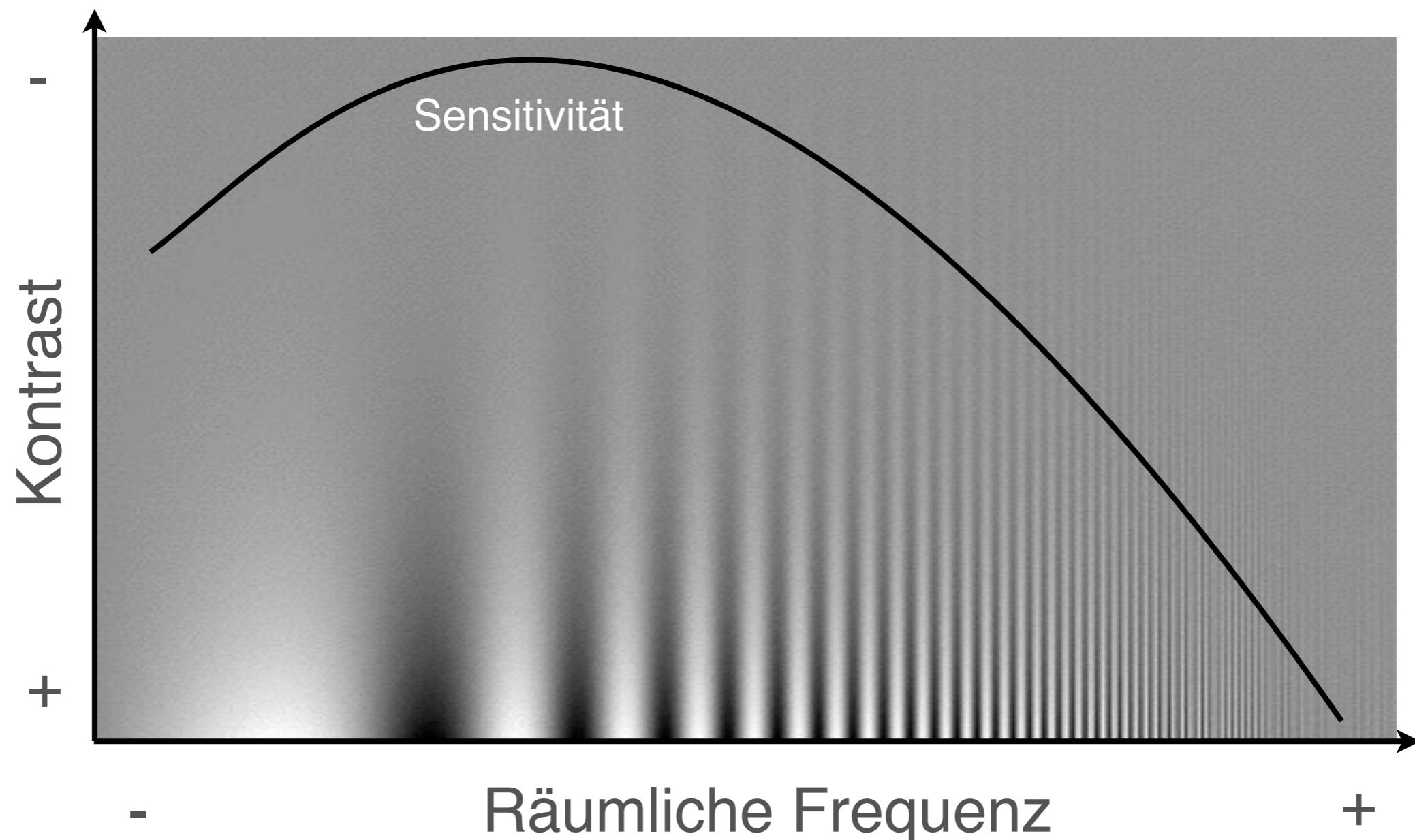
$$K = \frac{L_V - L_H}{L_H} = \frac{\Delta L}{L_H}$$

- L_V ist Luminanz des Vordergrund- und L_H Luminanz des Hintergrund-Reizes
- ΔL ist Differenz zwischen L_V und L_H

Kontrast

- **Kontrastsensitivität** liegt bei 1:200 bis 1:250
(d.h. Anzahl unterscheidbarer Graustufen)
- Iris adaptiert und reguliert Menge des einfallenden Lichts
- **Gesamtkontrast** wird auf 1:100.000 erhöht
(aber nicht gleichzeitig)

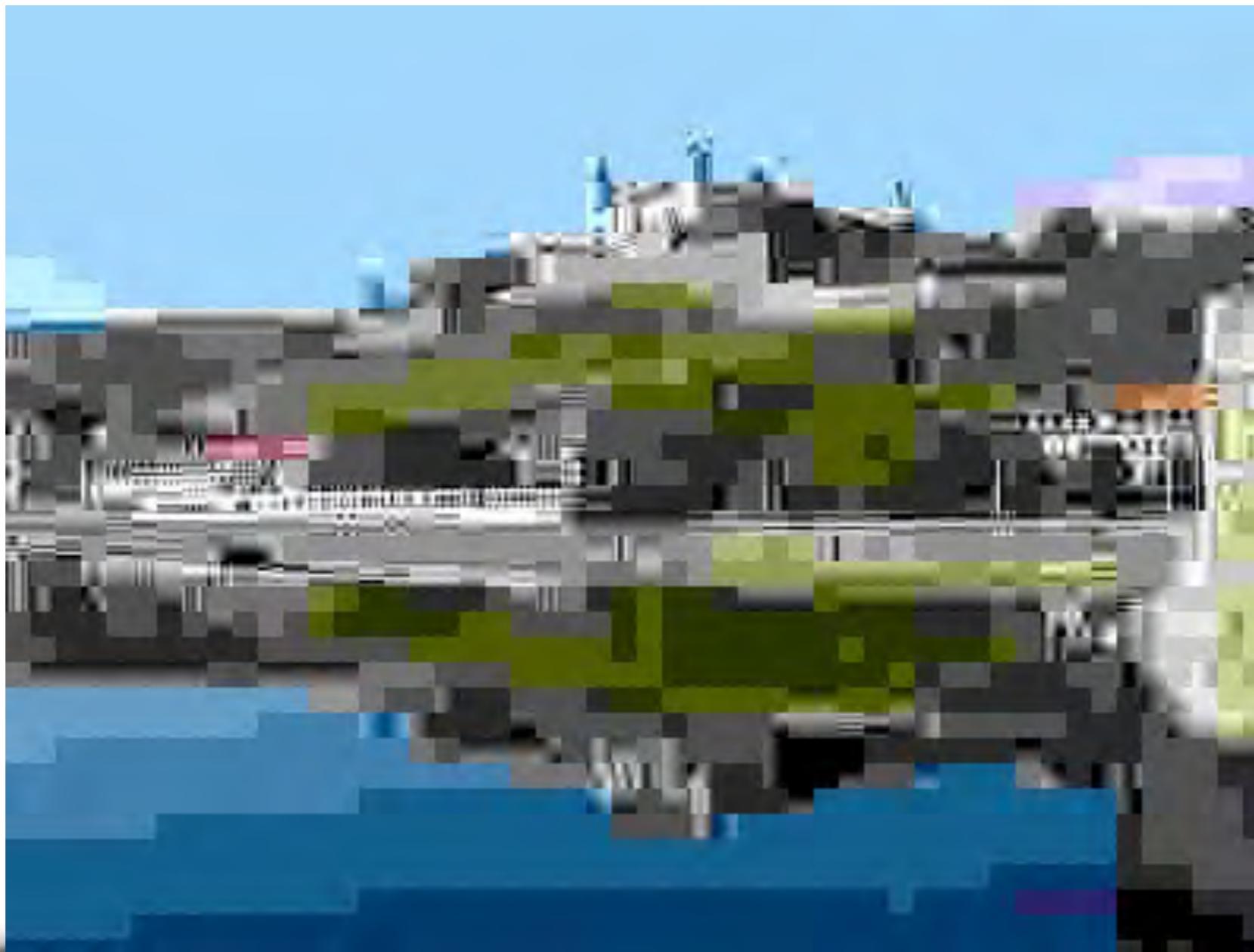
Kontrastwahrnehmung



F.W. Campbell, J.G. Robson: Application of Fourier analysis to the visibility of gratings
Journal of Physiology, 197, 1968

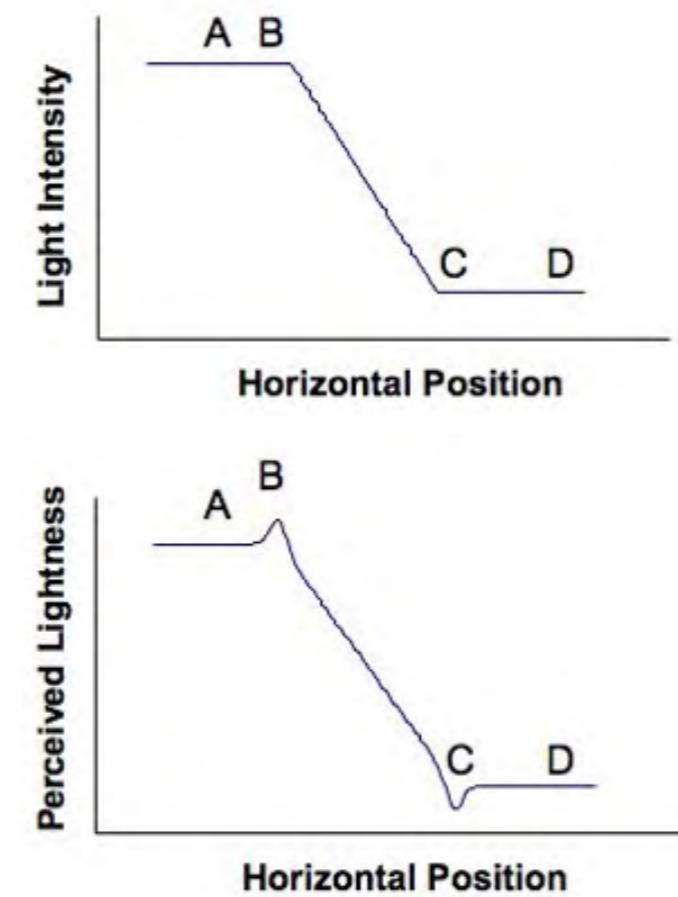
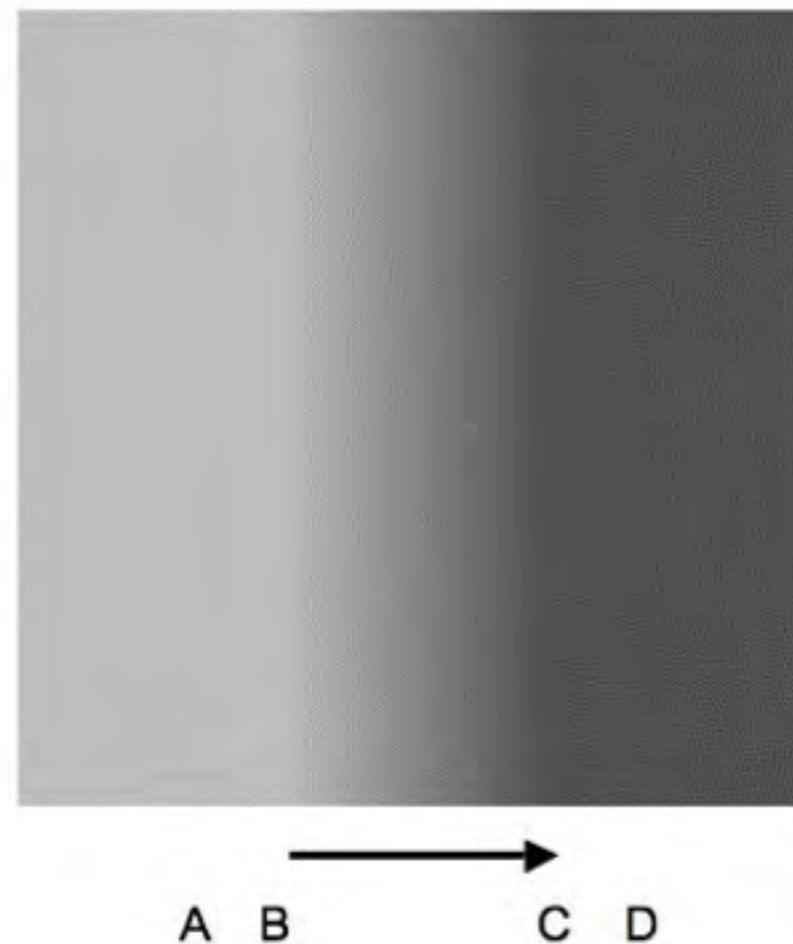
Fokus: IM

Bsp: JPEG-Komprimierung

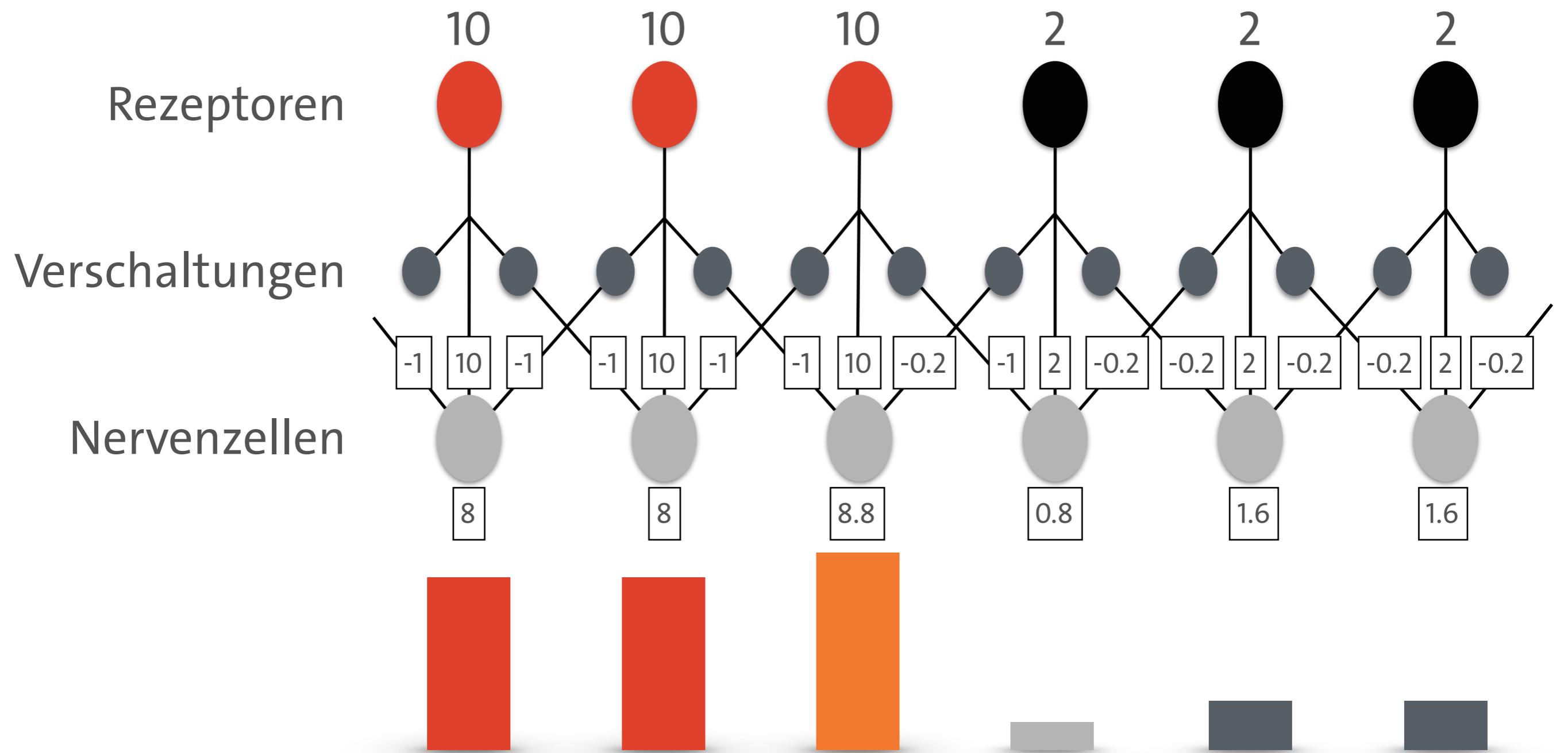


Machsche Bänder

- **Machsche Bänder** führen zur Wahrnehmung verstärkten Kontrasts zwischen Kanten leicht unterschiedlicher Schattierung

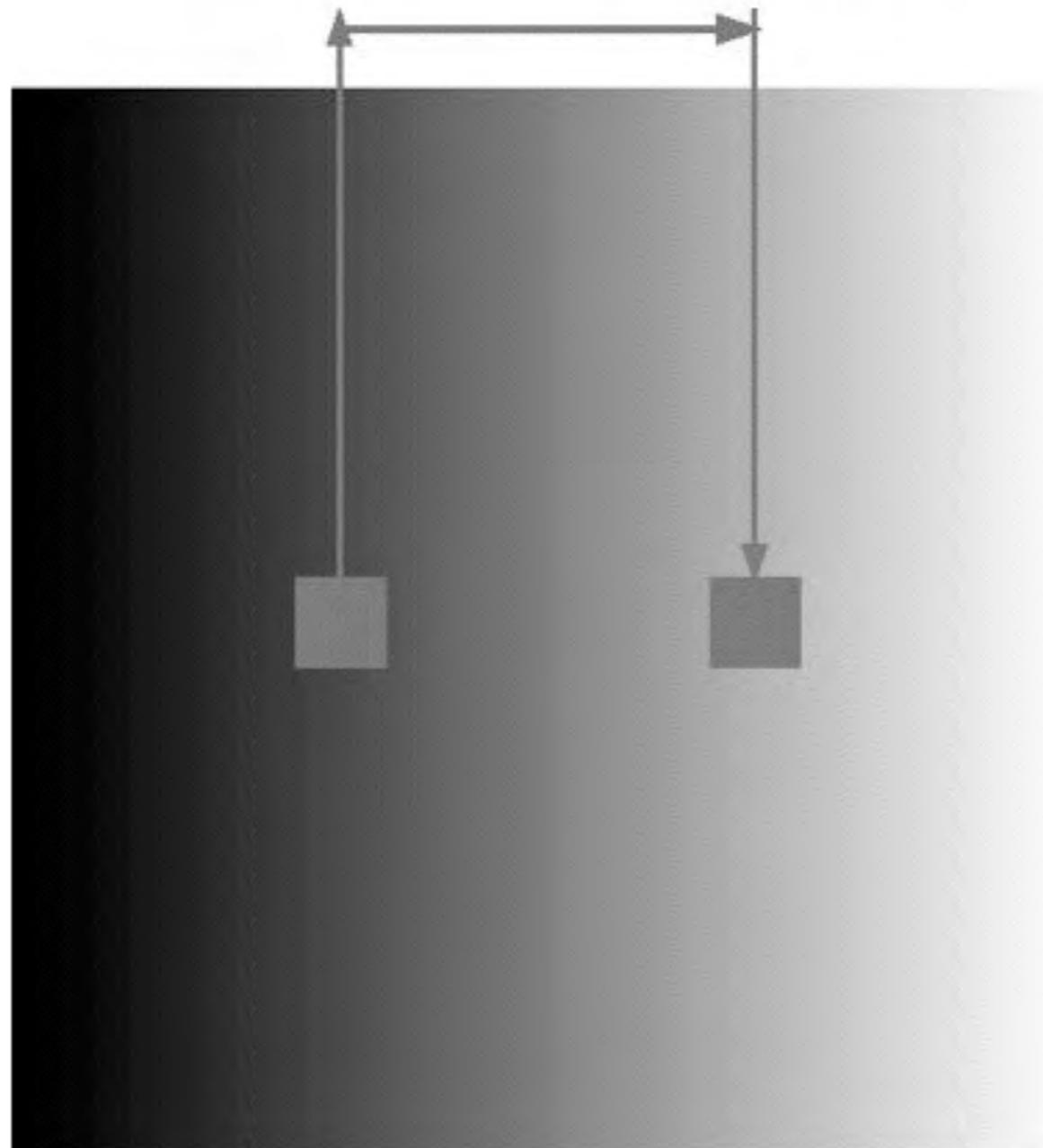


Laterale Hemmung



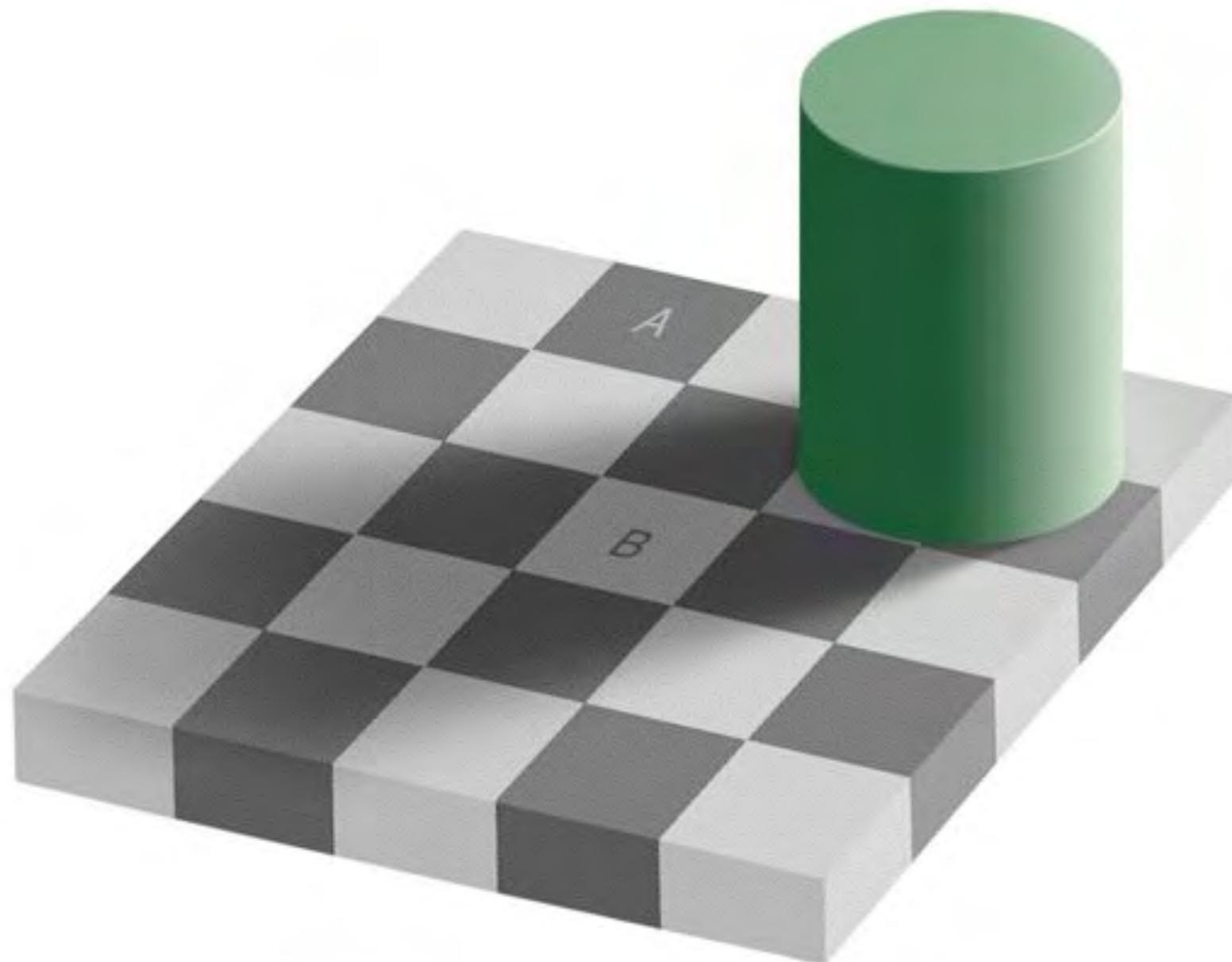
Kontrastillusionen

Beispiel



Kontrastillusionen

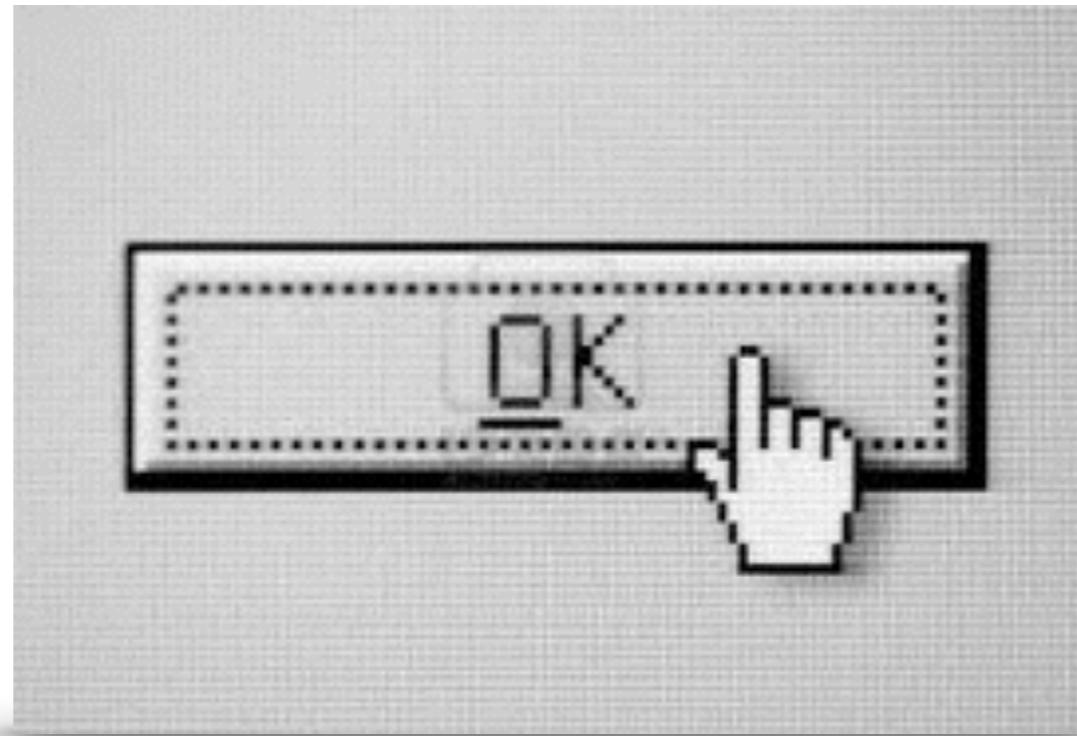
Beispiel: Schattenillusion



Fokus: IxD

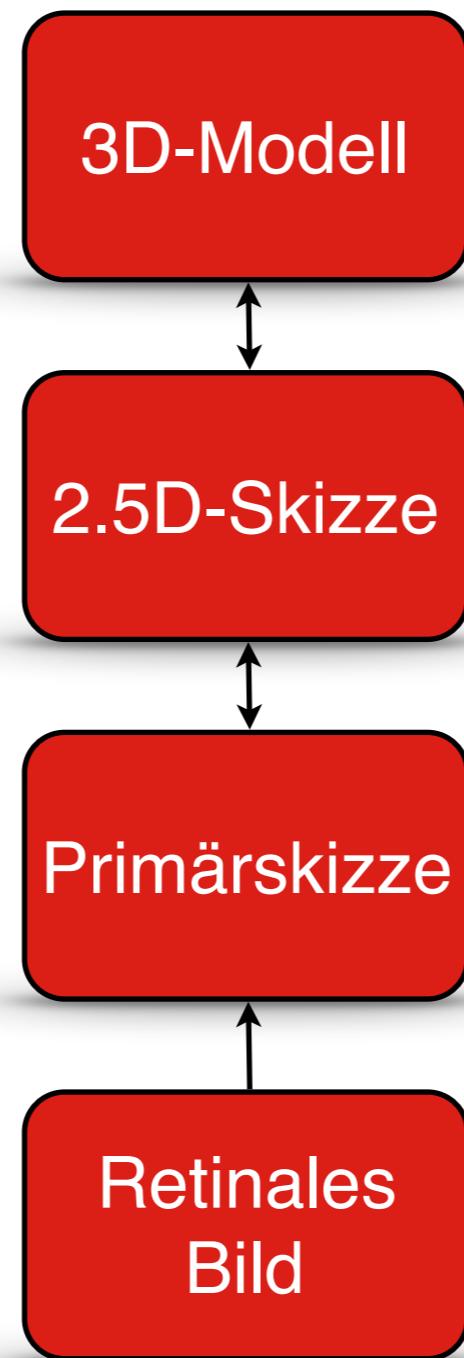
Simultankontrast im UI-Design

- Rahmen um Schaltfläche reduziert Simultankontrast
- Schaltflächen erscheinen alle in gleicher Farbe



Objekterkennung

Stufenmodell



D. Marr: Vision, 1982

Diskussion

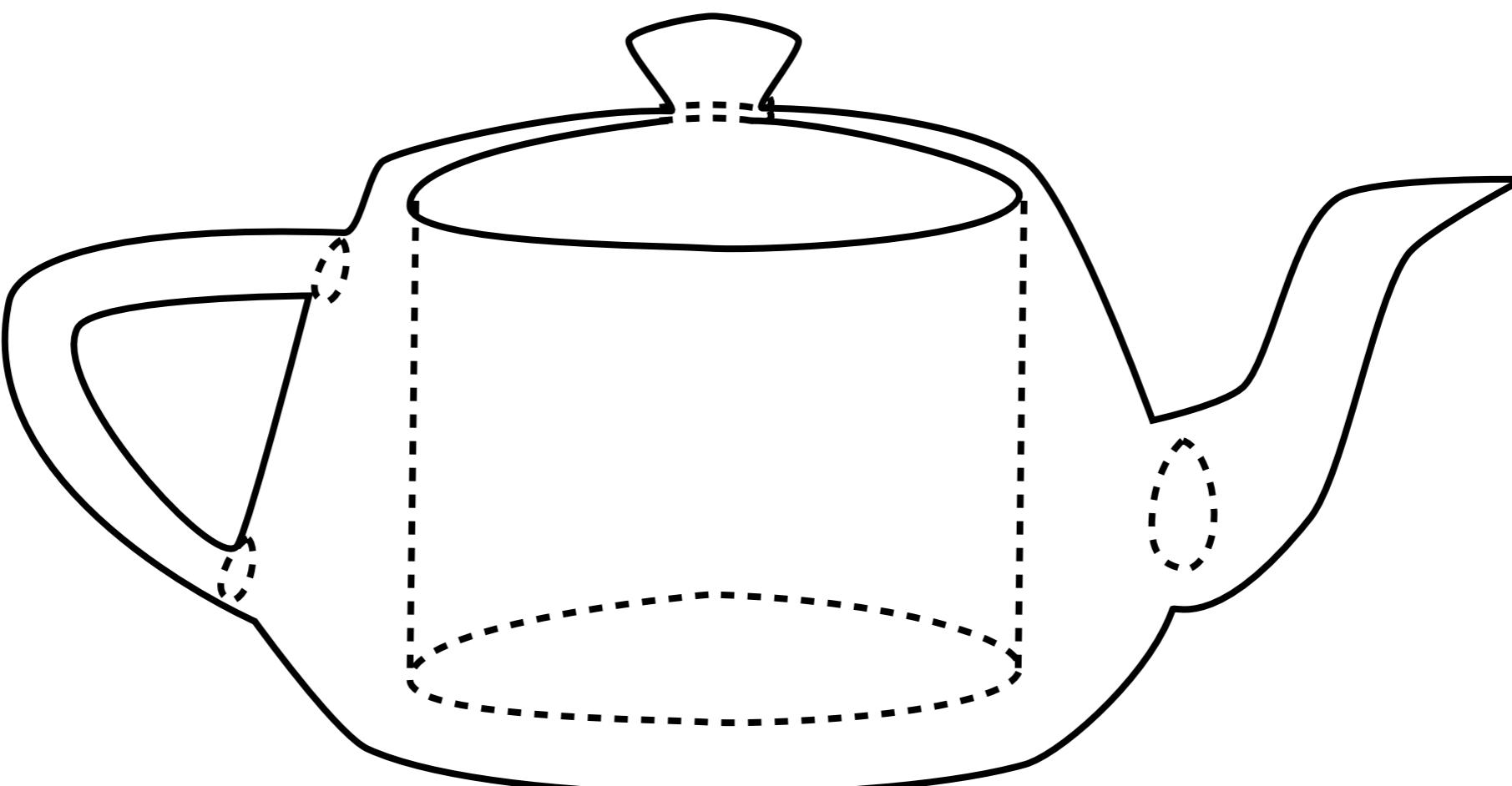


Welches Objekt wird hier dargestellt?



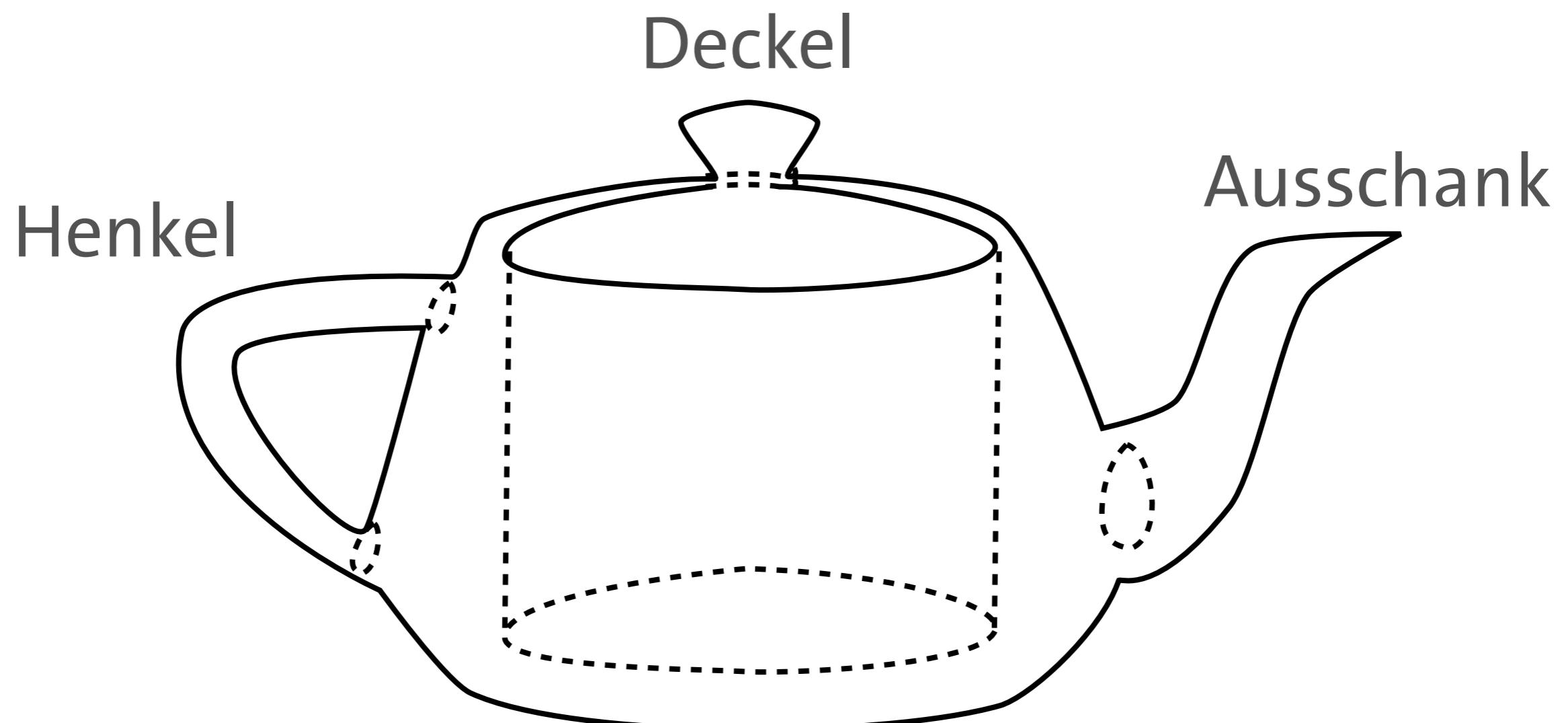
Objekterkennung

Bsp: Objekt Repräsentation



Objekterkennung

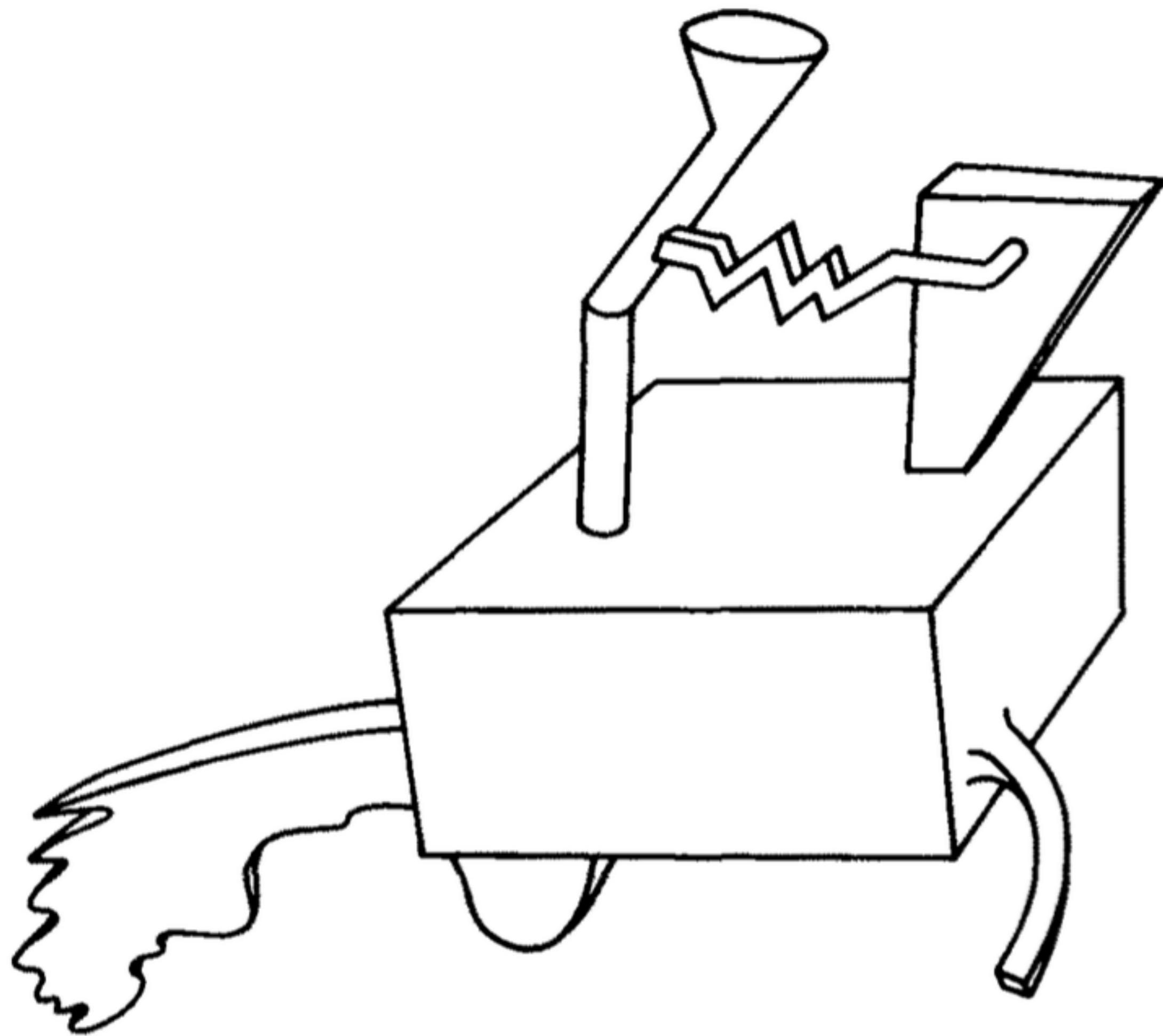
Bsp: Objekt Repräsentation



Diskussion



Welches Objekt wird hier dargestellt?



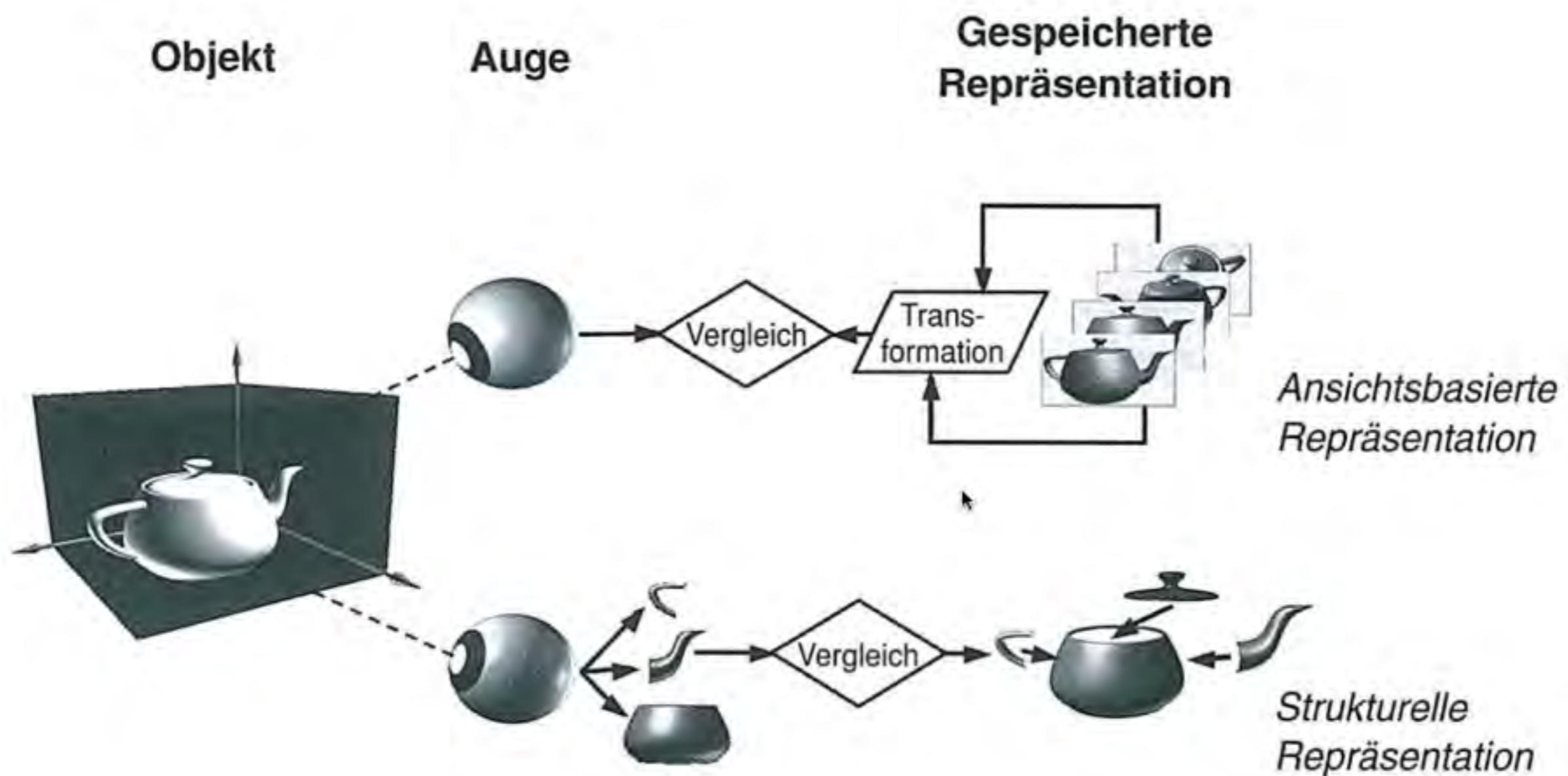
Objekterkennung

Erkennungsmodelle

- Alternative Erkennungsmodelle von 3D-Objekten im visuellen System:
 1. Ansichtsbasierte Erkennungsmodelle basieren auf interpolierten bildbasierten Repräsentationen
 2. Strukturelle Erkennungsmodelle beruhen auf strukturellen Beschreibungen von 3D-Objekten

Objekterkennung

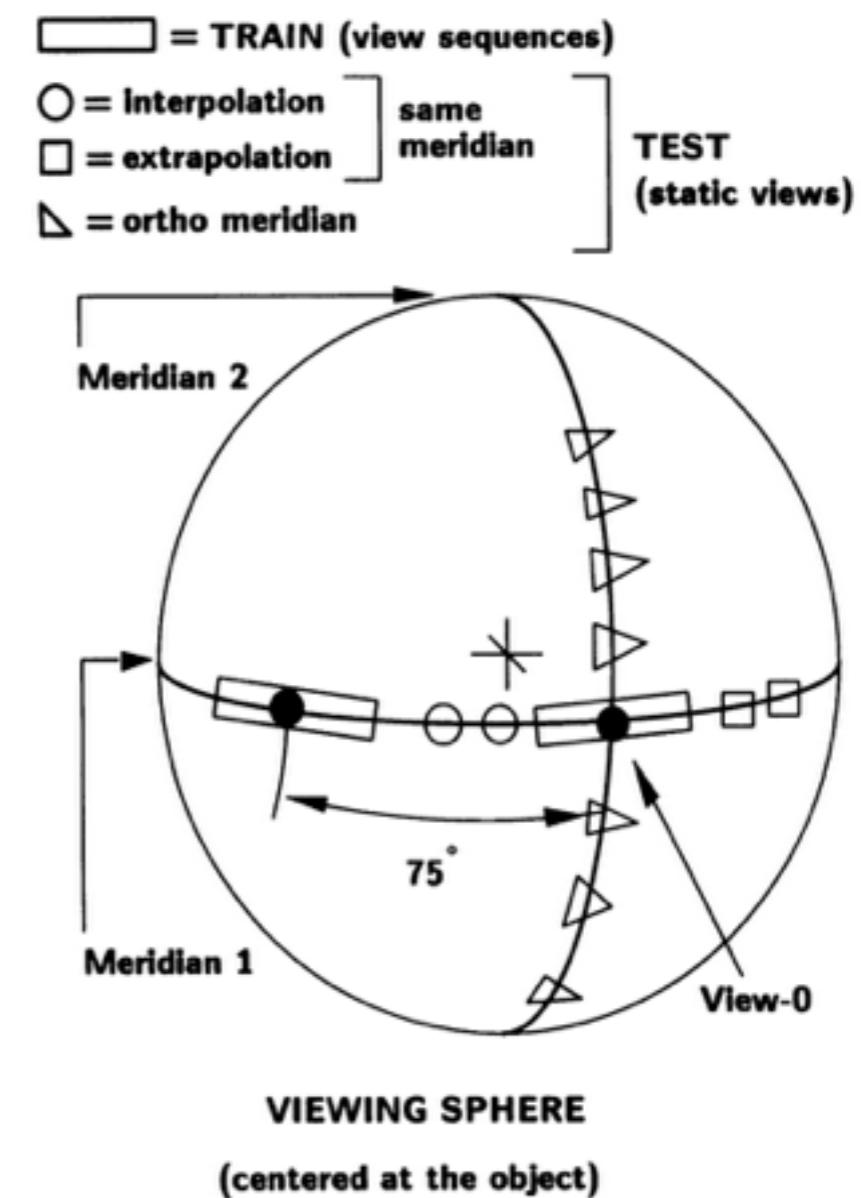
Erkennungsmodelle



Objekterkennung

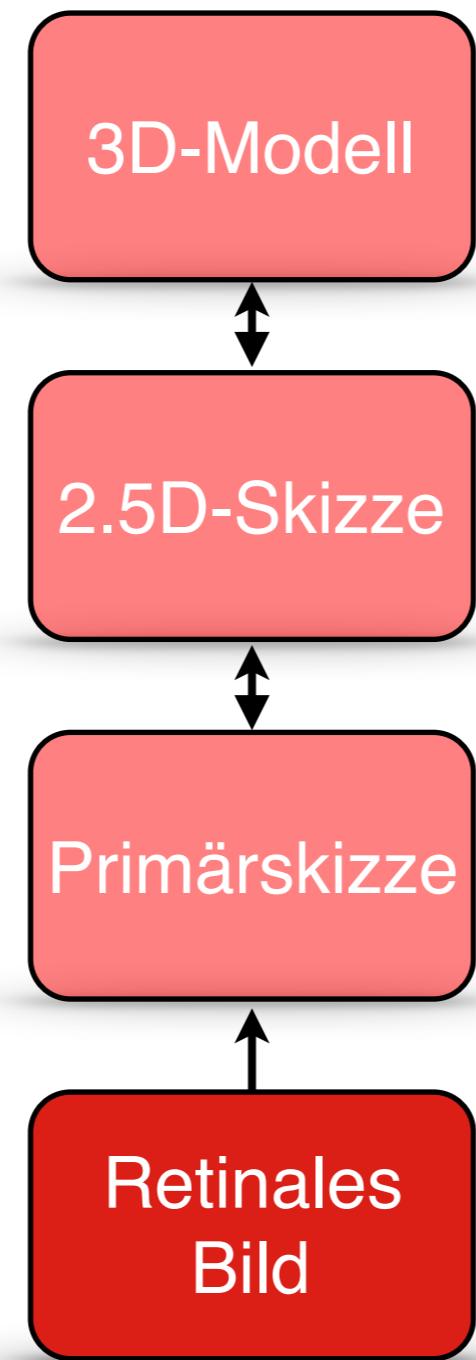
Ansichtsbasierte Modelle

- **Ansichtsbasierte Erkennungsmodelle** gehen davon aus, dass mehrere Ansichten von Objekten gespeichert wurden
- Erkennung auf Basis von Linearkombinationen, Inter- und Extrapolation



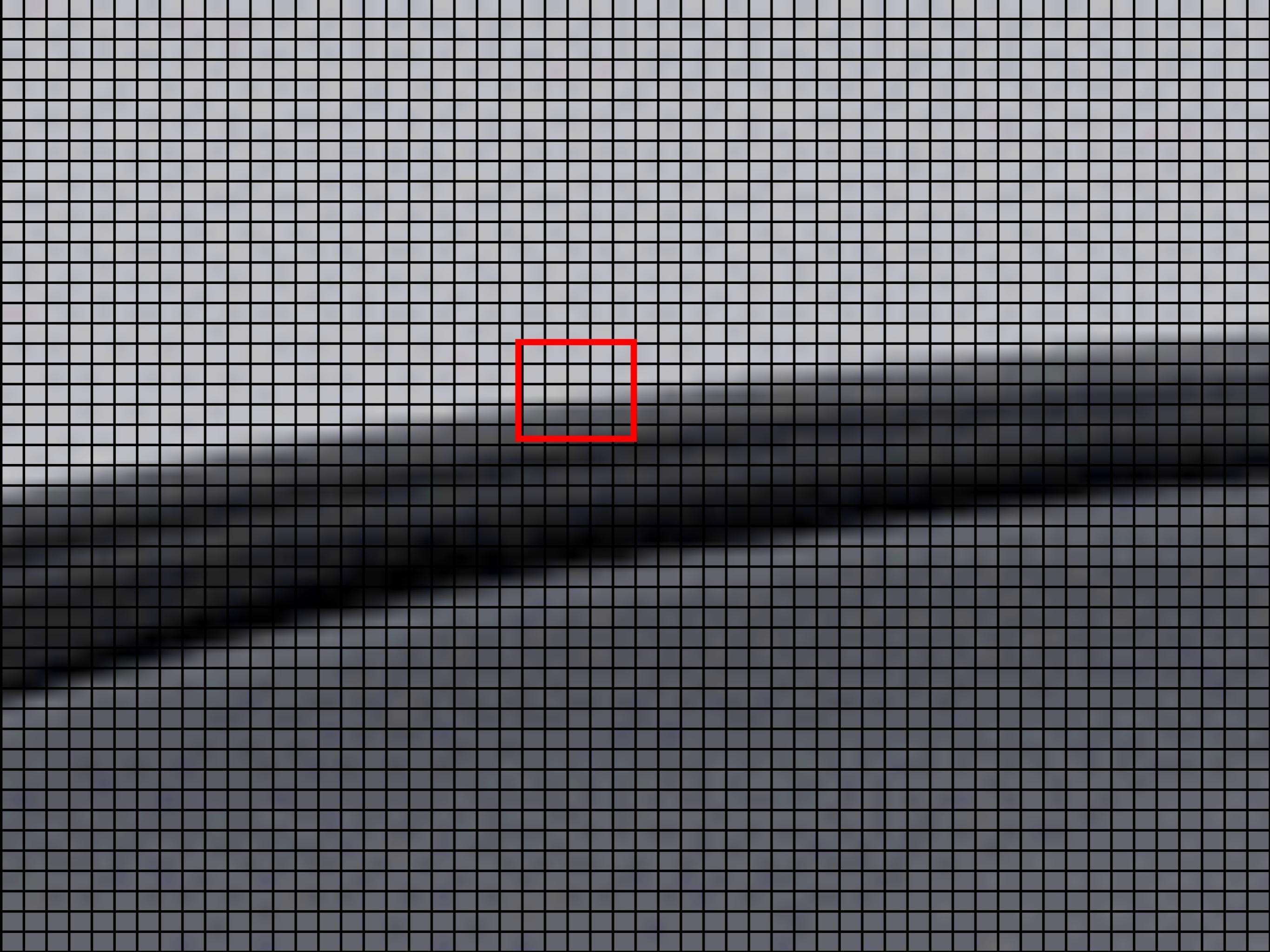
Objekterkennung

Stufenmodell



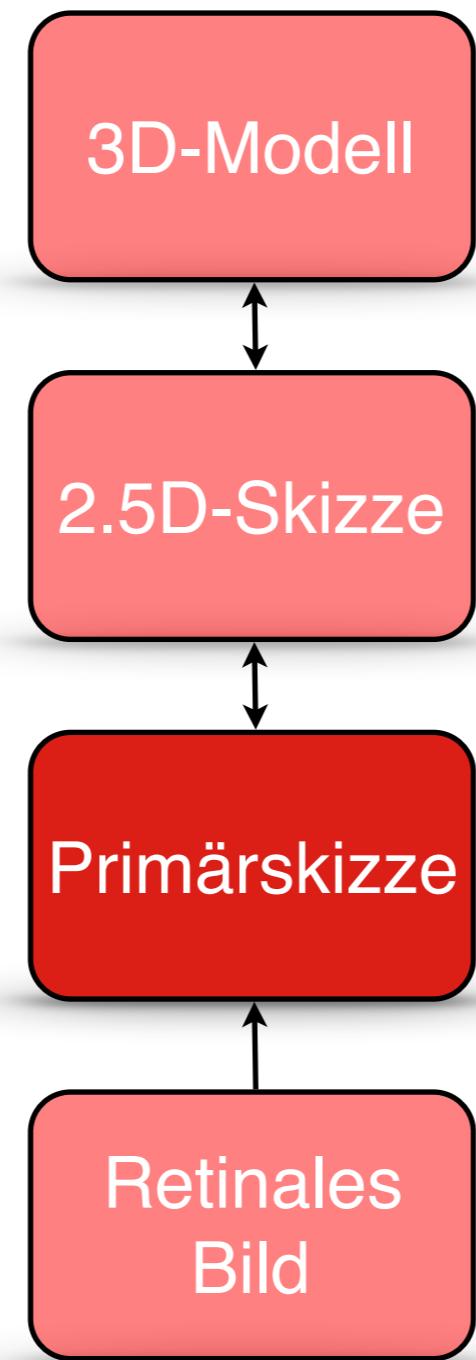
D. Marr: Vision, 1982





Objekterkennung

Stufenmodell



D. Marr: Vision, 1982

Objekterkennung

Primärskizzen

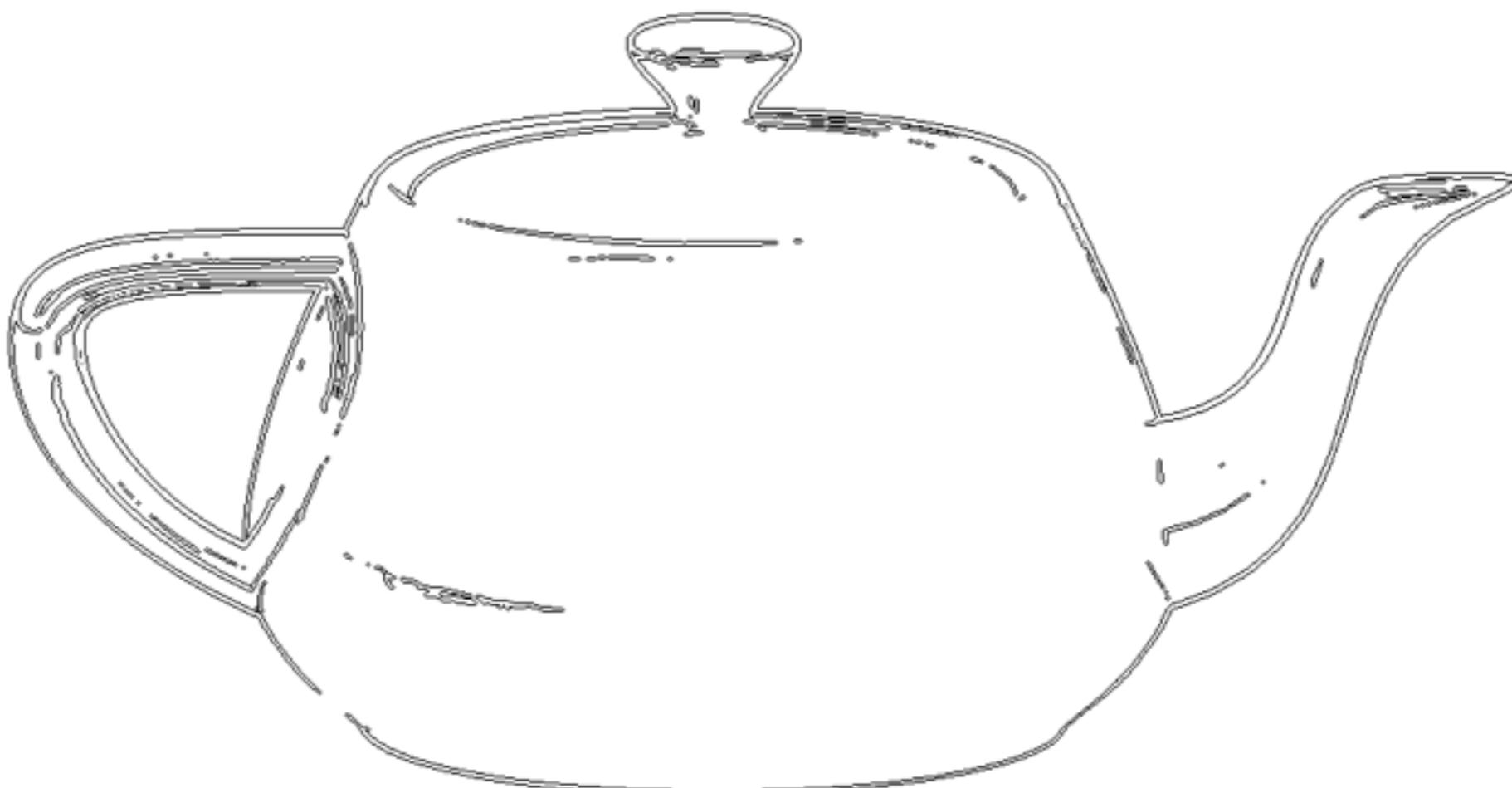
- Kontraste erlauben Extraktion von Kanten und Silhouetten, die zu zwei Arten von **Primärskizze** führen:
 1. **Rohe Primärskizze** (engl. *Raw Primal Sketch*)
 2. **(Volle) Primärskizze** (engl. *Full Primal Sketch*)

Primärskizze

- Kanten können aus unterschiedlichen Helligkeitsgraden, Farben, Flecken und Linien extrahiert werden
- Beschreibung der Elementarmerkmale liegen allerdings zunächst noch in ungeordneter Form vor, d.h. **rohe Primärskizze**

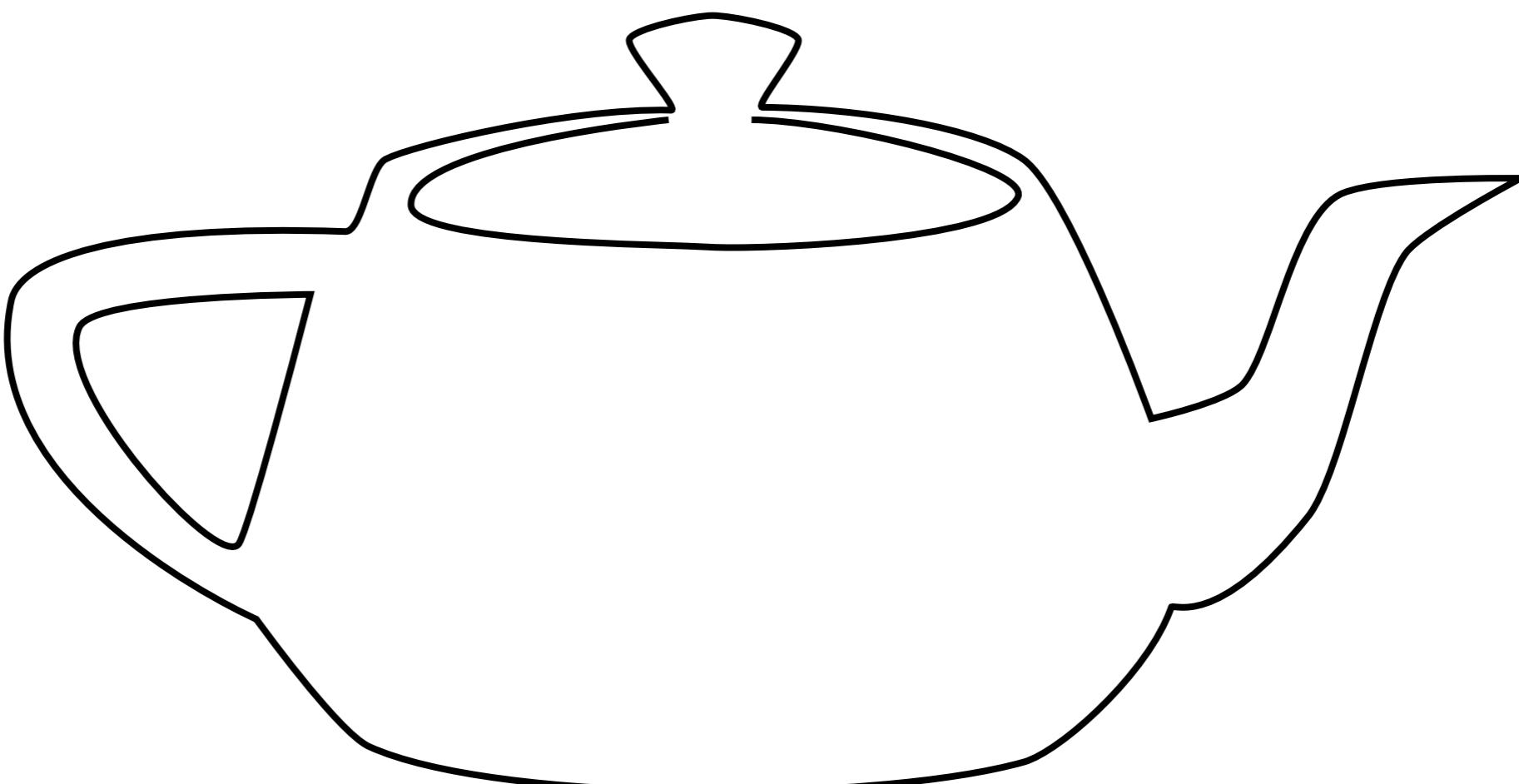
Objekterkennung

Bsp: Rohe Primärskizze



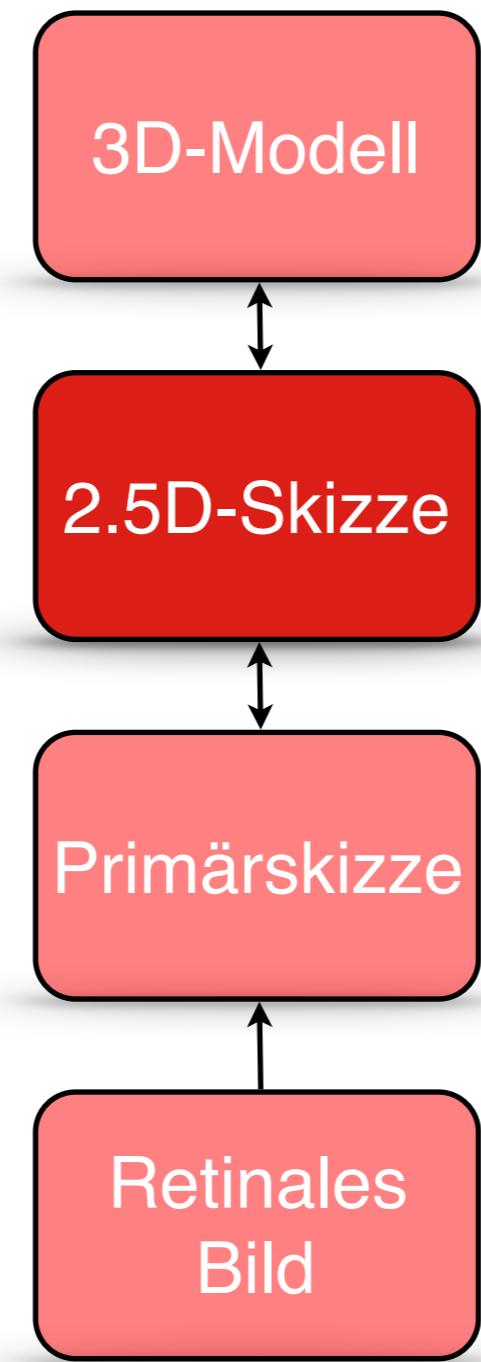
Objekterkennung

Bsp: (Volle) Primärskizze



Objekterkennung

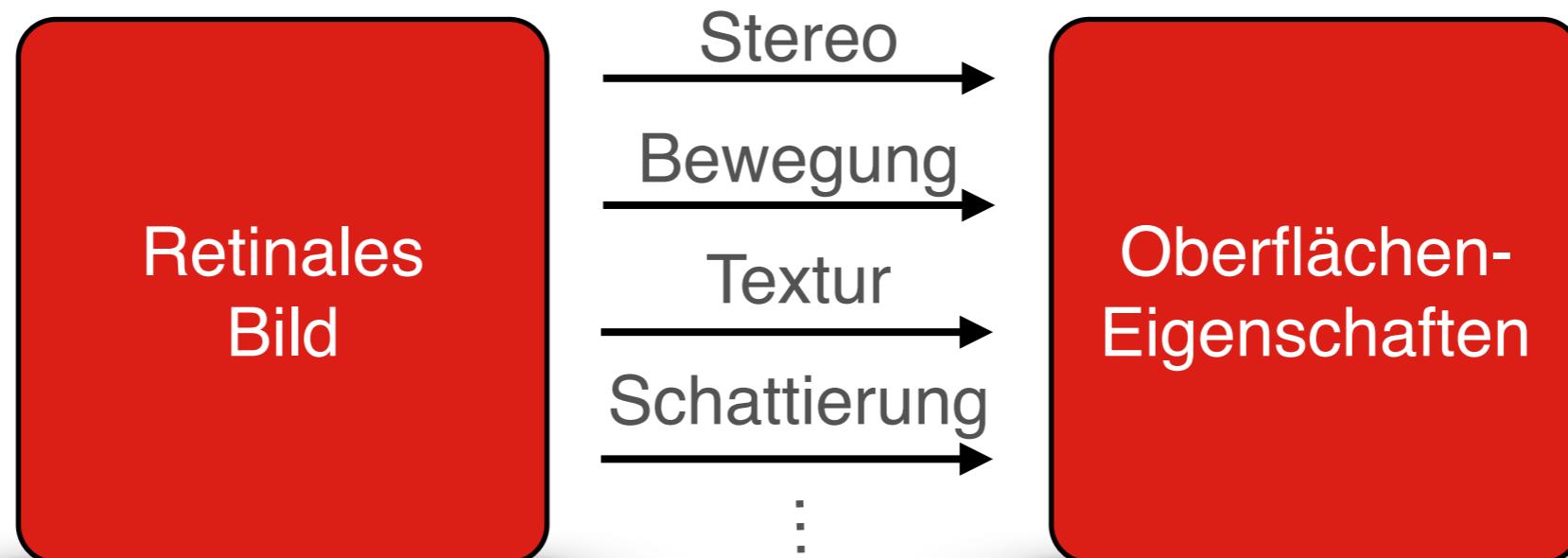
Stufenmodell



D. Marr: Vision, 1982

2D zu 2.5D

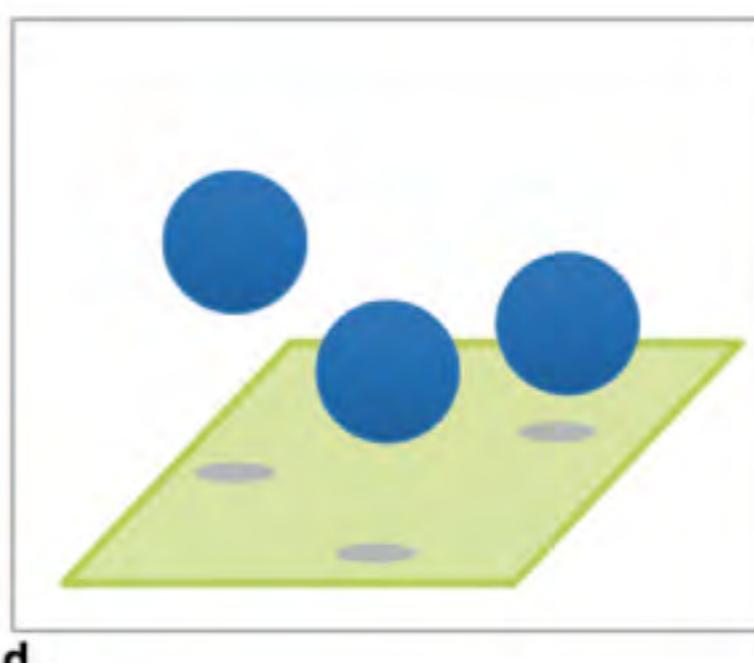
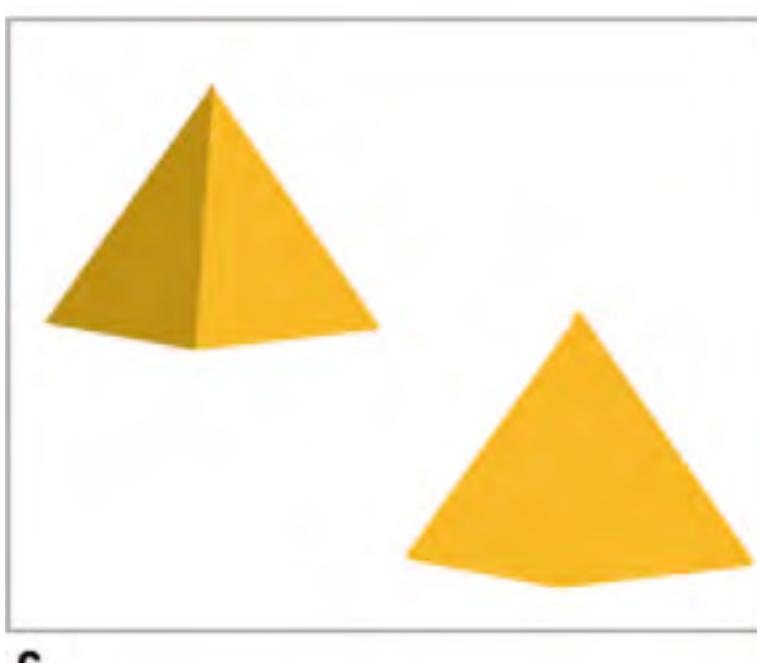
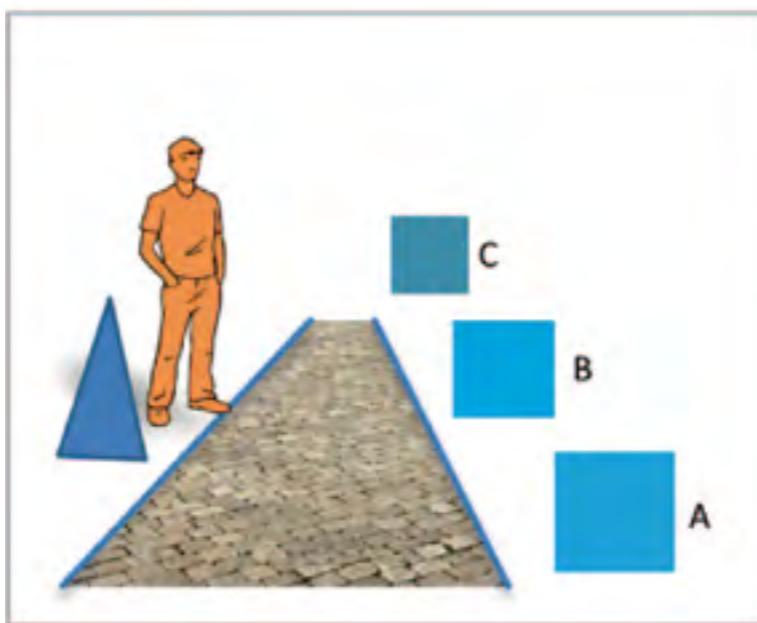
- Generierung von Oberflächen-Eigenschaften aus der skizzenhaften Repräsentation des retinalen Bildes durch **Tiefenhinweise**



Tiefenhinweise

Tiefenhinweise

Beispiele



Tiefenhinweise

Beispiele

Tiefenhinweis	Wirkungsbereich	Klassifizierung	Positionsbestimmung
Verdeckung	Kompletter Bereich	Monokular	Relativ
Disparität	Bis 10 m	Binokular	Relativ
Konvergenz	Bis 2 m	Binokular	Absolut
Akkommodation	Bis 2 m	Monokular	Absolut
Image Blur	Kompletter Bereich	Monokular	Relativ
Linearperspektive	Kompletter Bereich	Monokular	Absolut
Texturgradient	Kompletter Bereich	Monokular	Relativ
Relative Größe	Kompletter Bereich	Monokular	Absolut
Bekannte Größe	Kompletter Bereich	Monokular	Absolut
Höhe im Gesichtsfeld	Über 30 m	Monokular	Relativ
Atmosphärische Perspektive	Über 30 m	Monokular	Relativ
Shape from Shading	Kompletter Bereich	Monokular	Relativ
Schattenwurf	Kompletter Bereich	Monokular	Relativ
Bewegungsparallaxe	Über 20 m	Dynamisch	Relativ
Accretion	Kompletter Bereich	Dynamisch	Relativ

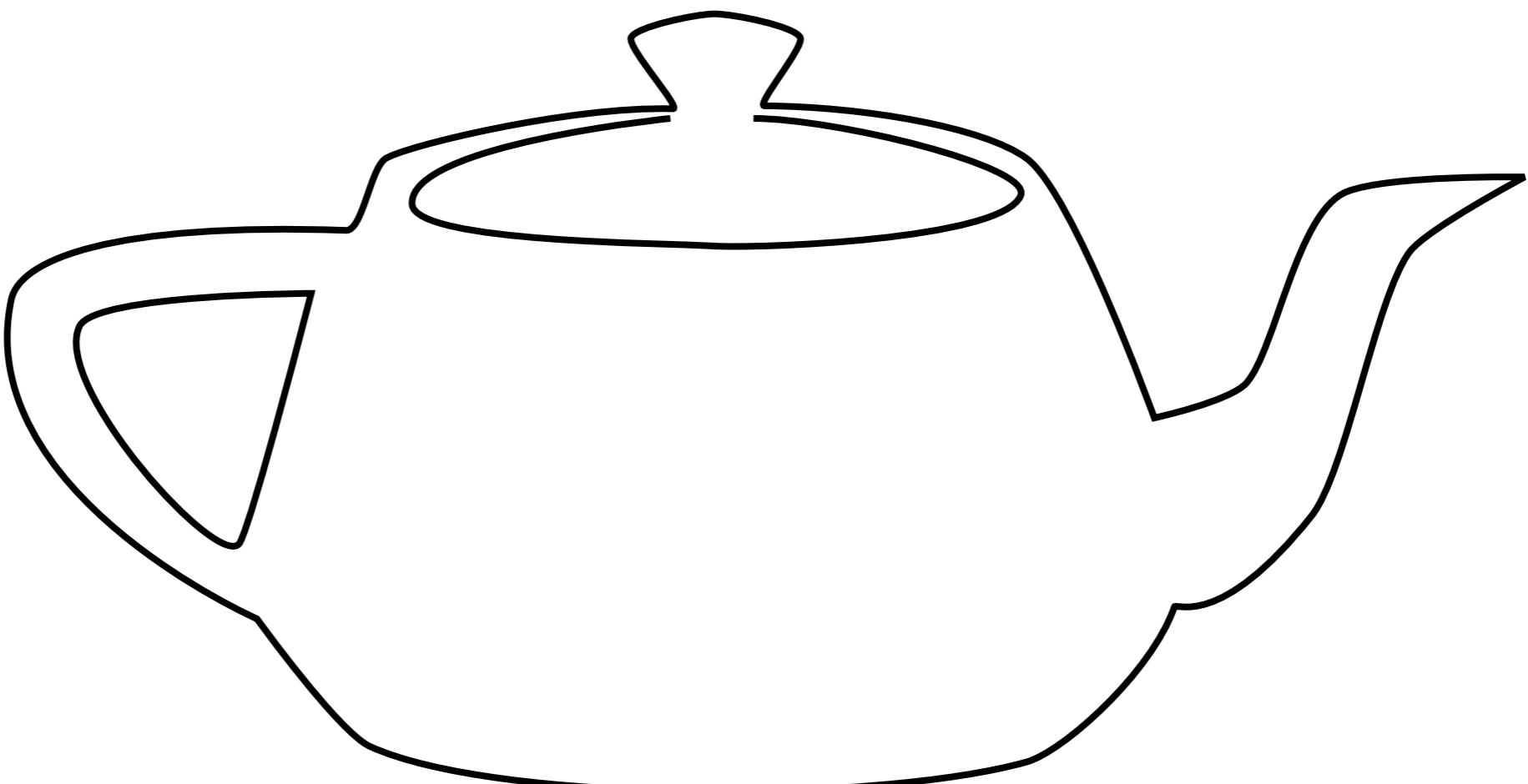
Objekterkennung

2.5D-Skizze

- Verarbeitung globaler Flächen aus skizzenhafter Repräsentation resultiert in **orientierten Oberflächen mit Richtungszuweisungen**
- Ergebnis ist vom Blickwinkel des Beobachters unabhängige **2.5D-Skizze**

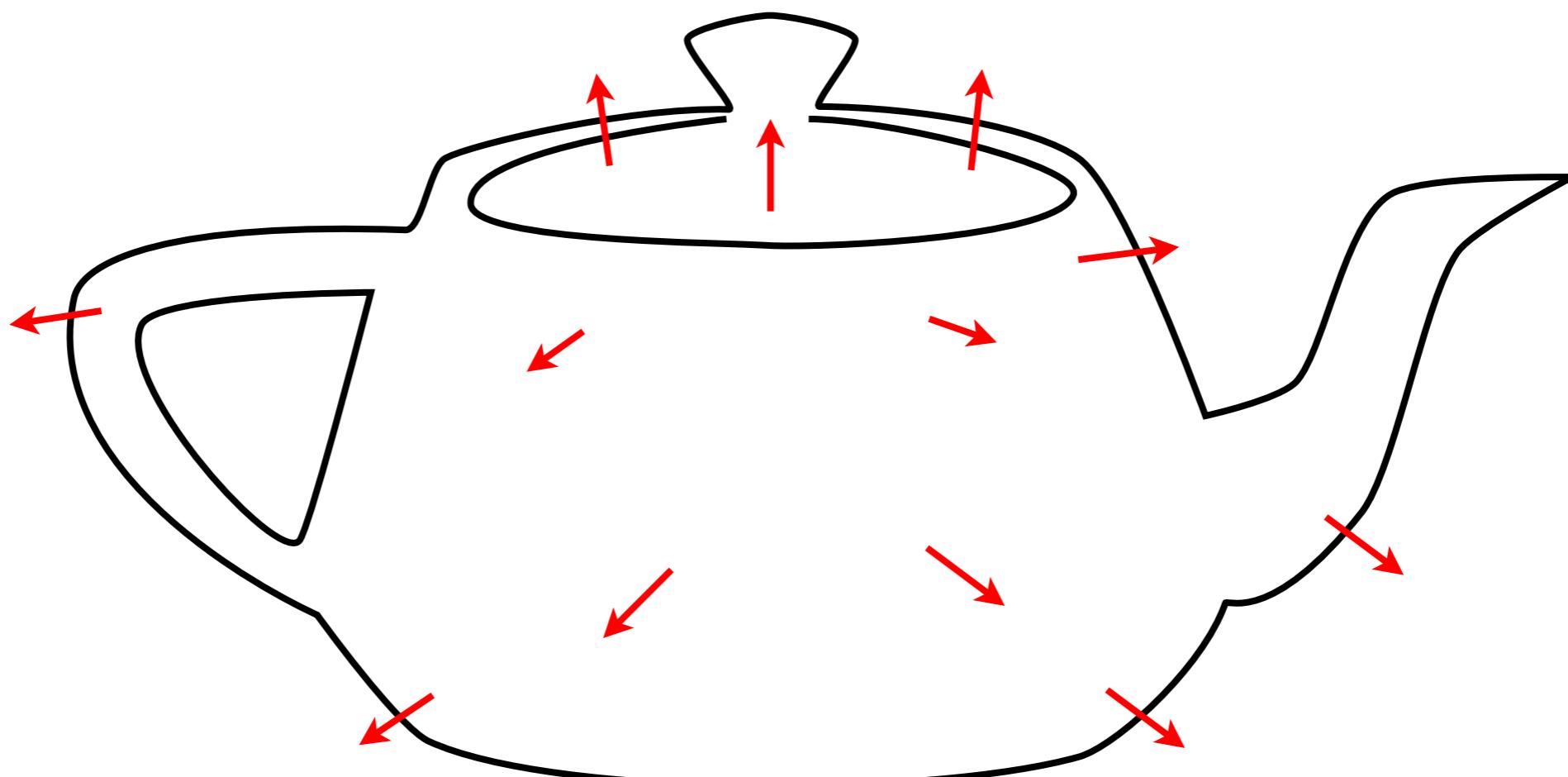
Objekterkennung

Bsp: (Volle) Primärskizze



Objekterkennung

Bsp: 2.5D-Skizze



Tiefenhinweise

Basisdilemma

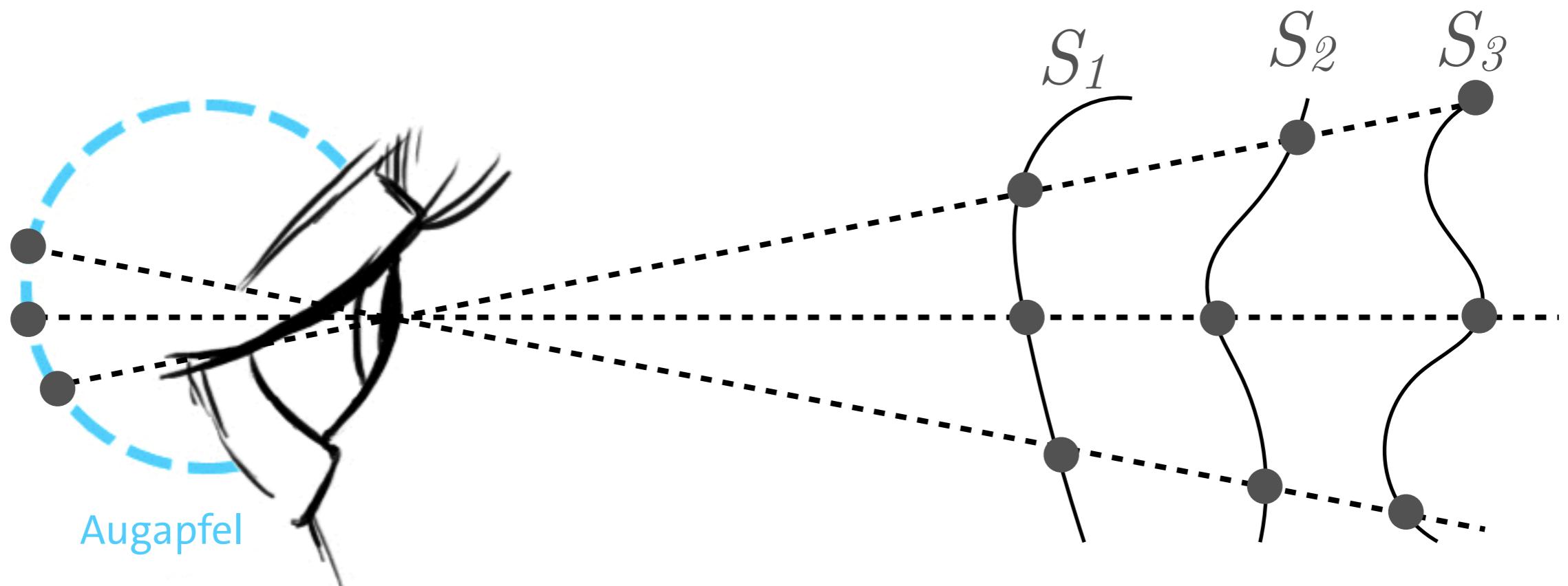
- Beide Punkte P_1 und P_2 werden auf denselben Punkt der Retina projiziert

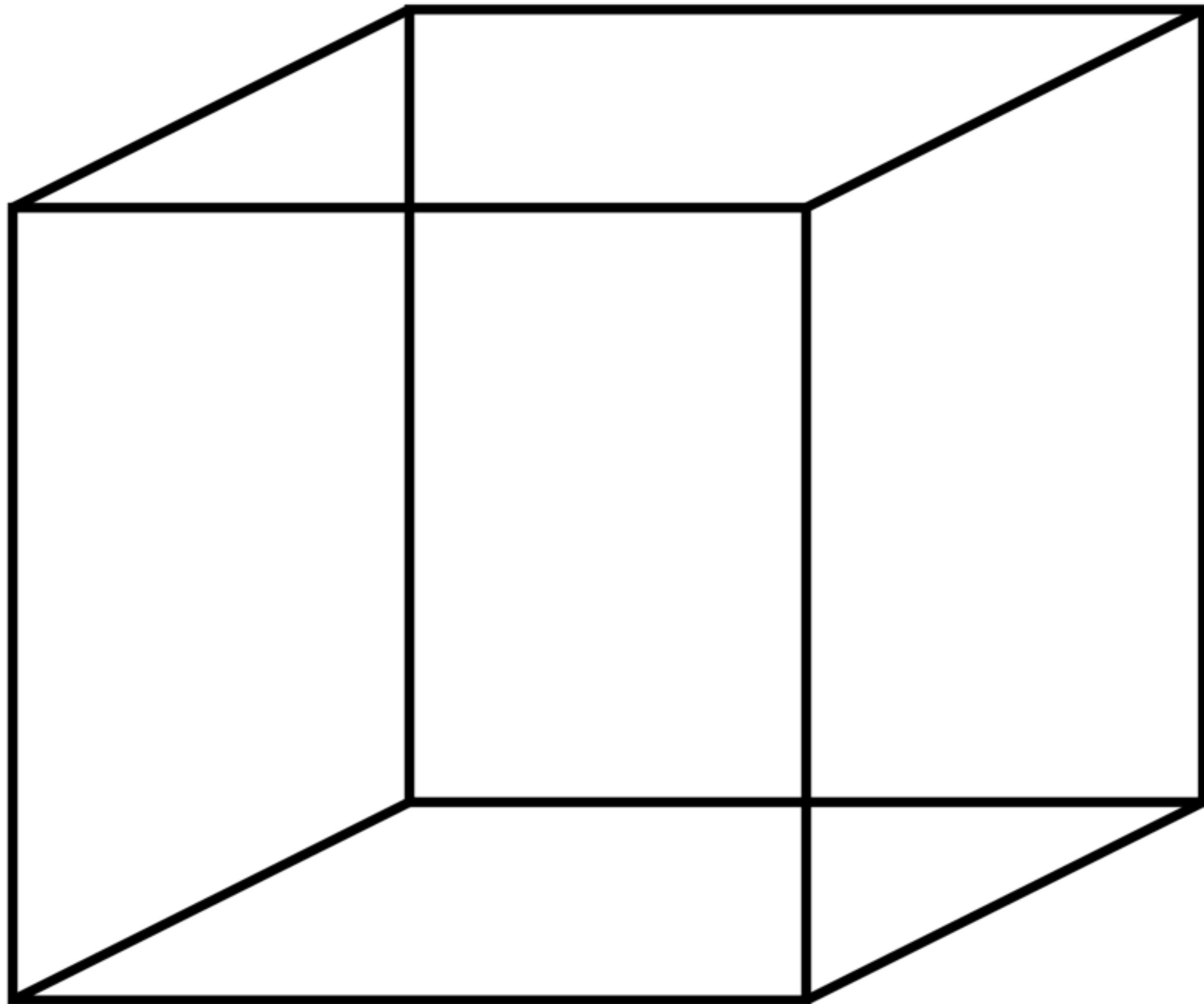


Tiefenhinweise

Basisdilemma

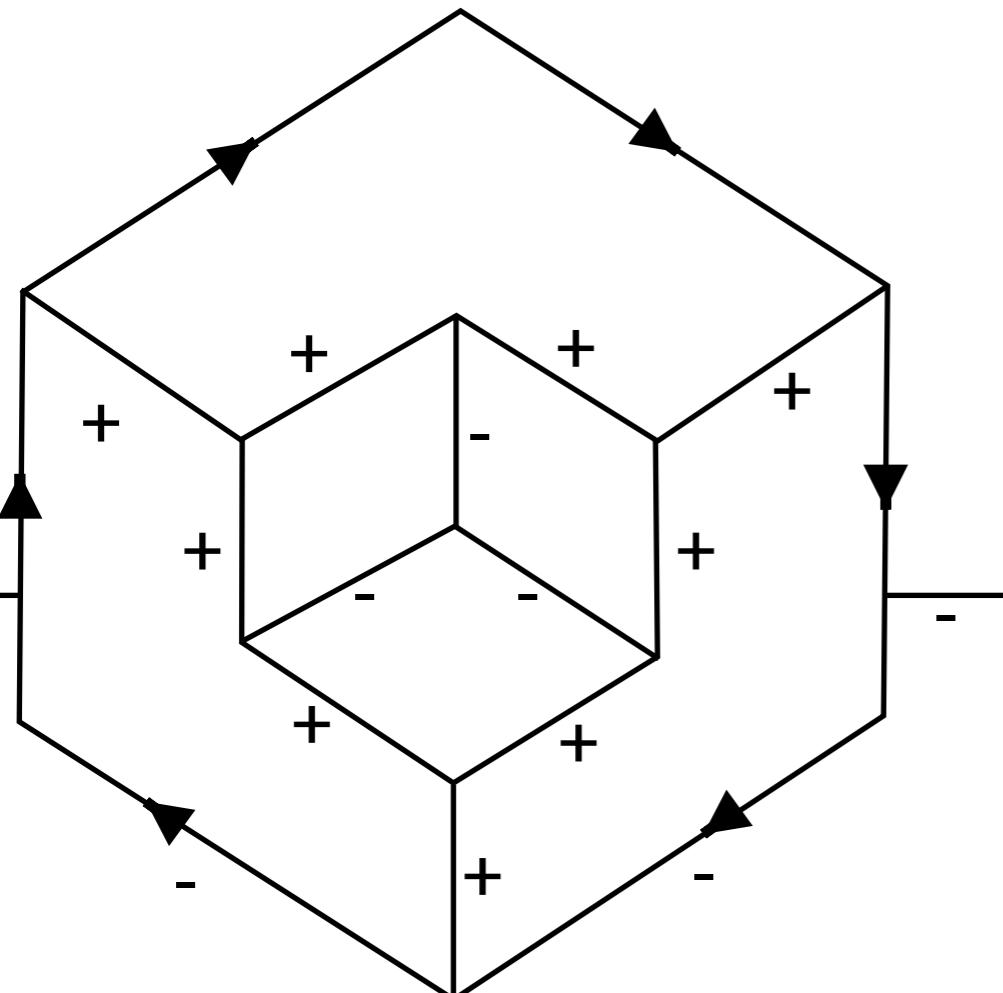
- Oberflächen S_1 , S_2 und S_3 werden auf denselben Bereich der Retina projiziert





Kanteninterpretation

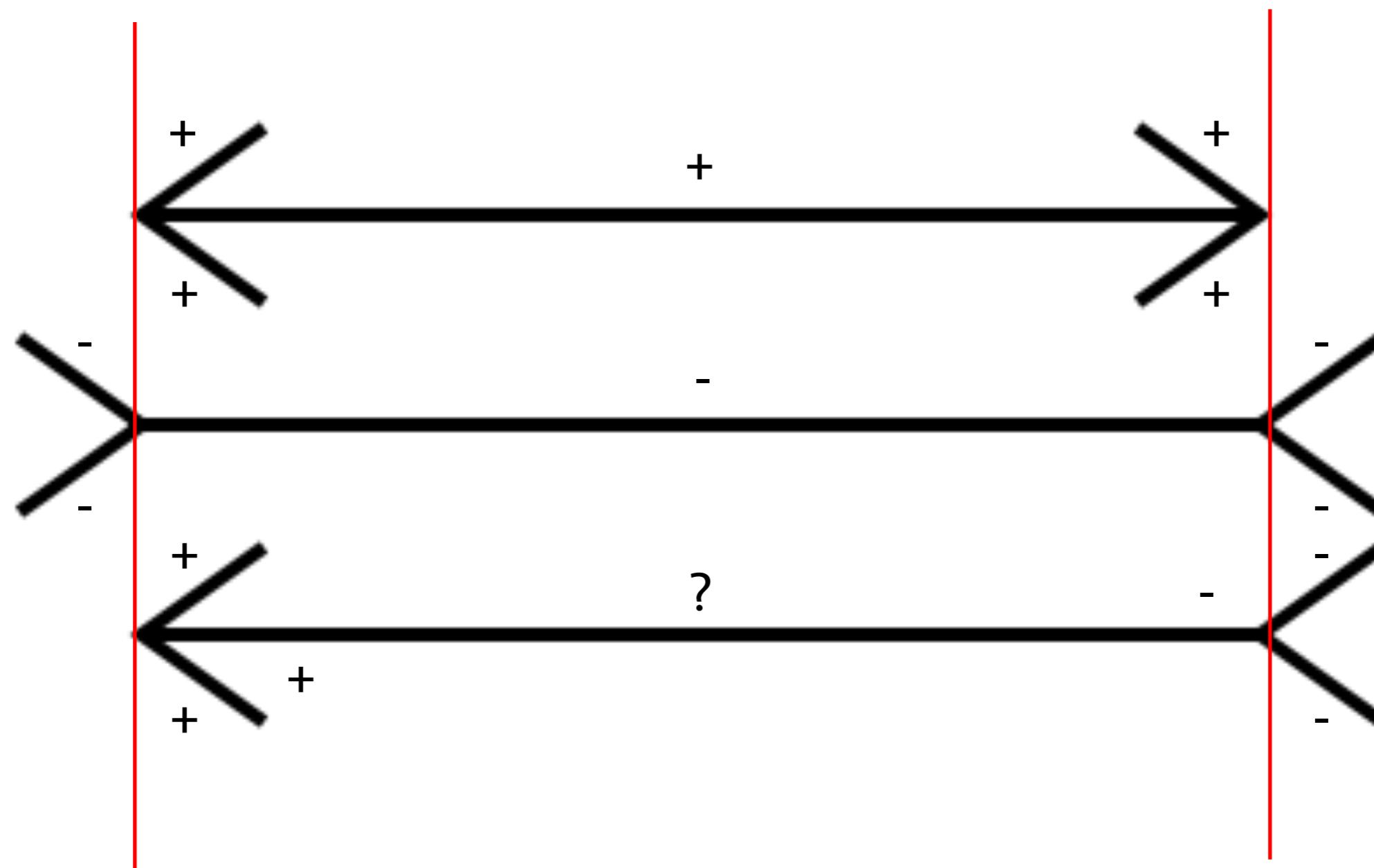
Beispiel



- **konvexe Orientierungskanten:** +
- **konkave Orientierungskanten:** -
- **Tiefenkanten (Pfeile):**
nähere verdeckende
Oberfläche ist auf rechter
Seite der Kante

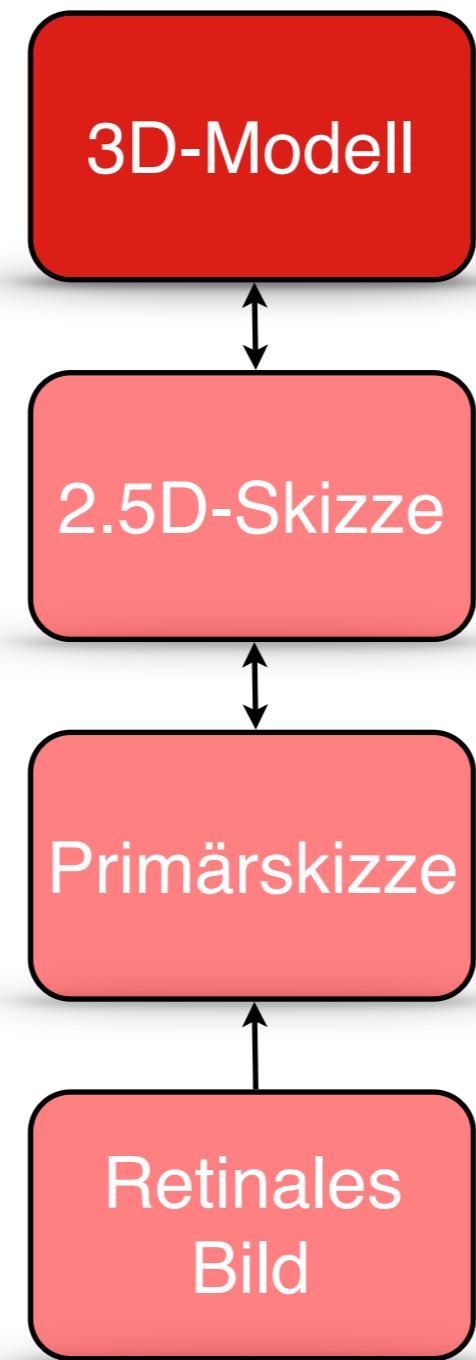
Visuelle Illusionen

Bsp: Müller-Lyer Illusion



Objekterkennung

Stufenmodell



D. Marr: Vision, 1982

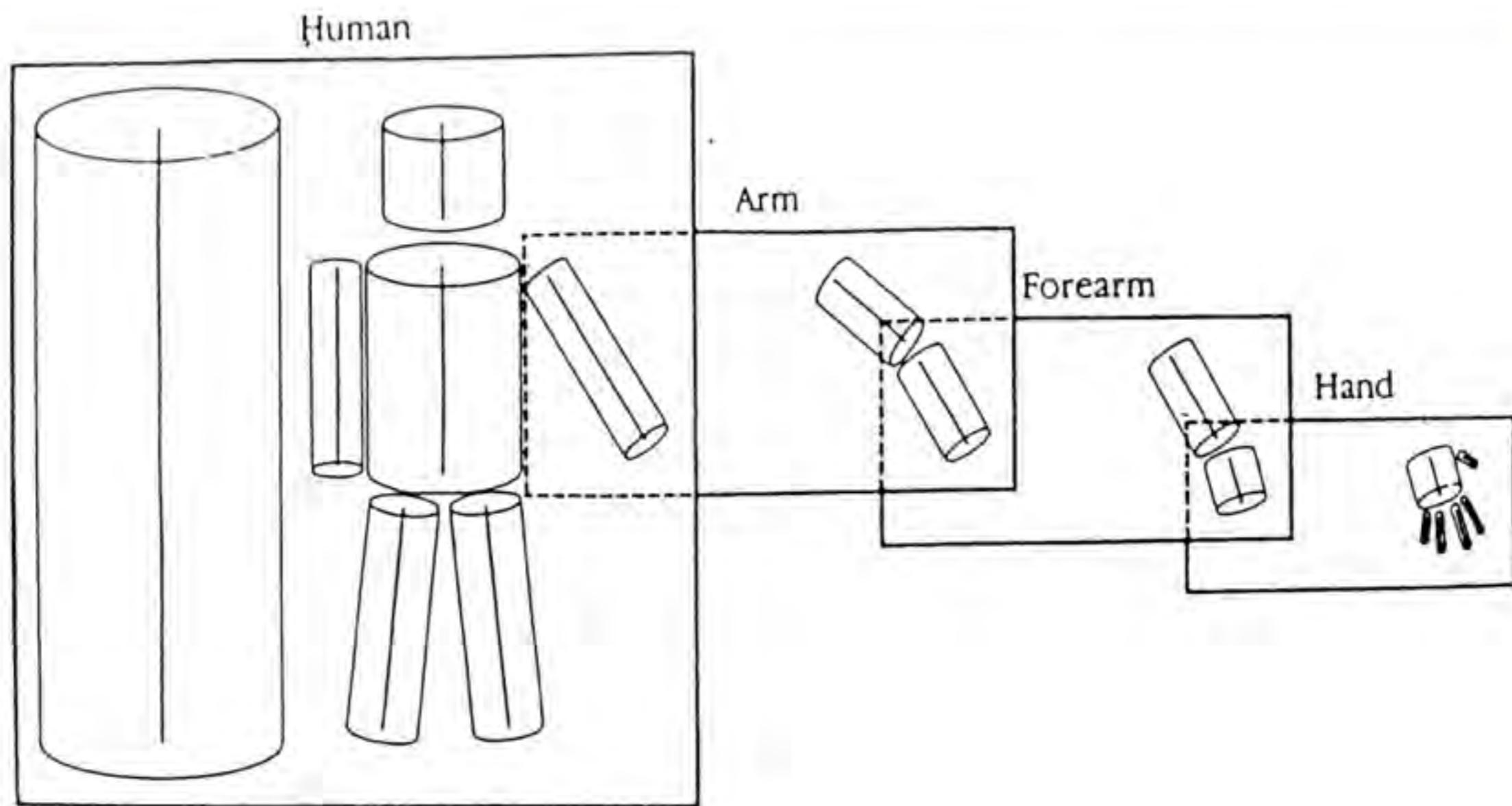
Objekterkennung

Strukturelle Modelle

- **Strukturelle Erkennungsmodelle** gehen davon aus, dass Objekte als zusammengesetzte Strukturen wahrgenommen werden
- Zerlegung in Einzelstrukturen
- Bewertung der Zusammensetzung

Objekterkennung

Bsp: Generalisierte Zylinder



Objekterkennung

Geonen-Theorie

- Objekte setzen sich durch Kombination aus geringer Anzahl von **geometrischen Primitiven (Geone)** zusammen
- **Geone** zeichnen sich durch Projektionsinvarianz / Stabilität aus, d.h. durch **invariante** (engl. *non-accidental*) Eigenschaften

Objekterkennung

Invariante Eigenschaften



I. Biederman: Recognition-by-components: a theory of human image understanding.
Psychological Review; 94(2):115-47, 1987

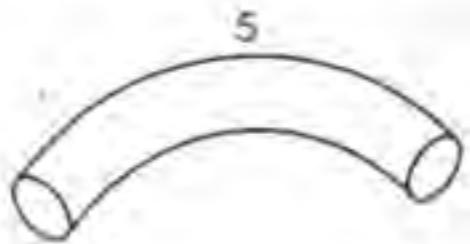
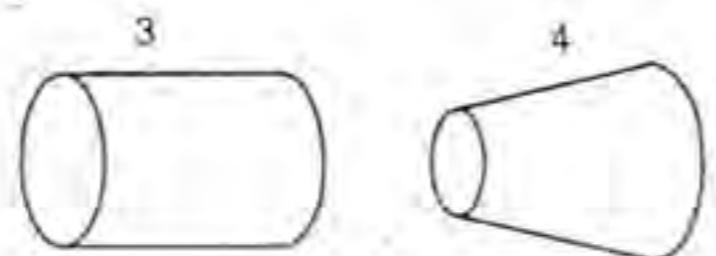
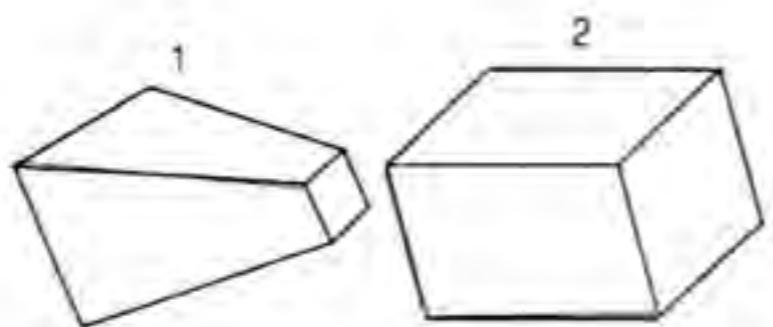
Objekterkennung

Invariante Eigenschaften

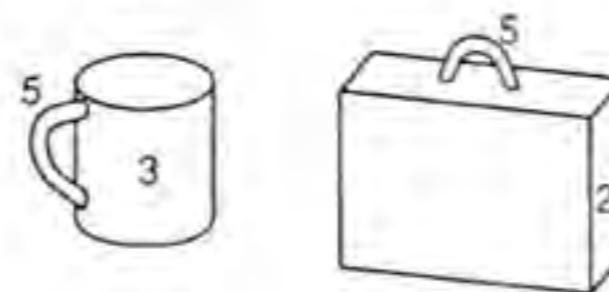
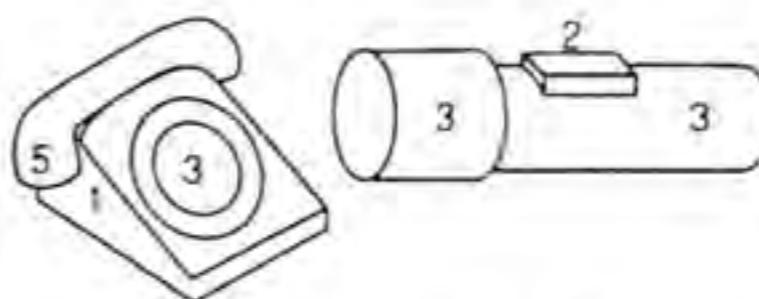
2-D relation	3-D inference	Examples
1. Collinearity of points or line segments	Collinearity in three-space	
2. Curvilinearity of points or arcs	Curvilinearity in three-space	
3. Two or more terminations at a common point	Curves terminate at a common point in three-space	
4. Termination at a continuous curve	Terminating curve is no closer to the camera than the continuous curve	
5. Crossing of continuous curves	Both curves cannot be occluding geometric edges	
6. Parallel curves	Curves are parallel in three-space	
7. Three or more lines converge to a common point	Lines are parallel (seen in perspective) or converge to a common point in three-space	
8. Equal spacing of collinear points or parallel lines	Equal spacing in three-space and parallel lines are coplanar	
9. Relations hold between terminations or virtual lines	Same relation holds between virtual features in three-space	
10. Virtual lines between tangent discontinuities in curves converge to an illumination convergence point	Curves correspond to geometric edges and their cast shadow boundaries	

Objekterkennung

Bsp: Von Geonen zu Objekten



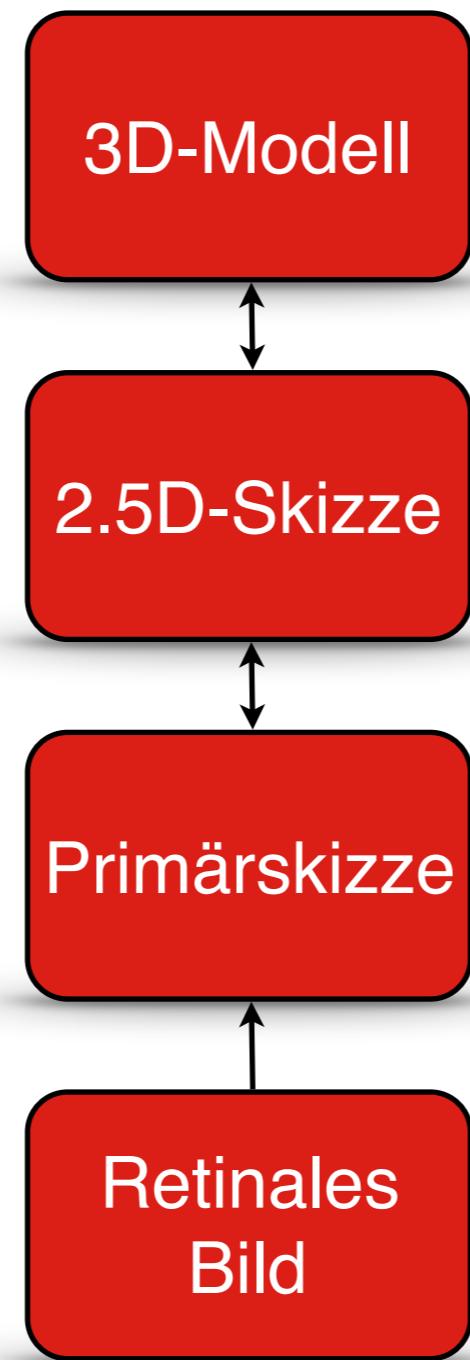
Geone



Objekte

Visuelle Wahrnehmung

Stufenmodell



D. Marr: Vision, 1982



James Bond 007: Spectre, 2015

Gesichtserkennung

- **Gesichtserkennung** unterscheidet sich signifikant von Objekterkennung
- **Gesichtserkennung** passiert in besonderer Spindelwindung (*Gyrus fusiformis*) in Großhirnrinde, die bei Defekt zur Gesichtsblindheit (**Prosopagnosie**) führen kann

Gesichtserkennung

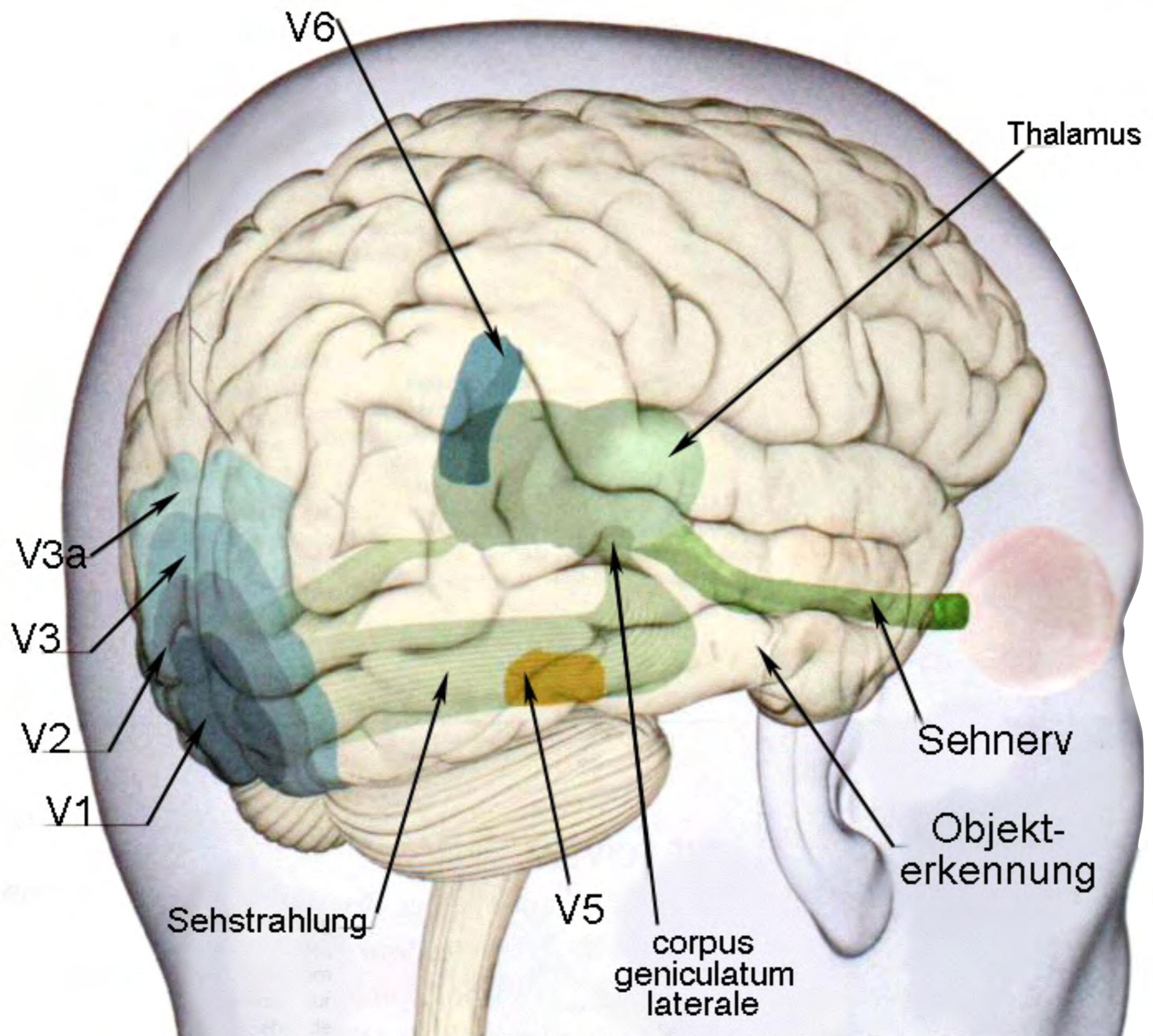
Bsp: Thatcher Illusion



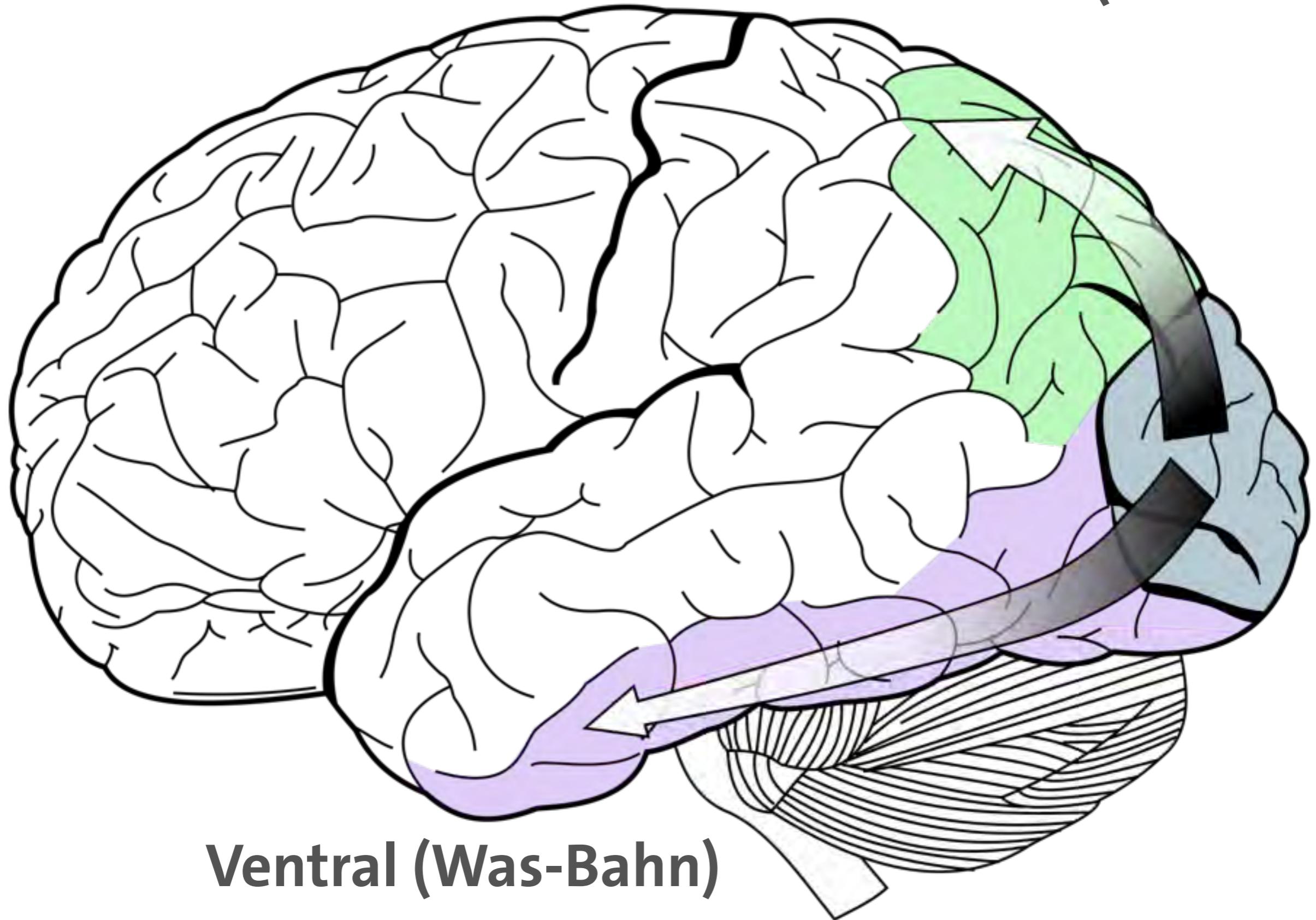
Fokus: IxD

Beispiel: Facelock

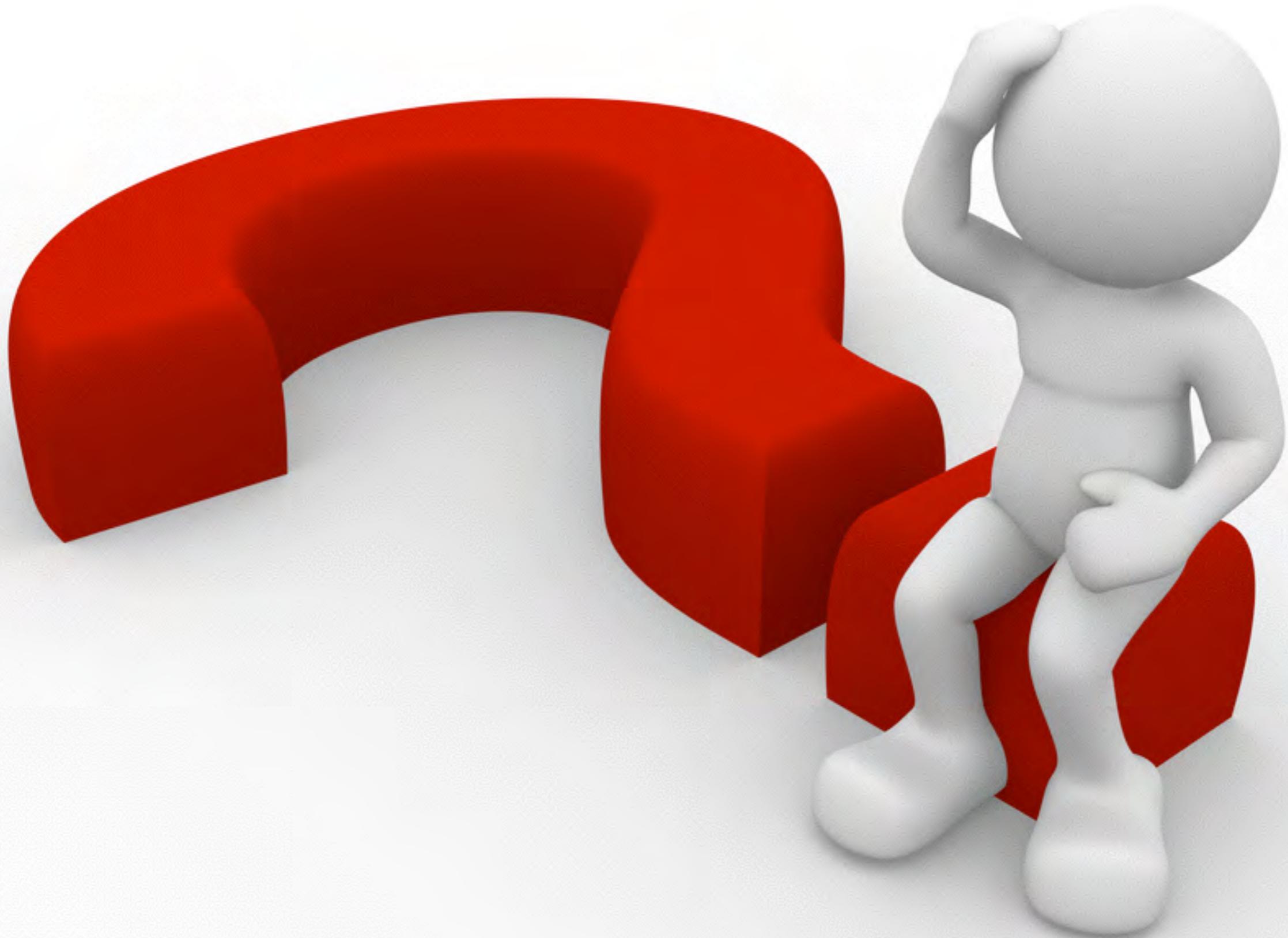




Dorsal (Wo-Bahn)



Ventral (Was-Bahn)





Mensch-Computer-Interaktion

Kapitel Wahrnehmung

Auditive Wahrnehmung

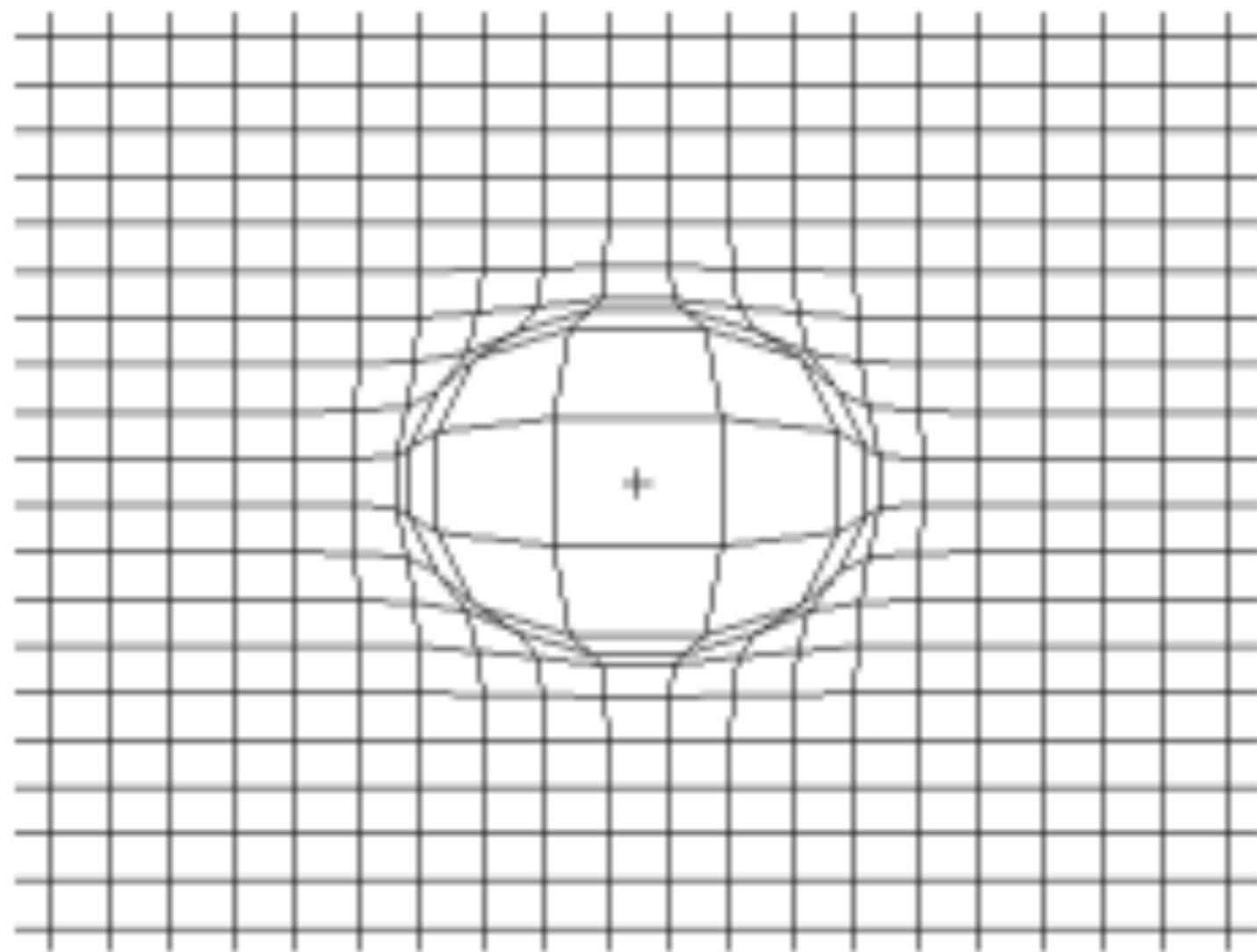
Audiosignale

Ausbreitungsgeschwindigkeit

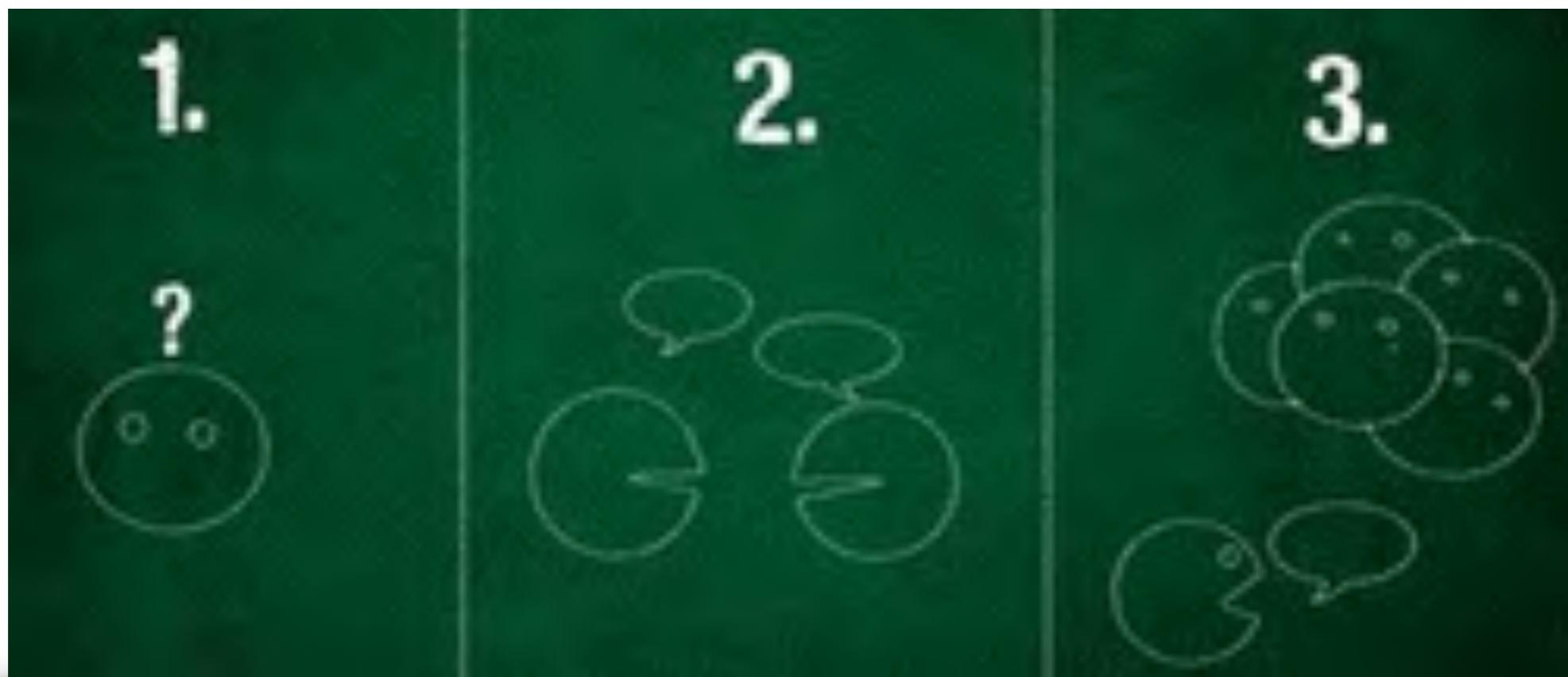
- **Schallwellen** breiten sich im Raum konzentrisch um Entstehungspunkt aus
- **Schallwellen** breitet sich in unterschiedlichen Medien mit unterschiedlichen **Ausbreitungsgeschwindigkeiten** aus
 - Beispiele: Luft: 331m/s bei 0°C und 343m/s bei 20°C

Longitudinalwelle

Bspiel: Audio



Think! Pair! Share!



Ab welcher Geschwindigkeit in km/h
durchbricht Flugzeug die Schallmauer?



Ab welcher Geschwindigkeit in km/h durchbricht
Flugzeug die Schallmauer?

A ca. 800km/h

B ca. 1200km/h

C ca. 1600km/h

D ca. 2000km/h



Ab welcher Geschwindigkeit in km/h durchbricht
Flugzeug die Schallmauer?

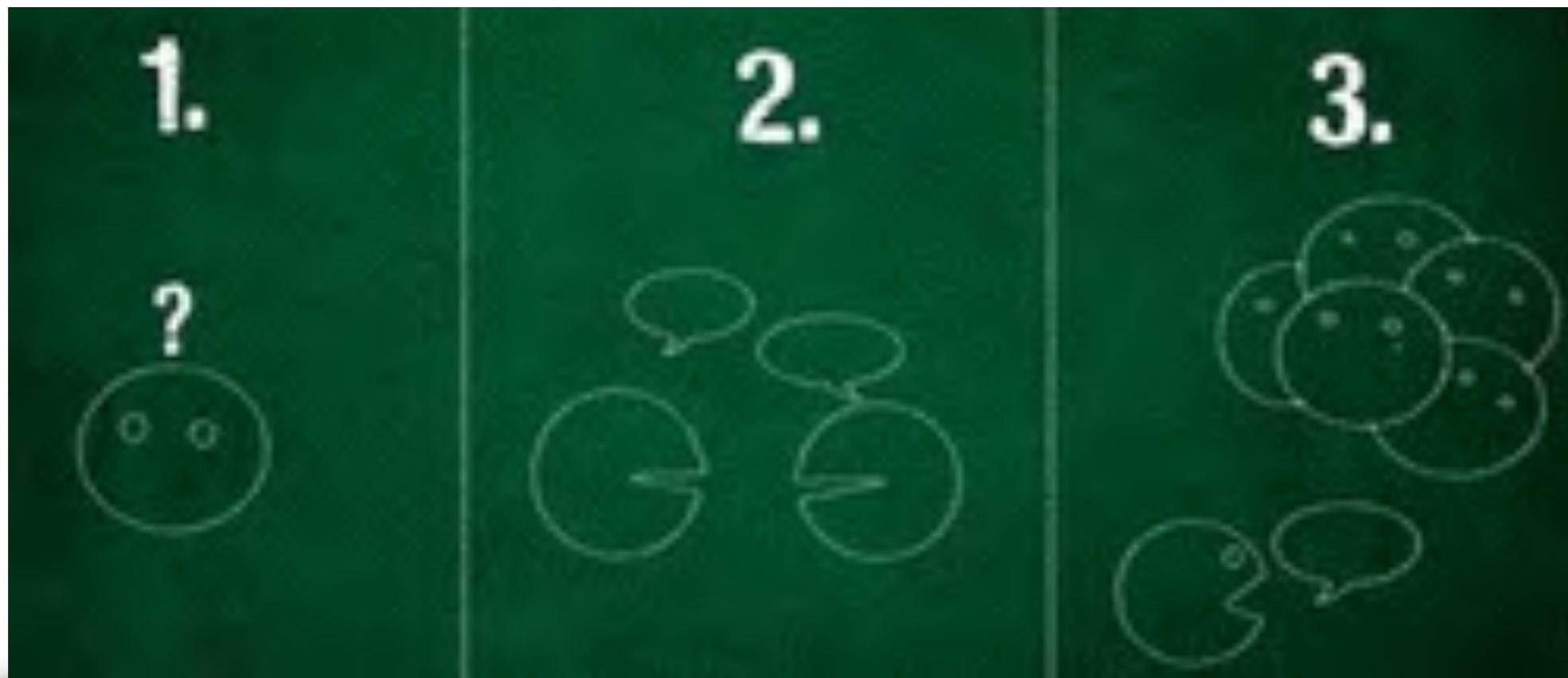
A ca. 800km/h

B ca. 1200km/h

C ca. 1600km/h

D ca. 2000km/h

Think! Pair! Share!



Wie weit ist Gewitter bei Schallgeschwindigkeit von 340m/s entfernt, falls zwischen Blitz und Donner 3 Sekunden vergehen?



Wie weit ist Gewitter bei Schallgeschwindigkeit von 340m/s entfernt, falls zwischen Blitz und Donner 3 Sekunden vergehen?

A ca. 1000m

B ca. 3000m

C ca. 2000m

D ca. 4000m



Wie weit ist Gewitter bei Schallgeschwindigkeit von 340m/s entfernt, falls zwischen Blitz und Donner 3 Sekunden vergehen?

A ca. 1000m

B ca. 3000m

C ca. 2000m

D ca. 4000m

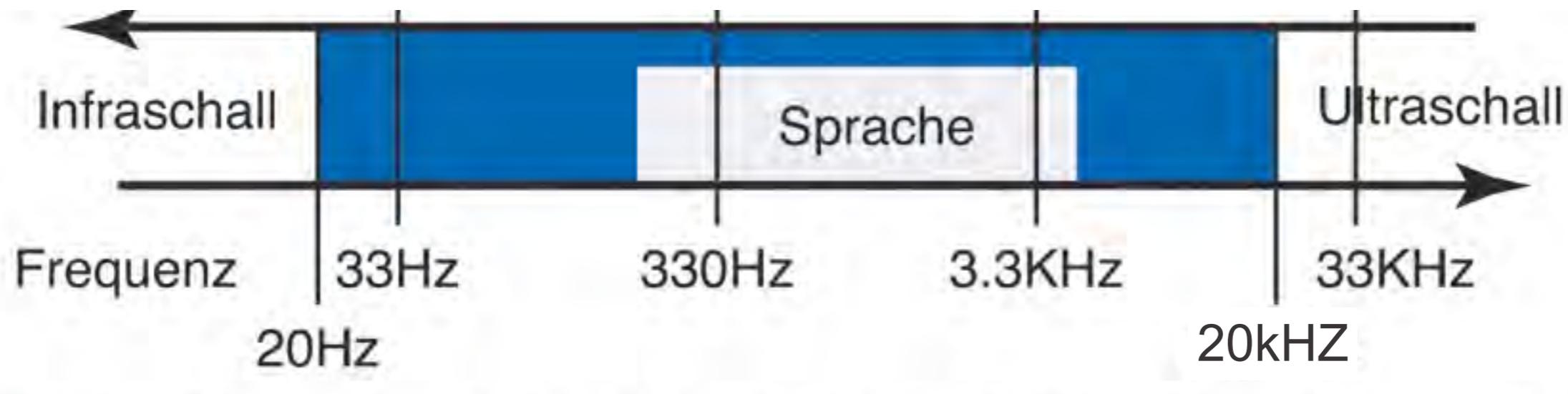
Ton & Geräusch

- akustischer Reiz entsteht durch (schnelle)
Luftdruckschwankungen
 - **unregelmäßig Luftdruckschwankungen** werden nur als Geräusche wahrgenommen
 - **periodische Luftdruckschwankungen** werden als Ton wahrgenommen
 - ▶ **Wellenlänge**, z.B. in mm
 - ▶ **Frequenz**, z.B. f in Hz

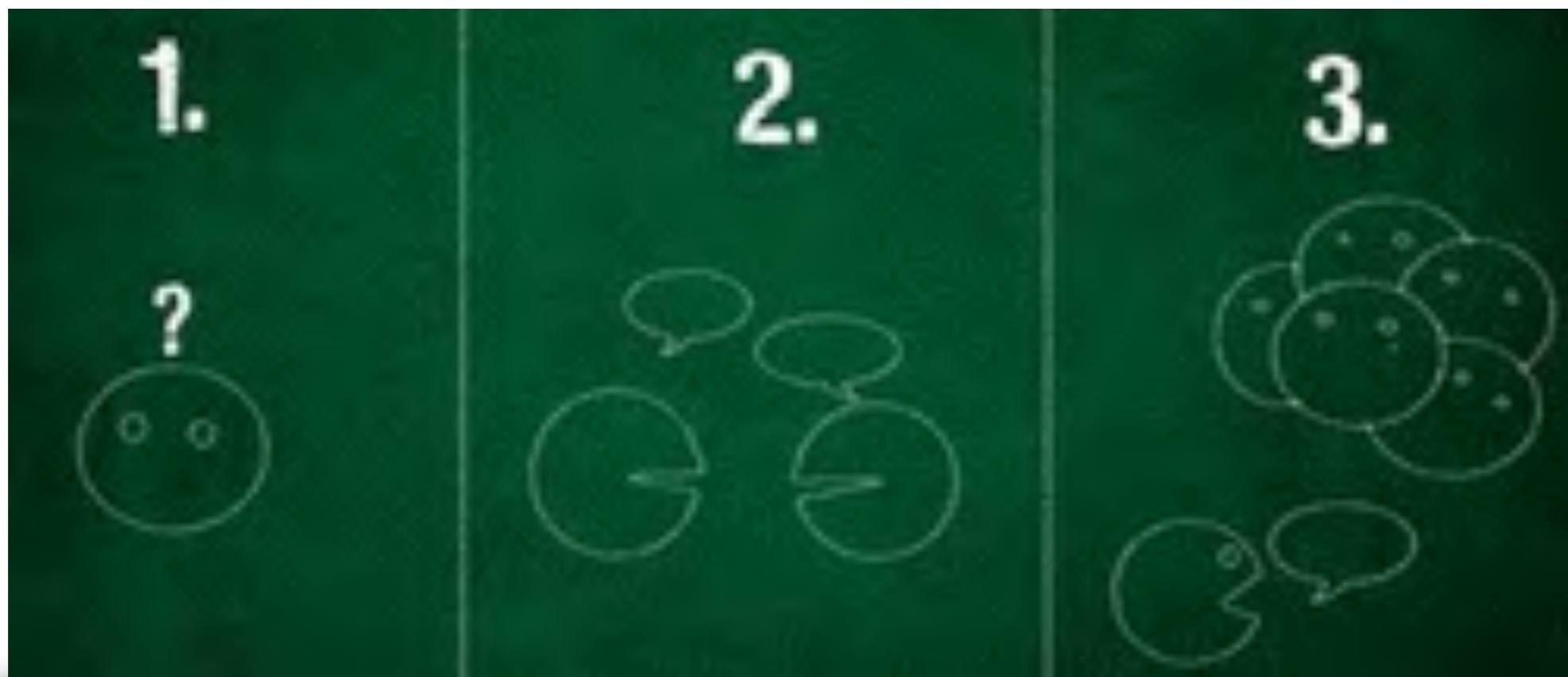
Frequenzen

Hörbares Spektrum

- **Hörbares Spektrum** liegt im Idealfall (junger, normal hörender Mensch) im Frequenzbereich von 20Hz bis 20kHz

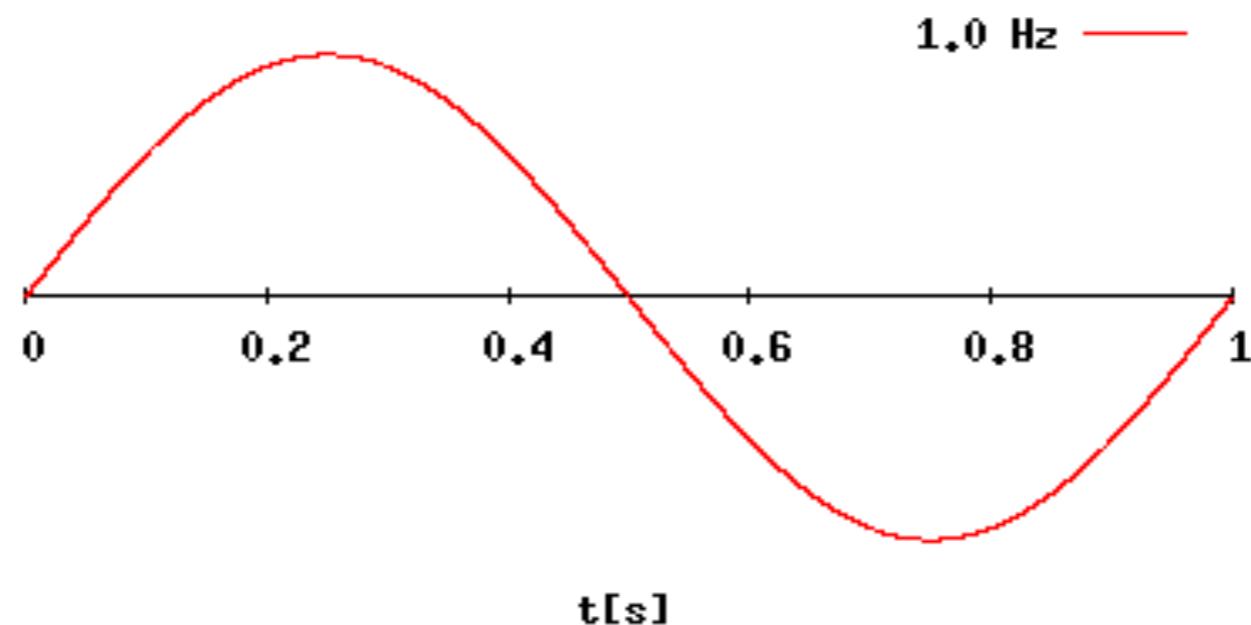


Think! Pair! Share!



Schallgeschwindigkeit $c_s = 343 \text{ m/s}$

Welche Wellenlänge haben somit hörbare
Audiodrähte?



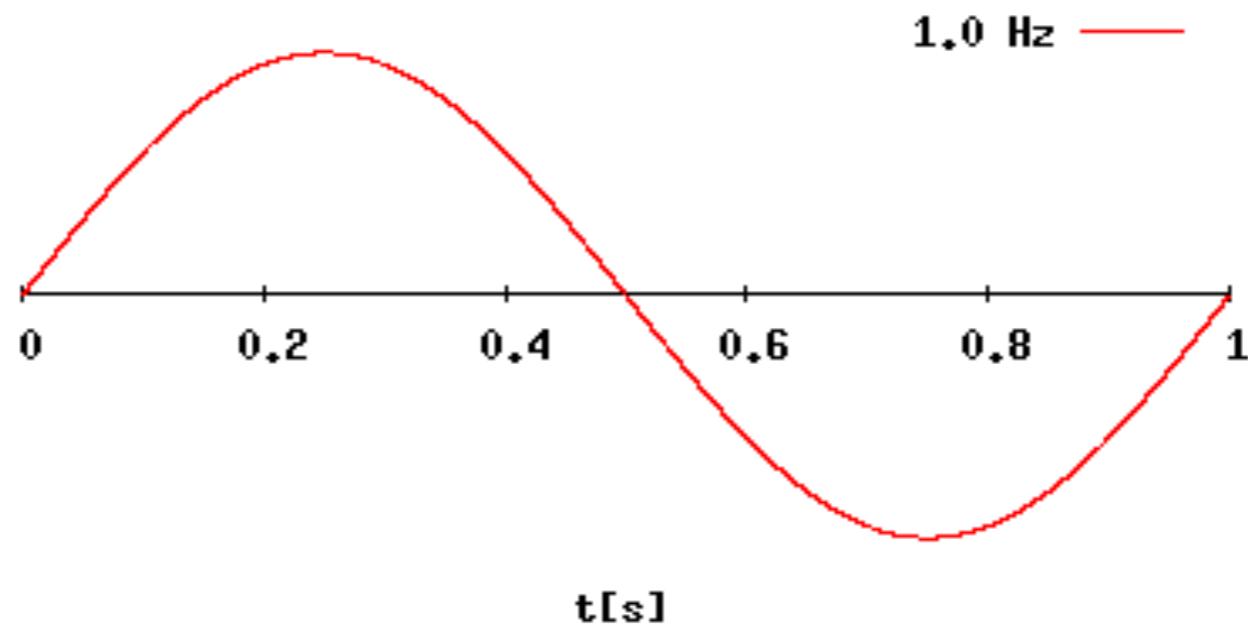
Welche Wellenlänge haben somit hörbare Audiowellen mit einer Schallgeschwindigkeit von $c_s = 343 \text{ m/s}$?

A ca. 17cm bis 170m

B ca. 0,17cm bis 17m

C ca. 1,7cm bis 17m

D ca. 17cm bis 17m



Welche Wellenlänge haben somit hörbare Audiowellen mit einer Schallgeschwindigkeit von $c_s = 343 \text{ m/s}$?

A ca. 17cm bis 170m

B ca. 0,17cm bis 17m

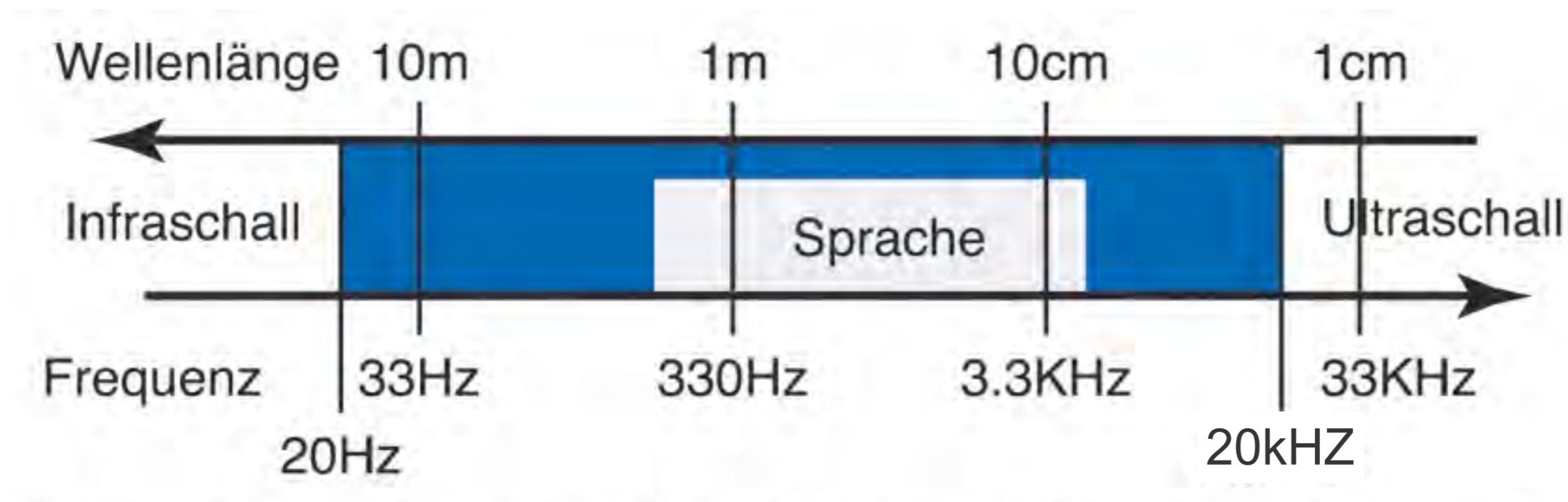
C ca. 1,7cm bis 17m

D ca. 17cm bis 17m

Frequenzen

Hörbares Spektrum

- **Hörbares Spektrum** liegt im Idealfall (junger, normal hörender Mensch) im Frequenzbereich von 20Hz bis 20kHz



Tonhöhe

- **Tonhöhe** ist definiert durch Frequenz des Geräusches
 - geringe Frequenz bedeutet niedrige Tonhöhe
 - hohe Frequenz bedeutet hohe Tonhöhe
- Diskriminierungsfähigkeiten des Menschen liegt (bei niedrigen Frequenzen) im Bereich von 1.5Hz

Lautstärke

- **Lautstärke** eines Schalls ist Maß dafür, wie laut Schall vom Menschen als Hörereignis empfunden wird
- **Lautstärke** entspricht Stärke der Luftdruckänderungen und wird in **Dezibel** (dB) gemessen
- **Lautstärke** hängt vom Schalldruckpegel, Frequenzspektrum und Zeitverhalten des Schalls ab



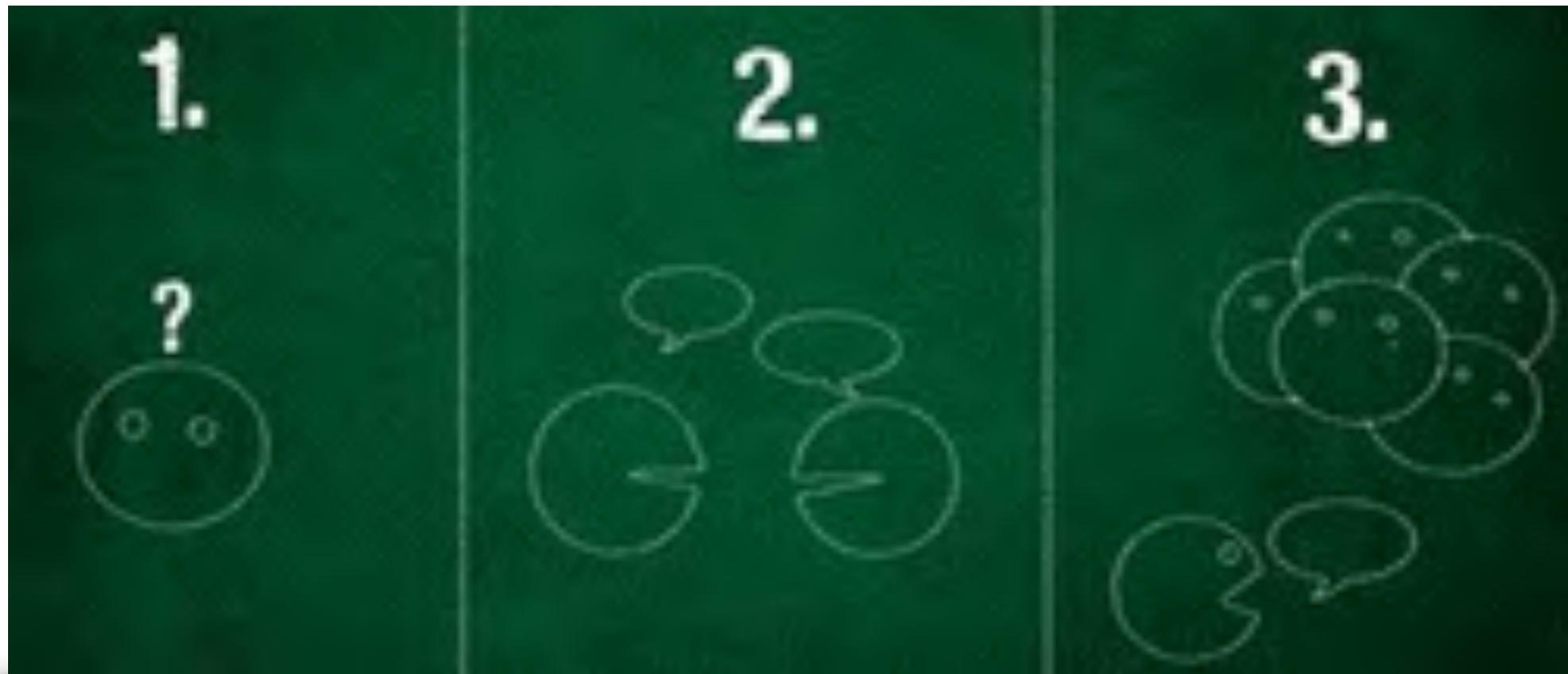
Alexander Graham Bell, 1875

(Dezi)bel

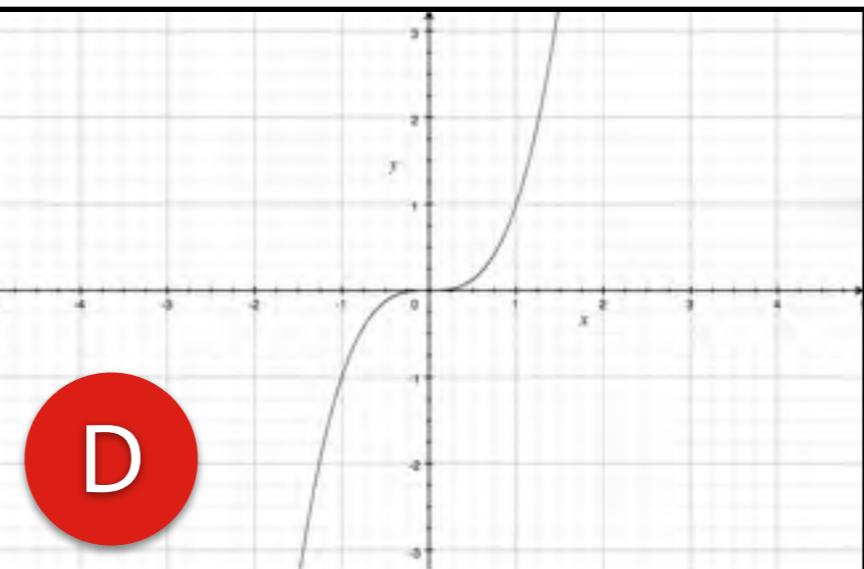
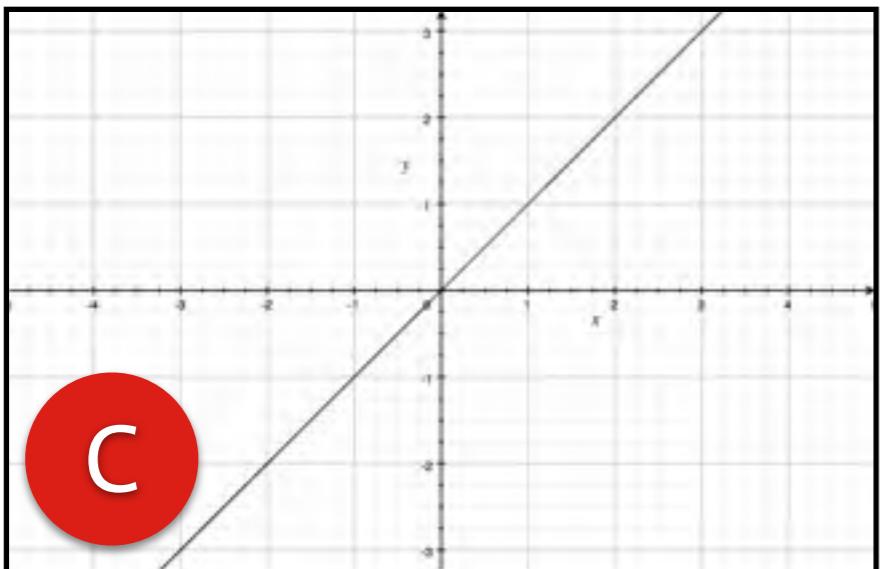
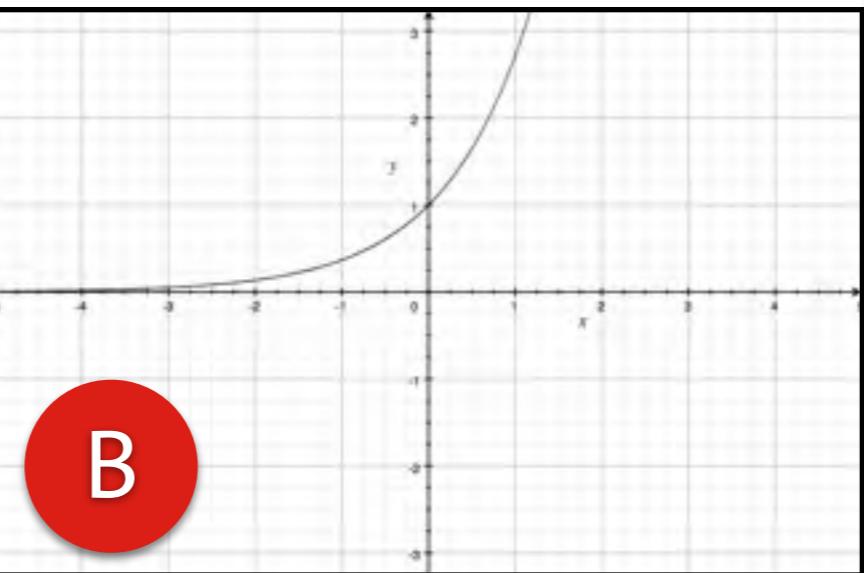
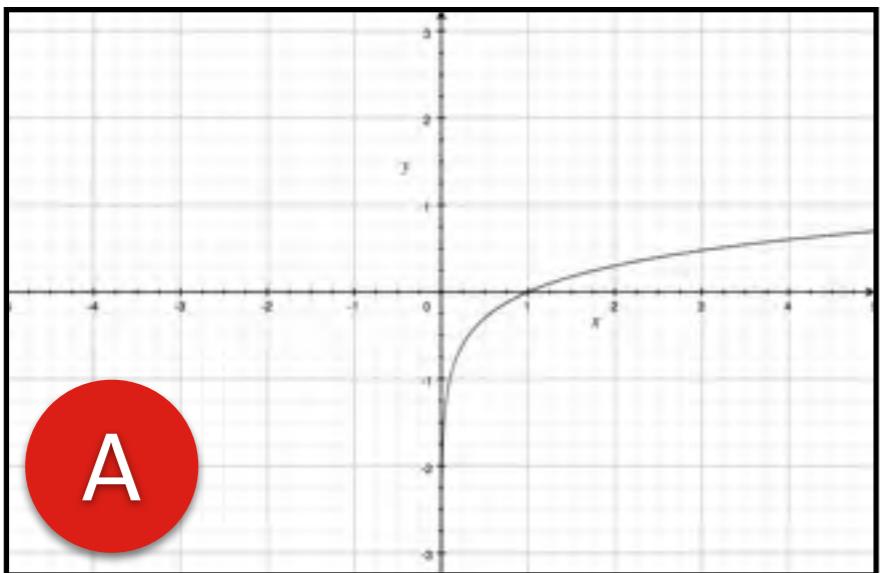
- **Dezibel** ist logarithmische Maßeinheit zur Kennzeichnung von Pegeln und Maßen
 - **Dezibel (dB)** = $1/10 \text{ Bel (B)}$
- **Dezibel** dient zur Kennzeichnung des Verhältnisses der Energiegröße P_2 und P_1 (:=Schalldruck bei Hörschwelle $2 \cdot 10^{-5}$ Pascal)

$$L = \log_{10} \left(\frac{P_2^2}{P_1^2} \right) B = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_2^2}{P_1^2} \right) dB = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_1} \right) dB$$

Think! Pair! Share!



Wie sieht die Logarithmus-Funktion aus?



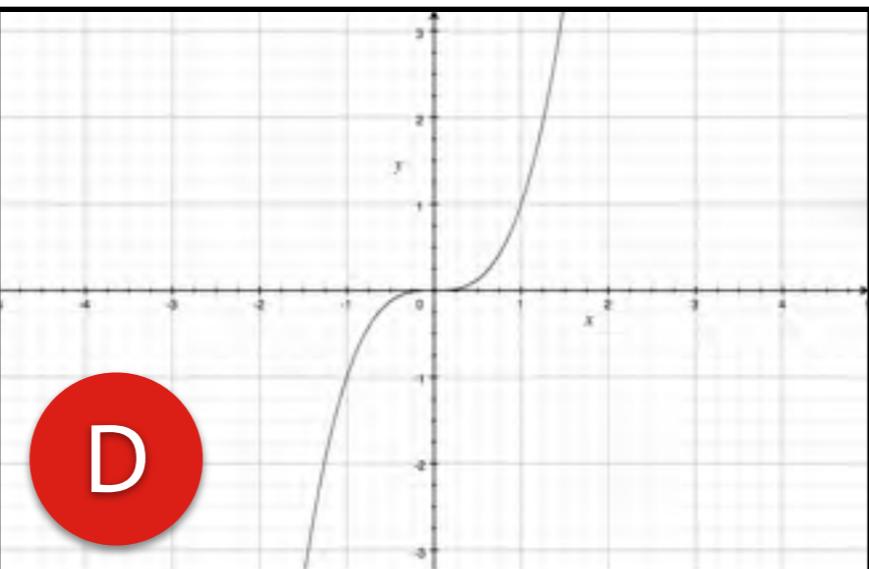
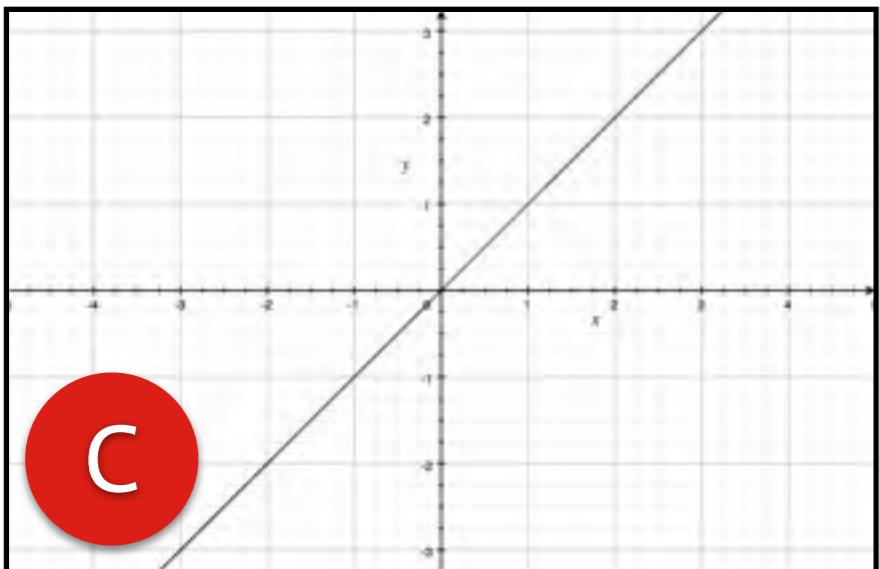
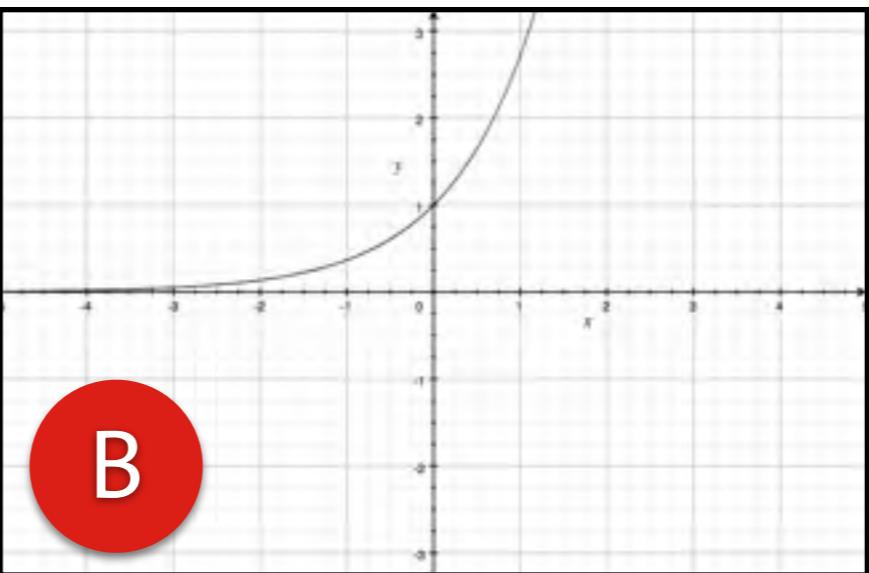
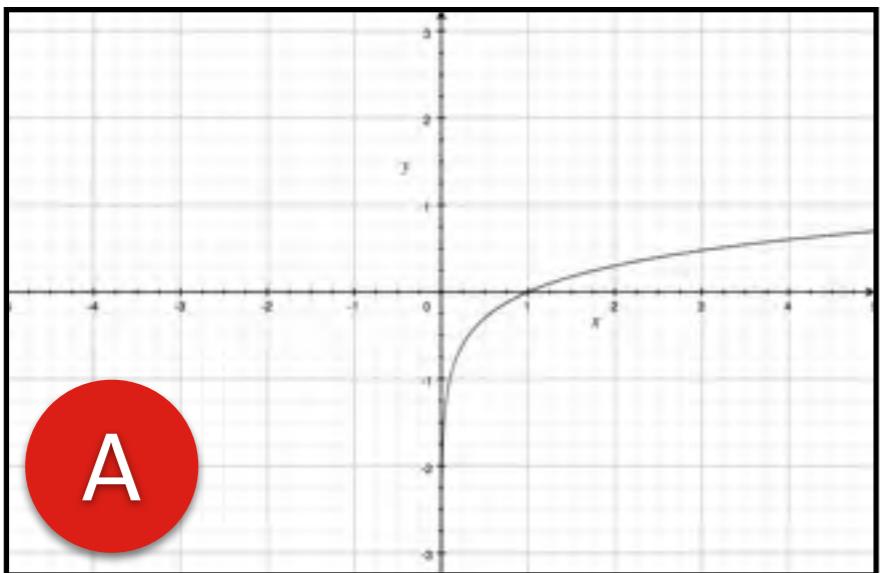
Wie sieht die Logarithmus-Funktion aus?

A

B

C

D



Wie sieht die Logarithmus-Funktion aus?

A

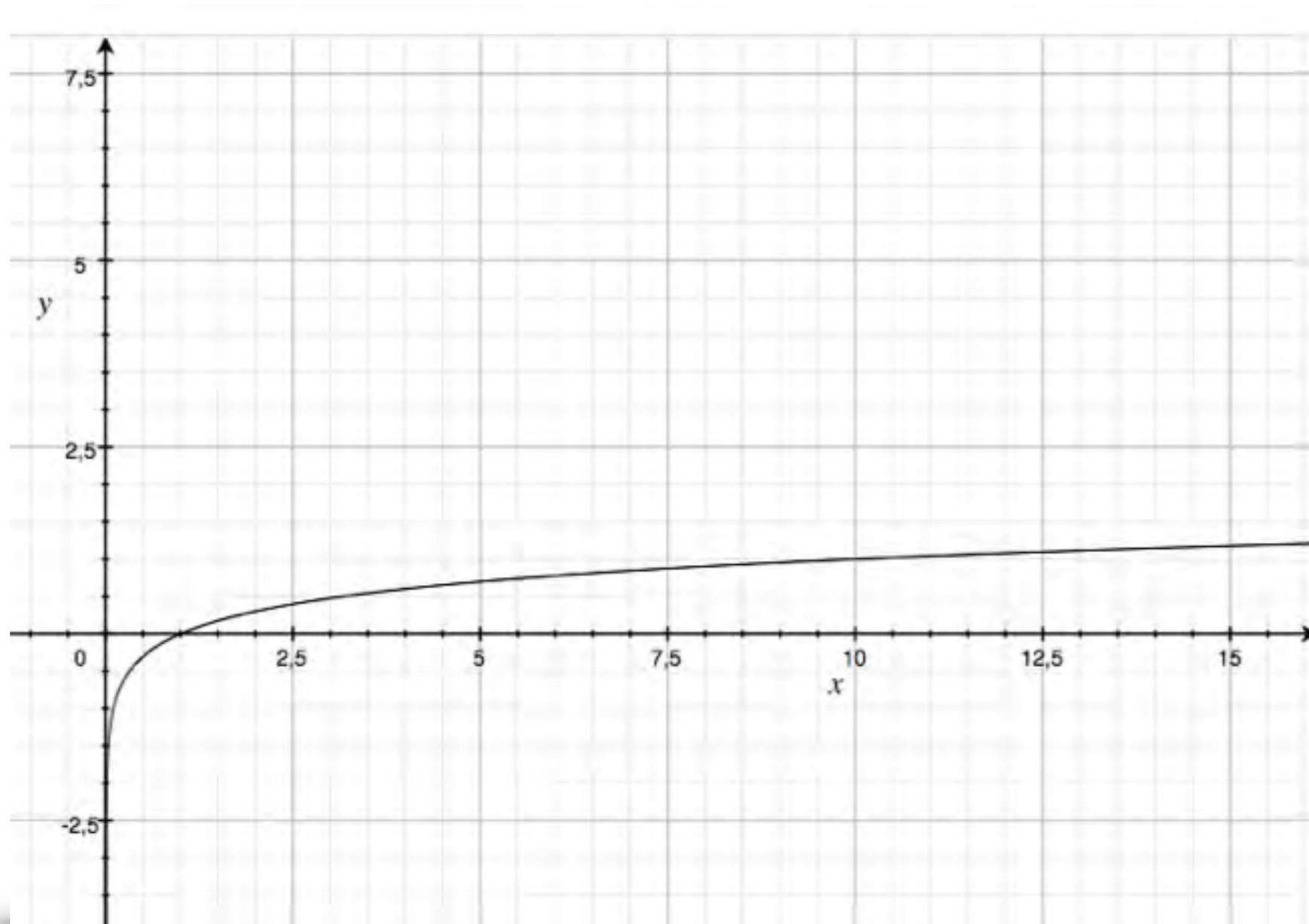
B

C

D

Funktion

Bsp: $y=\log(x)$



Umrechnung dB

Beispiele

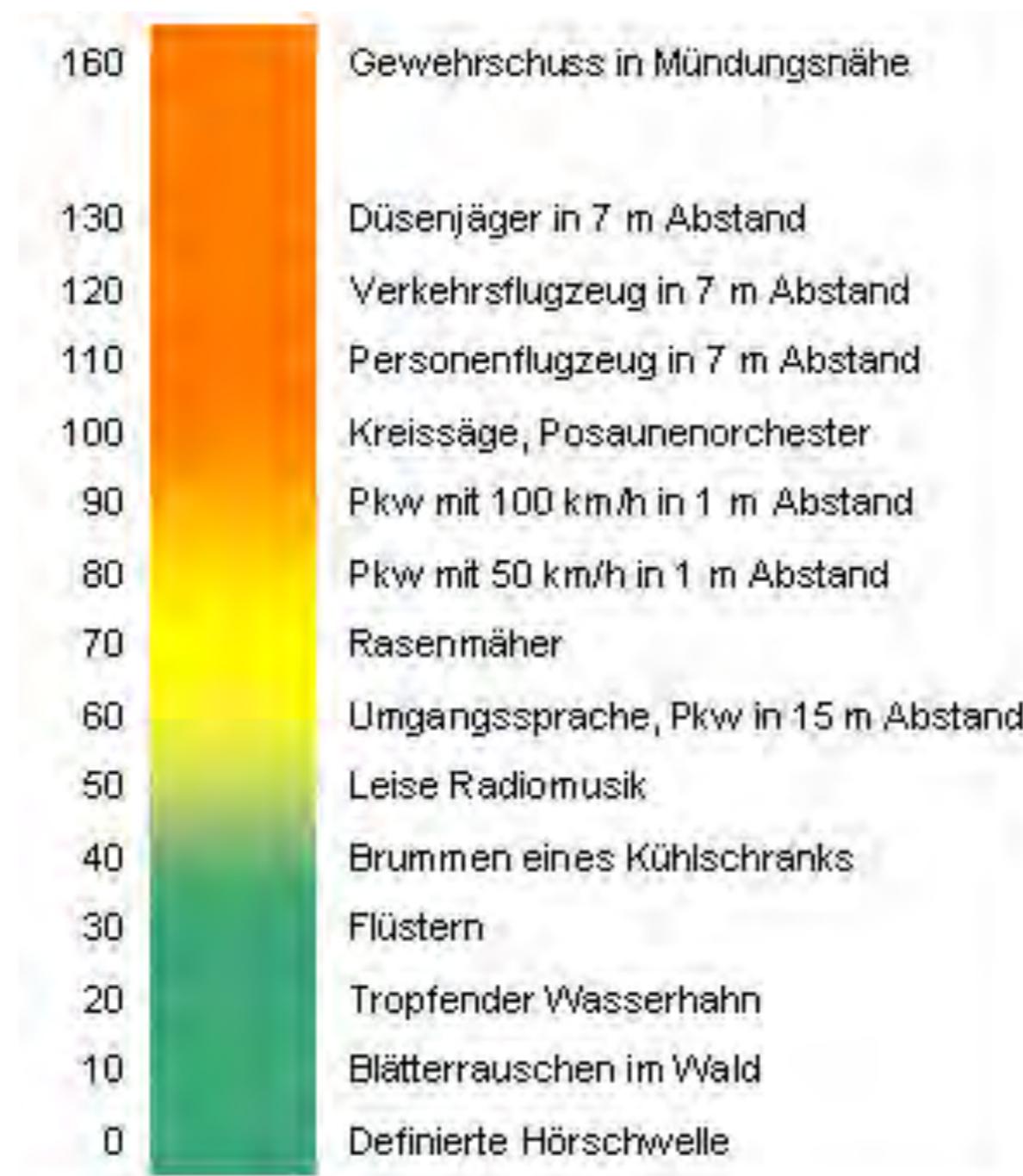
Sprechen →
Blätter rascheln →

P_2 / P_1	L
10000	80dB
100	40dB
10	20dB
4	12dB
2	6dB
1,26	2dB
1	0dB
0,79	-2dB
0,5	-6dB
0,25	-12dB
0,1	-20dB
0,01	-40dB
0,0001	-80dB

← Schreien
← Flüstern
← Hörschwelle

Pegelbereiche

Bsp: Lärm in dB



Lautstärke

Beispiel: $\pm 10\text{dB}$

Freude, schöner Götterfunken

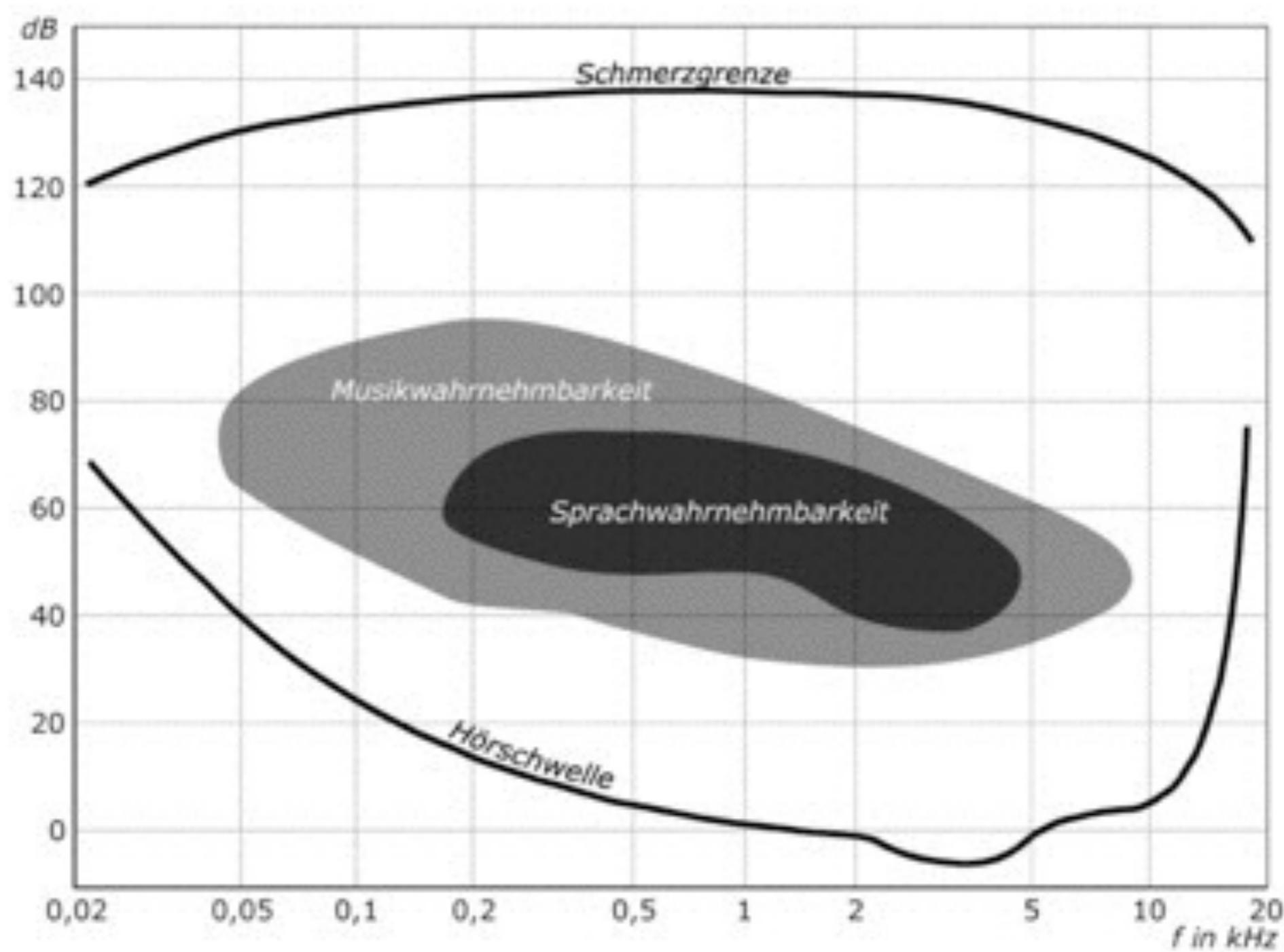
Allegro maestoso

Ludwig van Beethoven

The musical score for 'Freude, schöner Götterfunken' by Ludwig van Beethoven is shown in two staves. The top staff begins with a forte dynamic (f). The bottom staff begins with a piano dynamic (p). Both staves consist of quarter notes and eighth notes.



Lautstärke Wahrnehmung



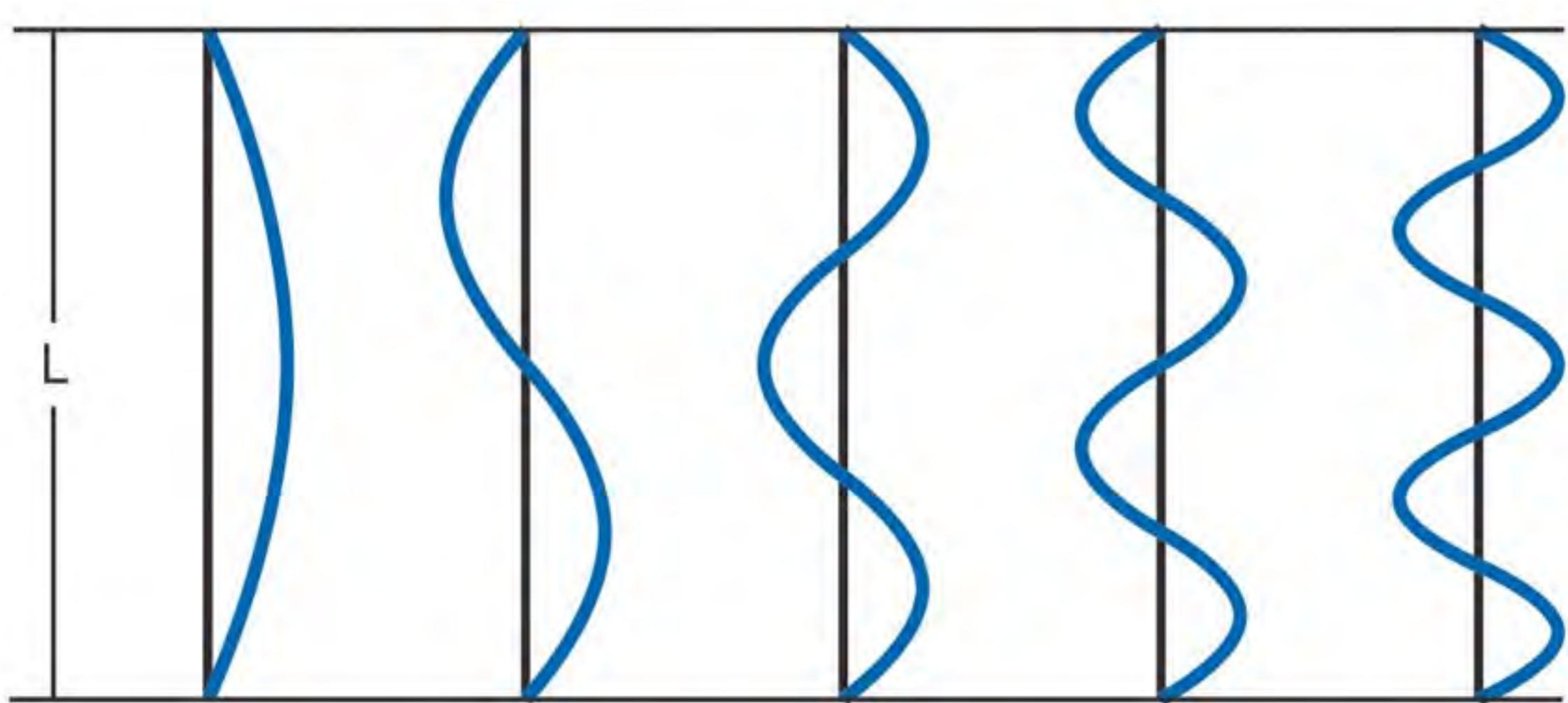
Töne

Grundton & Obertöne

- Töne werden oft dadurch erzeugt, dass Gegenstand (Saite, Stimmbänder) in Schwingung versetzt wird
- Schwingungen mit Wellen einer Grundfrequenz (**Grundton**) werden reflektiert
- Schwingung der n-fachen Grundfrequenz wird **n-te Harmonische** oder **(n-1)-te Oberton** genannt

Harmonische

Bsp: Grundton & Obertöne

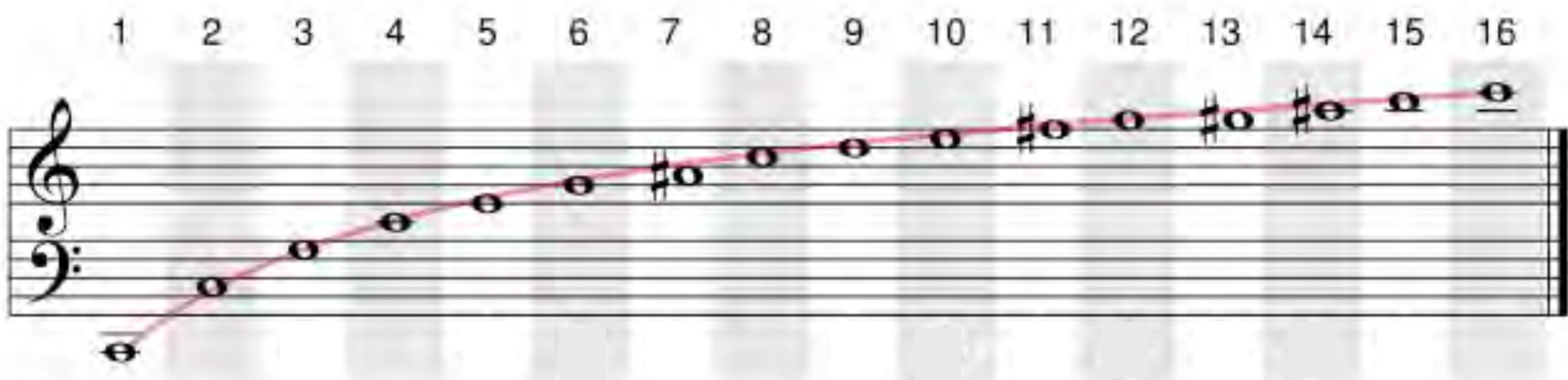


Klangfarbe

- **Klangfarbe** eines Tons ist spezifisches Gemisch aus **Grundton** und **Obertönen**
 - **Klangfarbe** hängt von Beschaffenheit des Tonerzeugers (z. B. Instrument, (Sing)stimme) ab
 - **Klangfarbe** und **(Ein-)schwingverhalten** lassen uns Töne auditiv unterscheiden

Obertonreihe

Beispiel



Psychoakustik

- **Psychoakustik** erfasst Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen eines Schallsignals und den dadurch ausgelösten Sinnesempfindungen

Mensch wahrnehmbare Eigenschaft	Computer physikalische Kenngröße
Tonhöhe	Grundfrequenz
Lautstärke	Druckamplitude
Klangfarbe	Frequenzspektrum

Hören

- **Hören** ist Sinneswahrnehmung von Schall, der sich in Form von Wellen in Medium mit **Schallgeschwindigkeit** c ausbreitet
- **Schwingungen** werden über Umgebungsmedium (Luft, Wasser) oder Untergrund (Vibrationen) übertragen
 - z.B. Feststoffe, Flüssigkeiten oder Gas
- Hören von Geräuschen basiert auf **Vibrationen im Ohr**

Ohr

Aufgaben

- Ohr ist Sinnesorgan, mit dem Schall aufgenommen wird
- Ohr unterteilt sich Außenohr, Mittelohr und Innenohr
- Ohr nimmt Änderungen des Luftdrucks wahr, transformiert diese in elektrische Signale, die über Hörnerv an Gehirn weitergeleitet werden

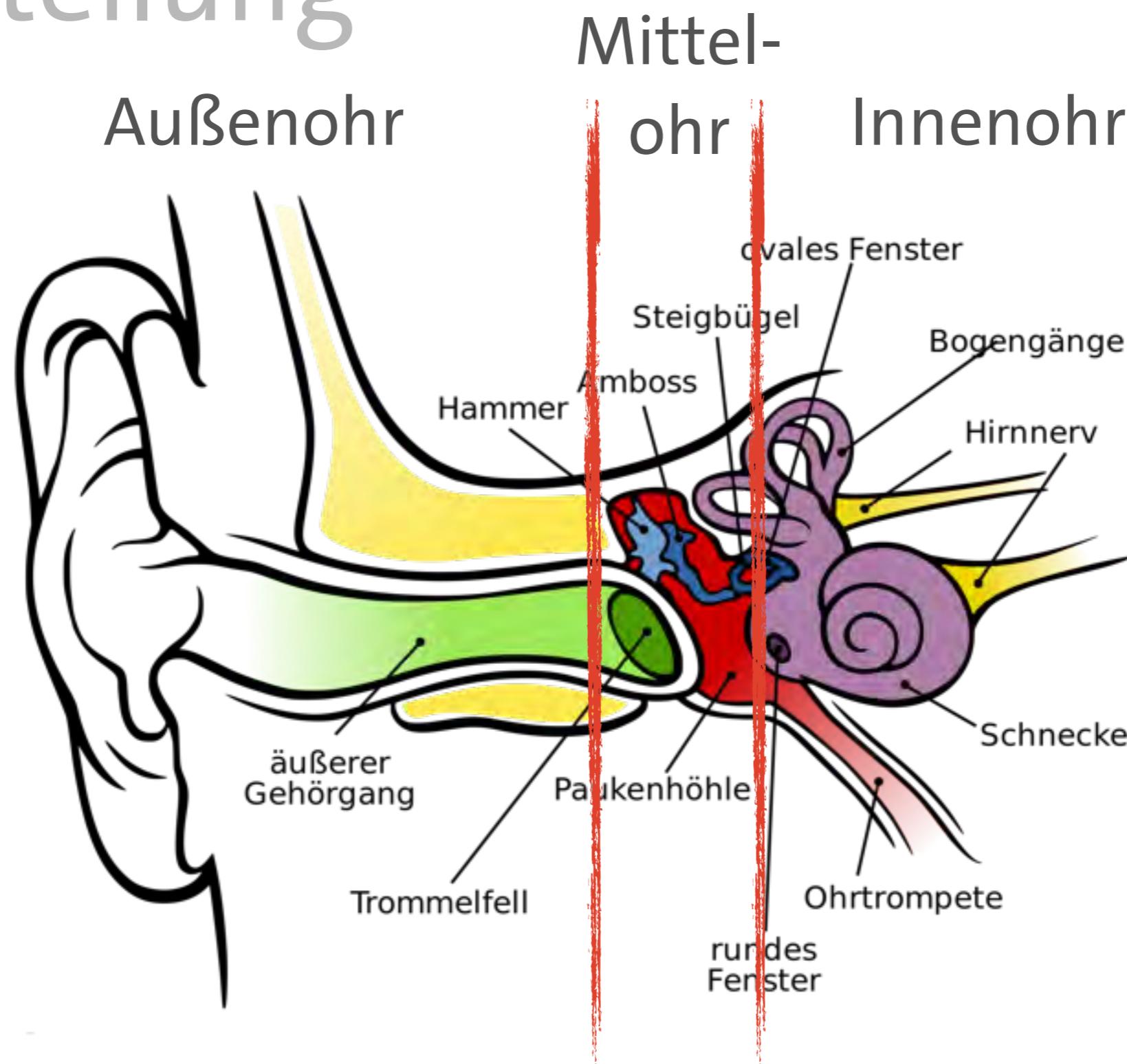
Ohr

Unterteilung

1. **Außenohr** beginnt bei Ohrmuschel und geht über Gehörgang zum Trommelfell
2. **Mittelohr** beginnt beim Trommelfell, geht über Gehörknöchelchenkette bis zur Schnecke (*Cochlea*)
3. **Innenohr** ist Schnecke und Hörnerv

Ohr

Aufteilung



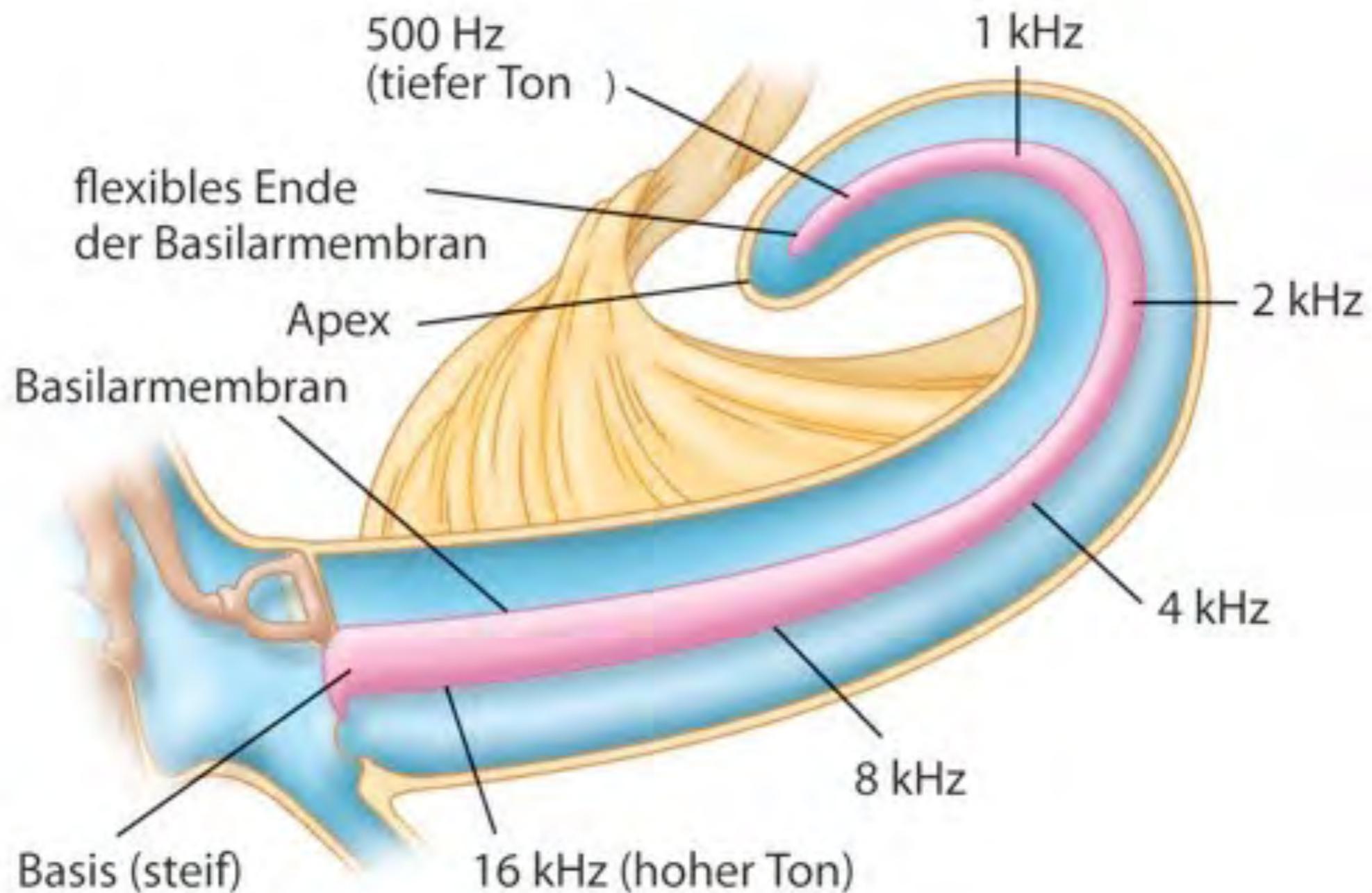
Mittelohr

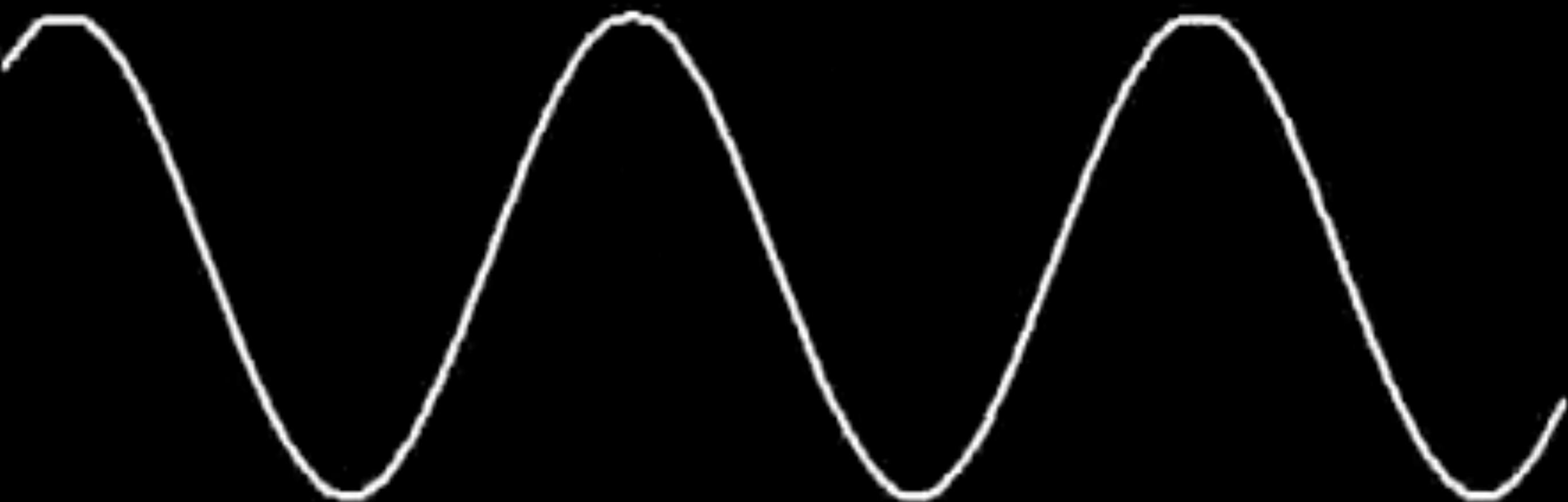
Trommelfell

- **Trommelfell** ist dünne (0,1 mm), kegelförmige Hautschicht, die zwischen Gehörgang und Mittelohr liegt
 - **Verdichtung** und **Verdünnung** des Luftdrucks führt dazu, dass Schallwellen im Ohrkanal **Trommelfell** vor und zurück schieben
- Vibration des **Trommelfells**

Gehörschnecke

Sensitivität





MED⁹EL

Zentrales Hören

1. **Transduktion** (Umwandlung von Schallwellen in neuronale Impulse)
2. **Gruppierung** der Klangbilder
3. **Szenenanalyse** und **Extraktion** von auditiven Eigenschaften
4. **Interpretation** der auditiven Umgebung

Geräuschlokalisierung

- Lokalisierung (Bestimmung von Richtung und Distanz) von **Geräuschquellen** wird durch **interaurale Unterschiede** abgeleitet
- Lokalisierungsfähigkeit des auditiven Systems ist sehr limitiert

Geräuschlokalisierung

Distanzhinweise

- **Interaurale Unterschiede**
 - Phasenverschiebung der Frequenzen
 - Interaurale Lautstärkenunterschiede
 - Dämpfung durch Ohrmuschel
- **Geräuschspektrum:** entfernte Geräusche klingen gedämpfter
- **Lautstärke:** entfernte Geräusche sind leiser

Geräuschlokalisierung

Distanzhinweise

- **Bewegungsparallaxe:** nahe Geräusche bewegen sich schneller am Hörer vorbei als entfernte
- **Reflektionen:** in geschlossenen Räumen erreicht direktes Geräusch Hörer schneller als die Reflektionen; Verhältnis gibt Aufschluss über Distanz

Geräuschlokalisierung

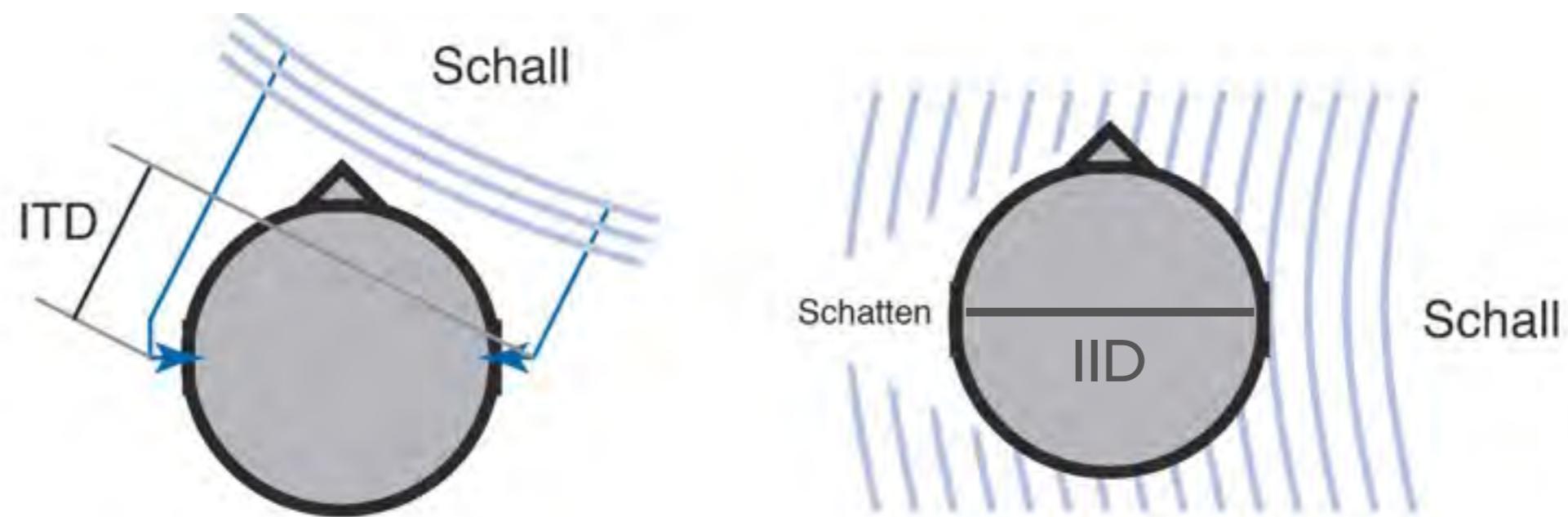
Bsp: Interaurale Differenzen

- **Interaurale Zeitdifferenz (engl. *interaural time difference, ITD*)**
 - zeitlicher Unterschied zwischen Hören mit linkem und rechtem Ohr
- **interaurale Intensitätsdifferenz (engl. *interaural intensity difference, IID*)**
 - Intensitäts-Unterschied zwischen Hören mit linkem und rechtem Ohr

Interaurale Differenzen

Head-Related Transfer Functions

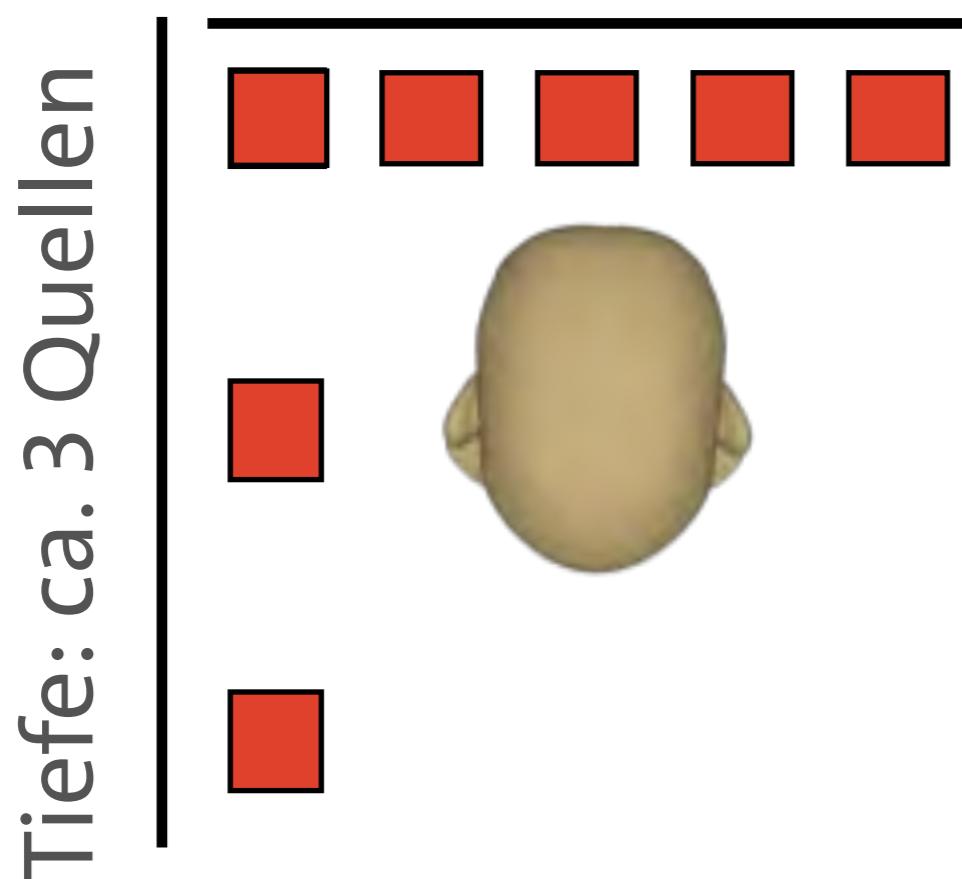
- Unterschiede der Signale, welche linkes und rechtes Ohr erreichen, lassen sich durch **Head-related Transfer Functions (HRTFs)** spezifizieren



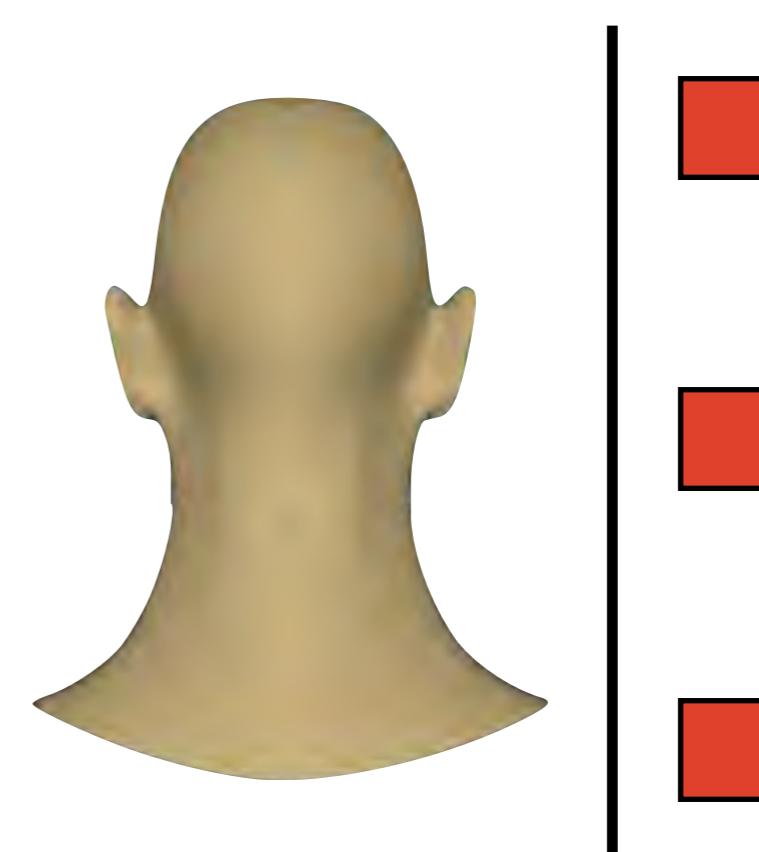
Geräuschlokalisierung

Beispiel

Horizontal: ca. 5 Quellen



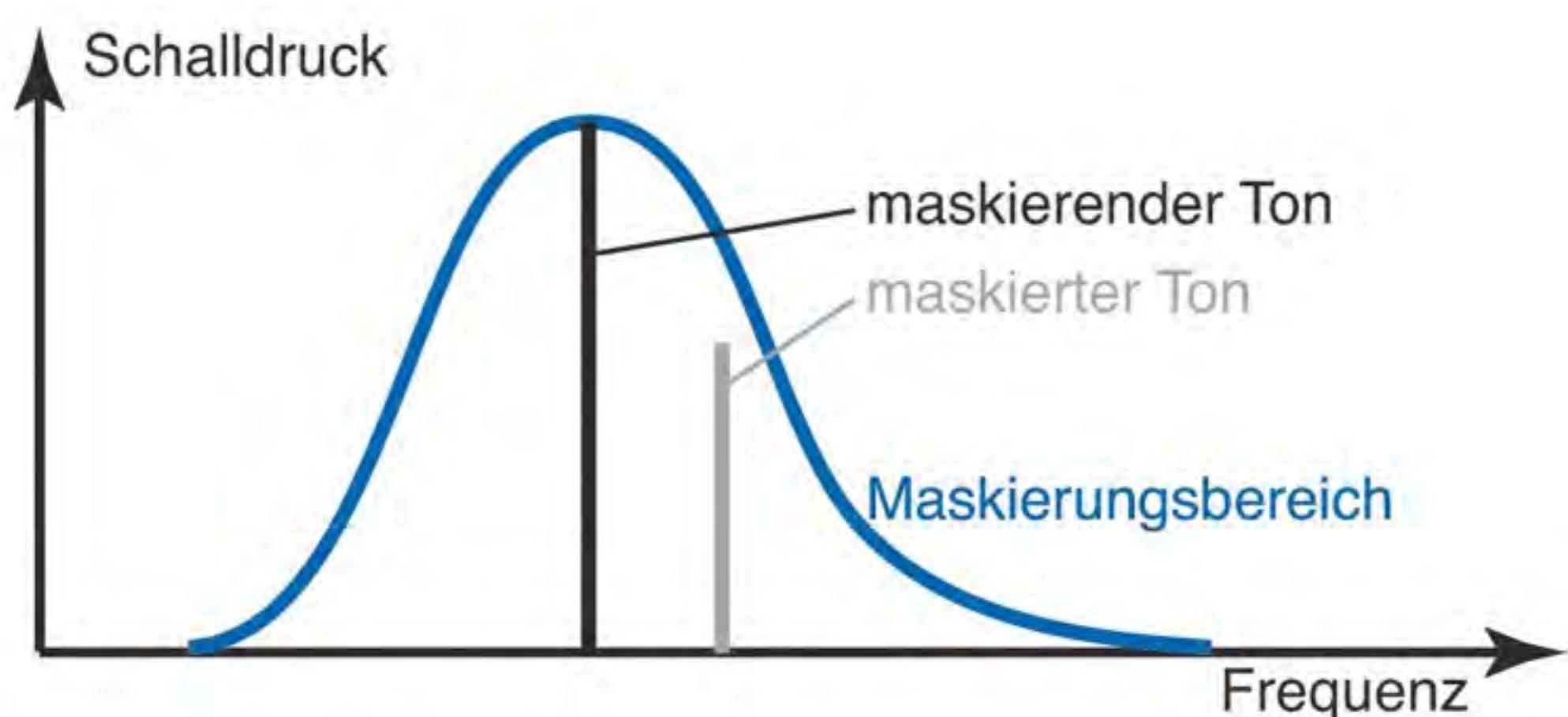
Vertikal: ca. 3 Quellen



Maskierung

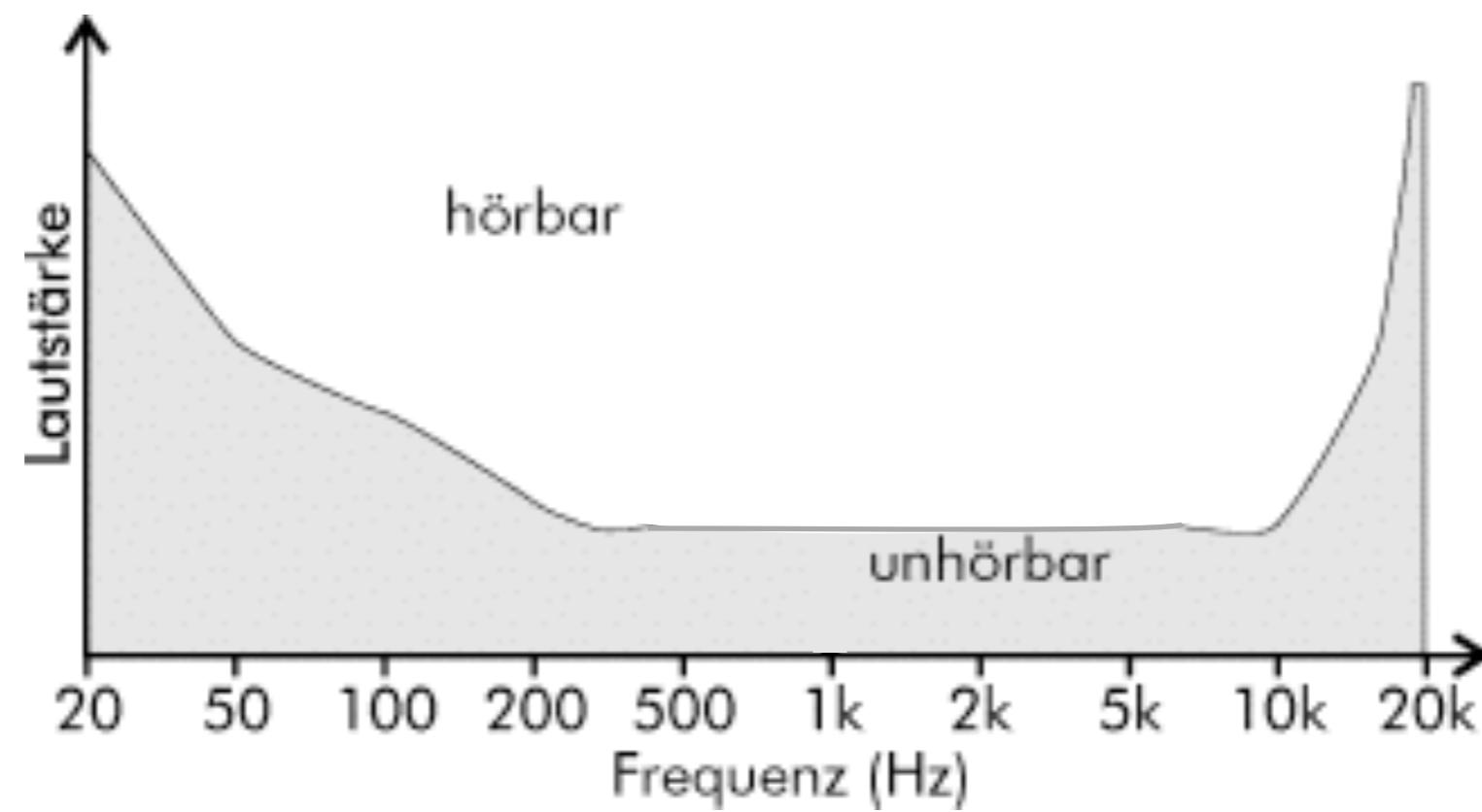
Simultane Frequenzmaskierung

- **Maskierung** eines Tons durch weiteren Ton tritt auf, falls zweiter Ton ähnlicher Frequenz *deutlich* lauter ist



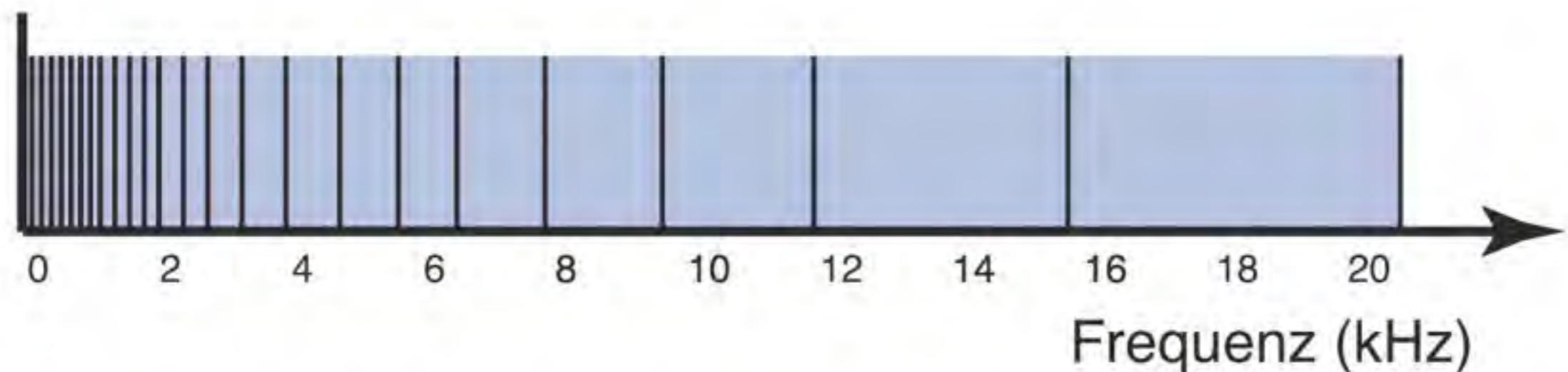
Modifizierte Hörschwelle

- Präsenz eines Signals modifiziert Hörschwelle, da Gehör in Umgebung dieser Frequenz weniger empfindlich wird



Kritische Bänder

- **Kritische Bänder** sind Frequenzbereiche, in denen Töne andere Töne stärker als bestimmter Schwellwert beeinflussen (z.B. Maskierung)



MPEG-1 Audio Layer III

Beispiel: 128 kBit/s



MPEG-1 Audio Layer III

Beispiel: 64 kBit/s



MPEG-1 Audio Layer III

Beispiel: 8 kBit/s



Fokus: IxD

Auditory Icon

- **Auditory Icon** ist akustische Symbol, welches Objekt oder Vorgang im UI darstellt
- **Auditory Icon** wird meist durch natürliches Geräusch wiedergegeben

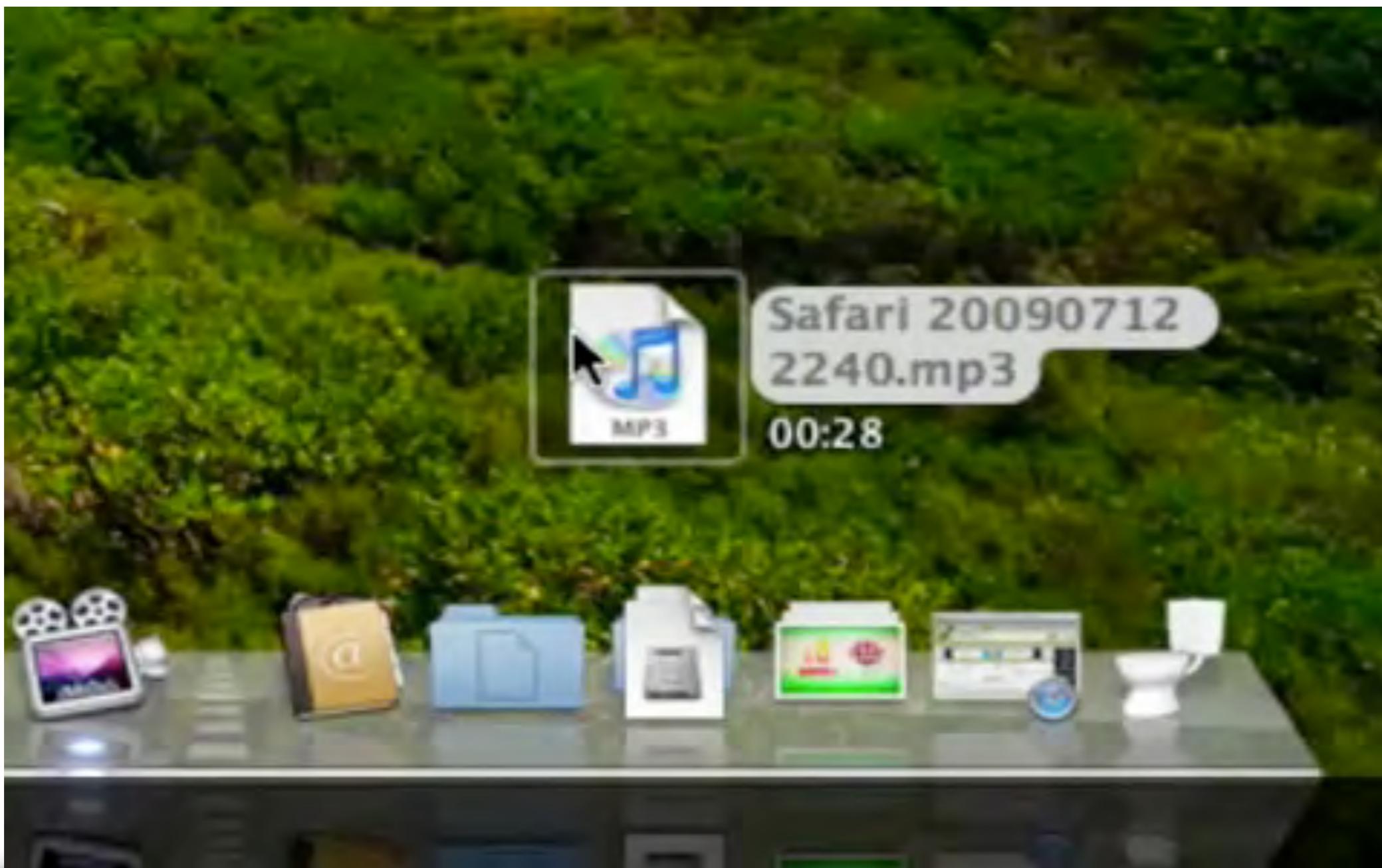
Auditory Icons

Beispiele



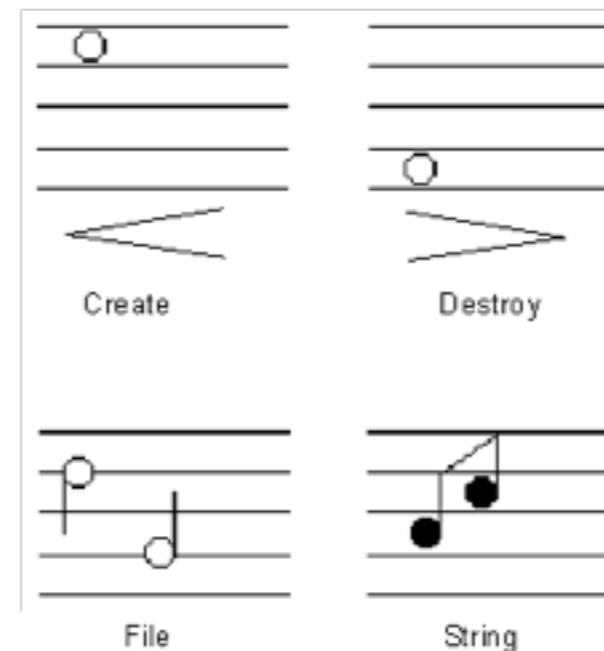
Auditory Icon

Beispiel



Earcon

- Earcon ist synthetisches Geräusch zur abstrakten Codierung von Information im UI, z.B.



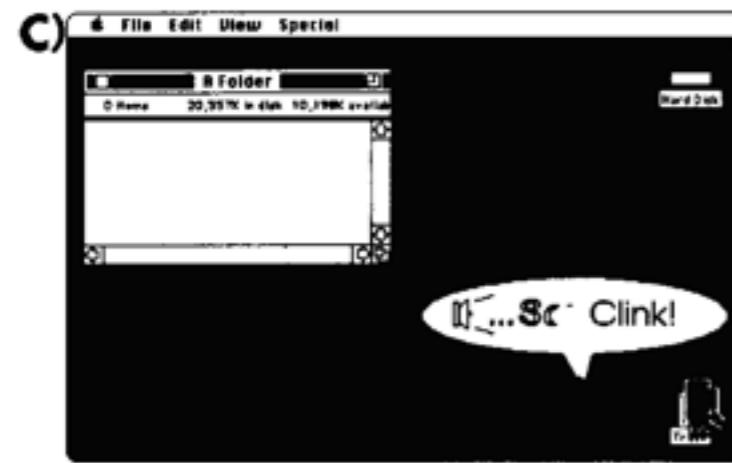
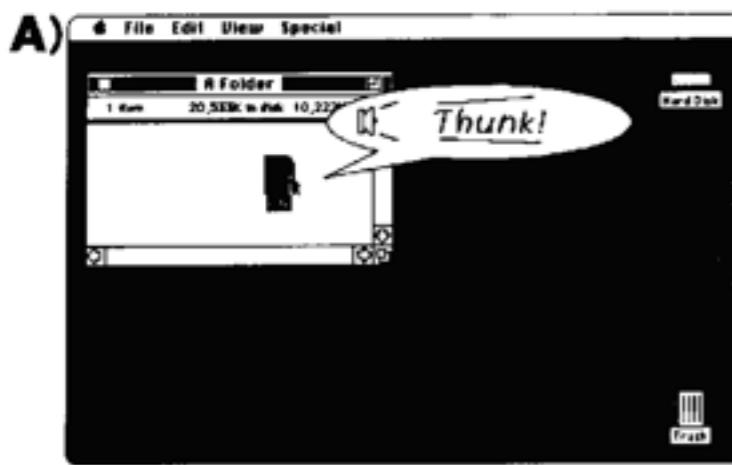
→ Bedeutung von Earcon muss erlernt werden

Earcon Beispiel



Auditory Icons & Earcons

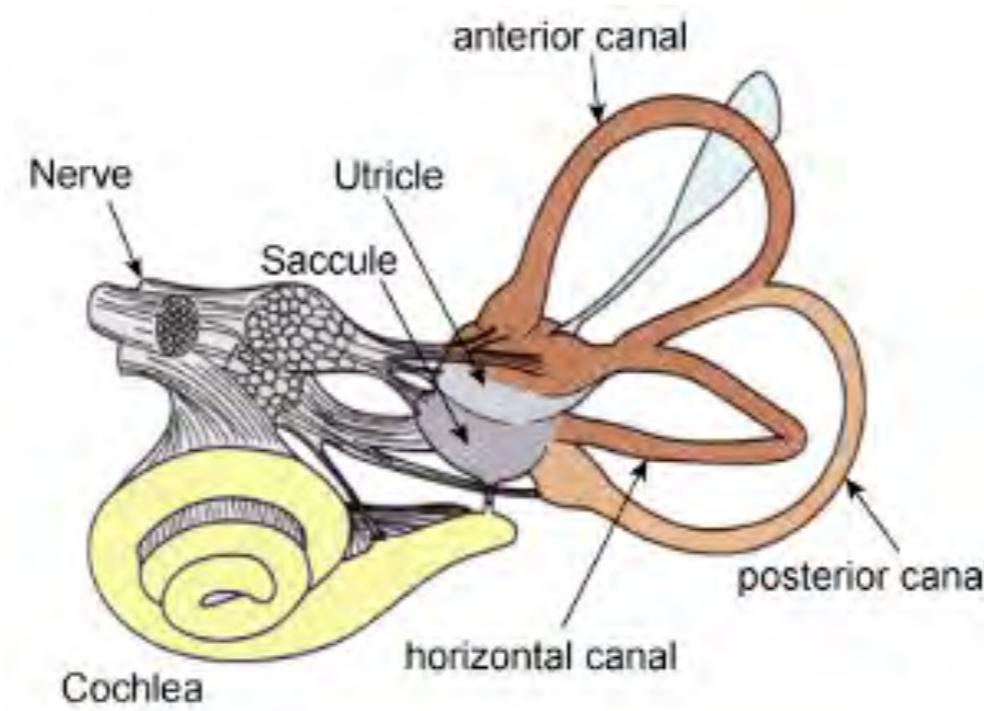
Beispiel: SonicFinder



Event to Sound Mappings for the SonicFinder	
Computer Finder Event	Auditory Icon
Objects	
Selection	Hitting Sound
Type (file, application, folder, disk, trash)	Sound Source (wood, metal, etc.)
Size	Pitch
Opening	Whooshing Sound
Size of opened object	Pitch
Dragging	Scraping Sound
Size	Pitch
Location (window or desk)	Sound type (bandwidth)
Possible Drop-In ?	Disk, folder, or trashcan selection sound
Drop-In	Noise of object landing
Amount in destination	Pitch
Copying	Pouring sound
Amount completed	Pitch
Windows	
Selection	Clink
Dragging	Scraping
Growing	Clink
Window size	Pitch
Scrolling	Tick sound
Underlying surface size	Rate
Trashcan	
Drop-in	Crash
Empty	Crunch

Vestibulärer Sinn

- **Vestibulärer Sinn** dient zur Feststellung von linearer und (Dreh-)Beschleunigung
- **Wahrnehmung der Gravitation** durch Richtung der Erdanziehungskraft



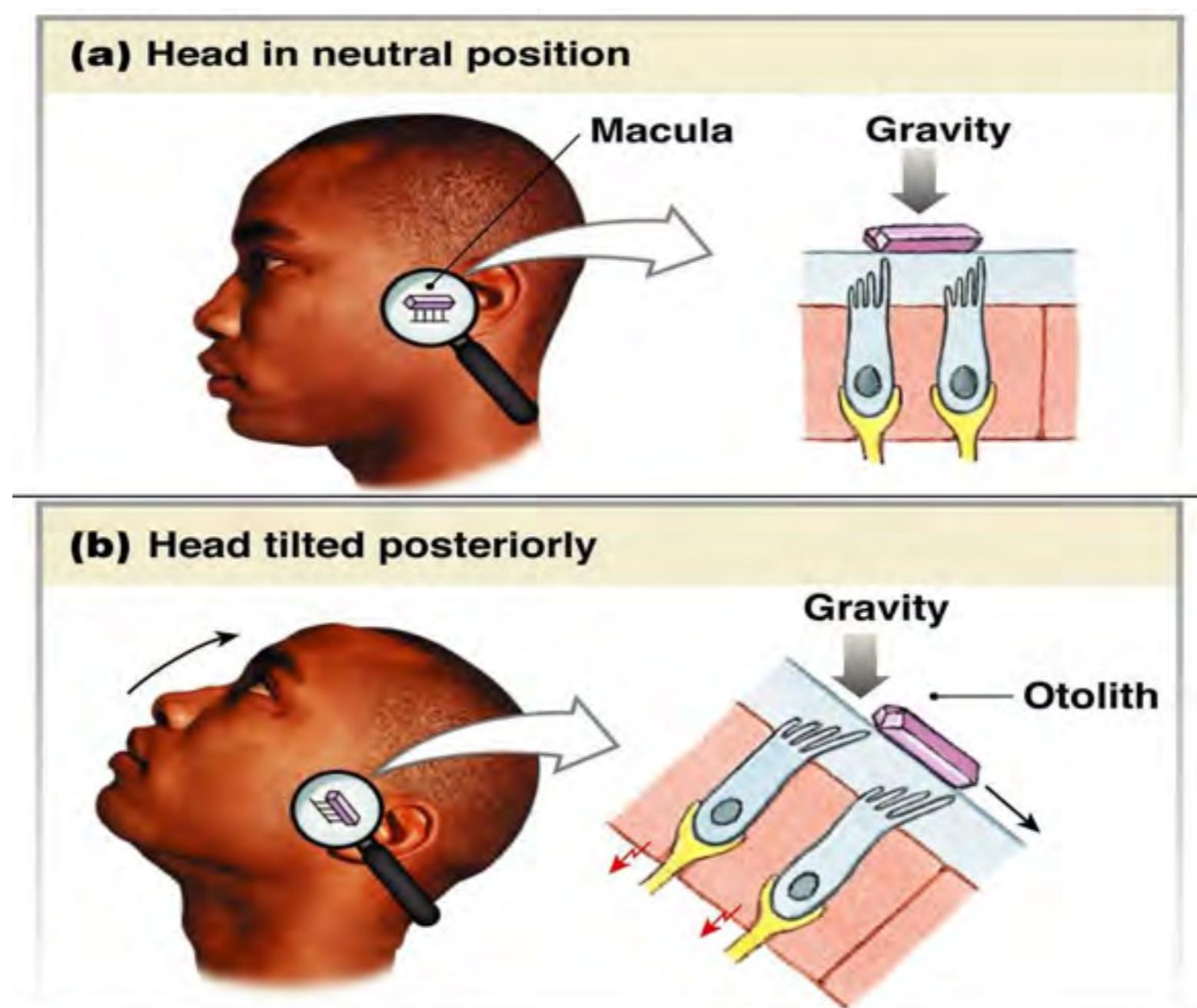
Vestibulärer Sinn

Beispiel: Bogengänge



Vestibulärer Sinn

Beispiel: Otolithen



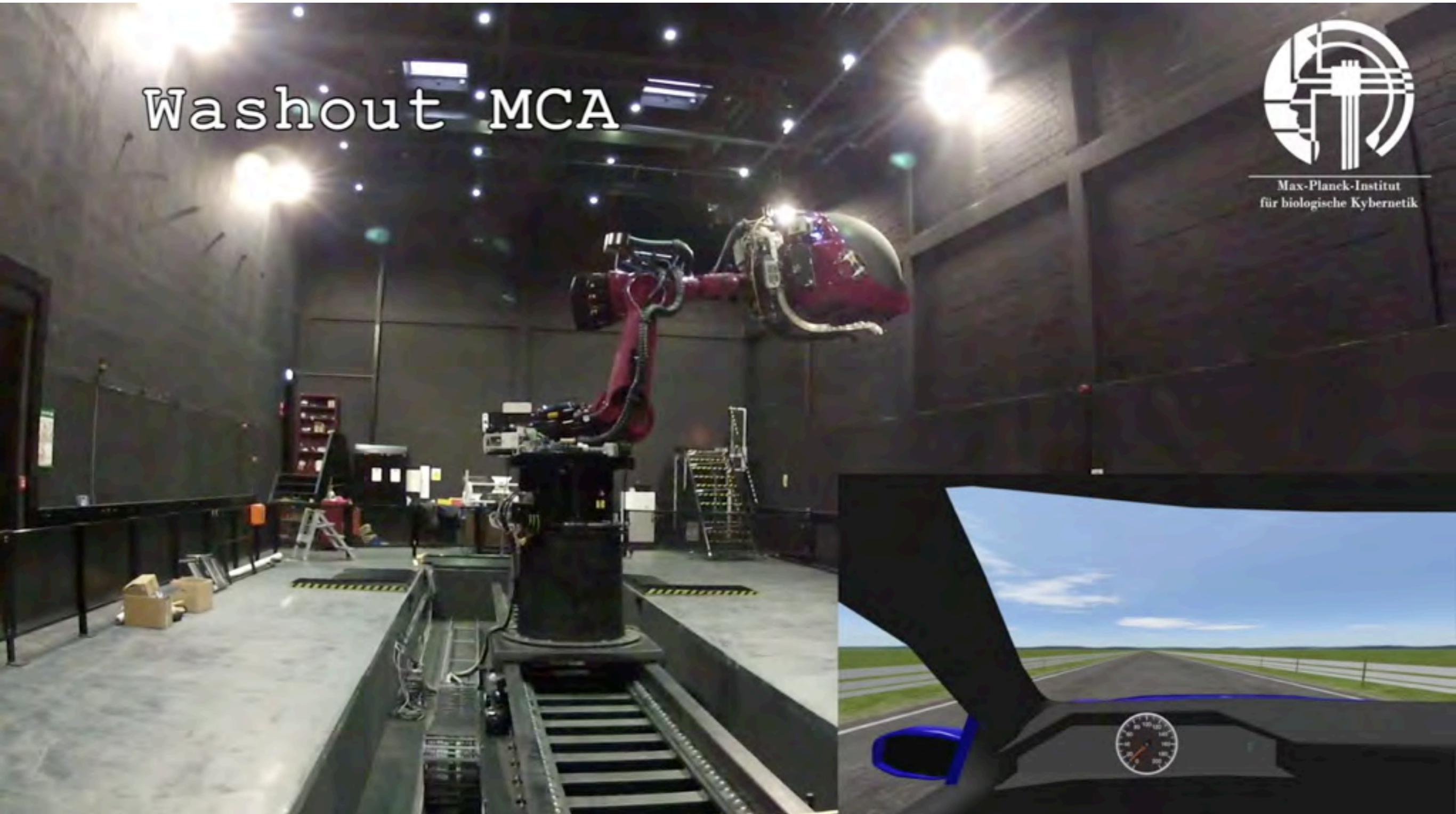
Vestibulärer Sinn

Beispiel: Bewegungssimulator

Washout MCA

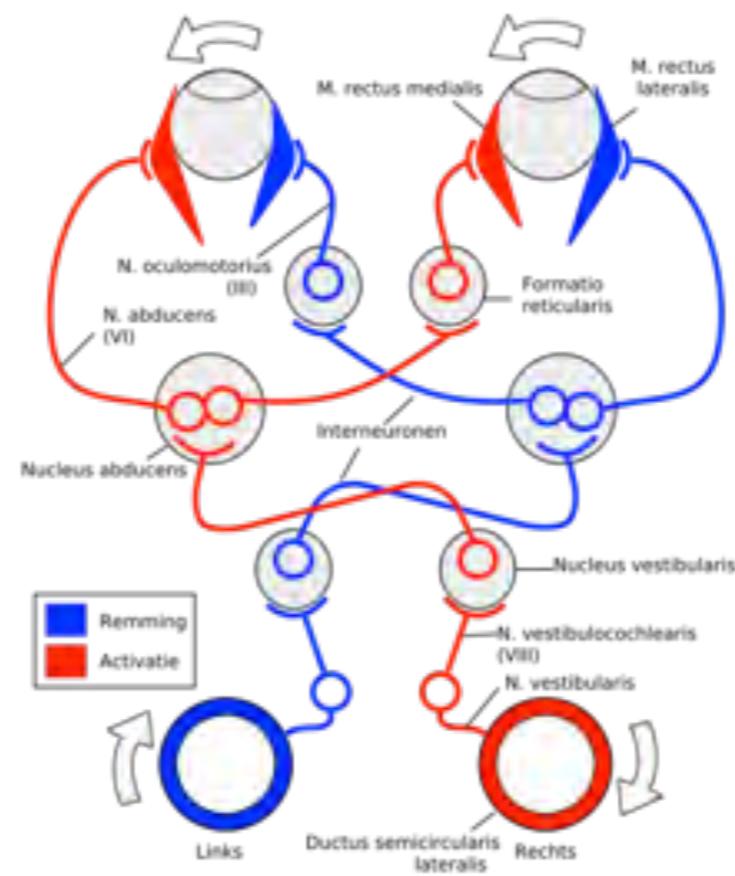


Max-Planck-Institut
für biologische Kybernetik



Vestibulookulärer Reflex

- **Vestibulookulärer Reflex (VOR)** beschreibt Augenreflex der zur Stabilisation des Bildes auf Retina während Kopfbewegungen dient



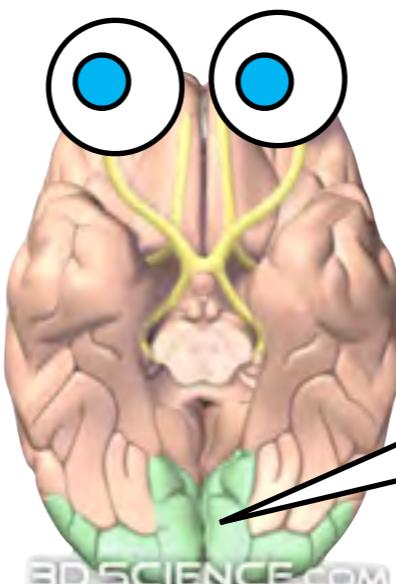
Eigenbewegung

- Informationen der Sinne sind oft im **Konflikt**, z.B. visuelle Bewegung wird stationären Benutzer präsentiert
- **Dominanz** einzelner Sinne, z.B. dominiert visueller Sinn häufig vestibuläre und propriozeptive Informationen, bspw. lineare Vektion

Visuell vs. Vestibular I

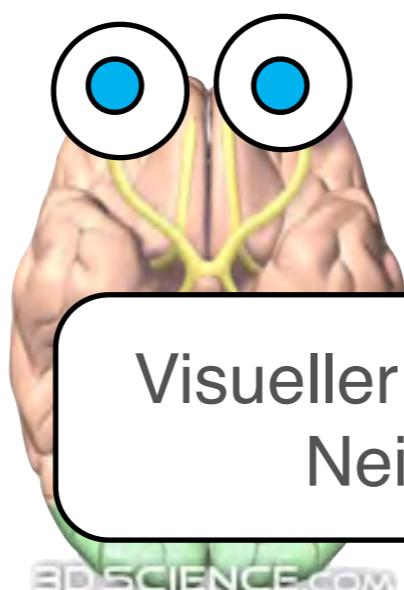


Vestibularer Sinn:
Nein!



Visueller Kortex:
Bewegung!

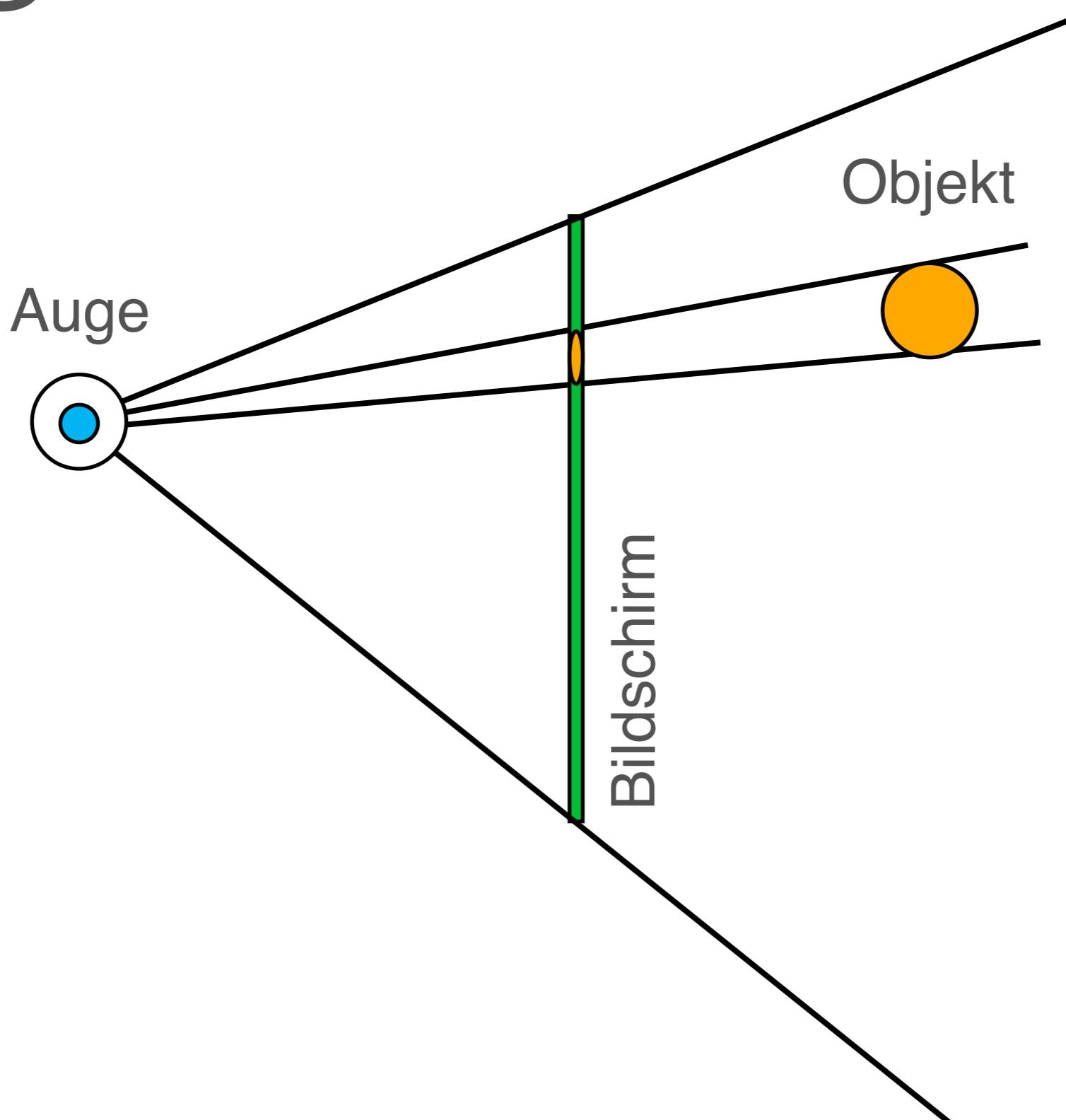
Visuell vs. Vestibular II



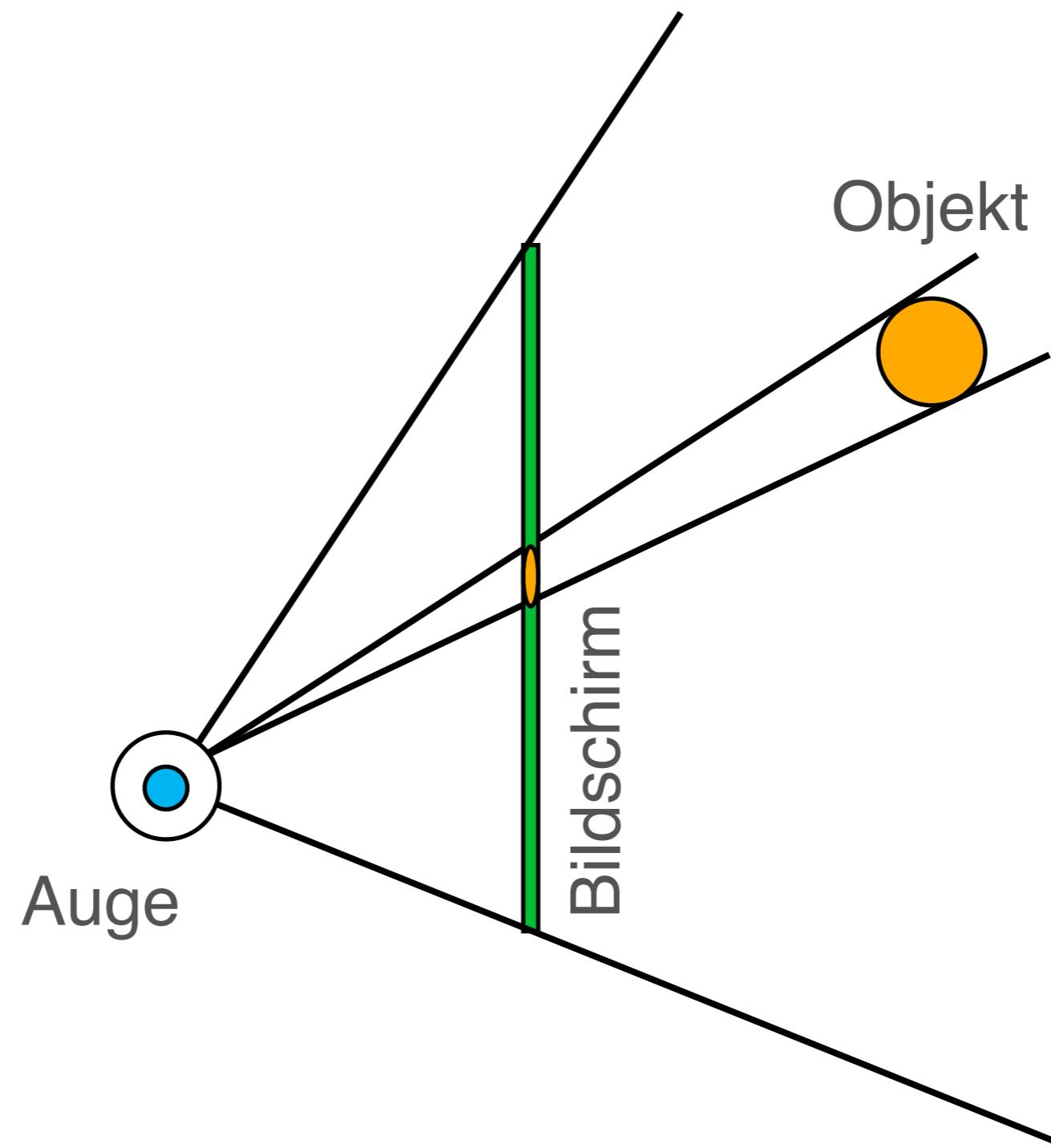
Visueller Kortex:
Nein!

Vestibularer Sinn:
Bewegung!

Auge zu Monitor

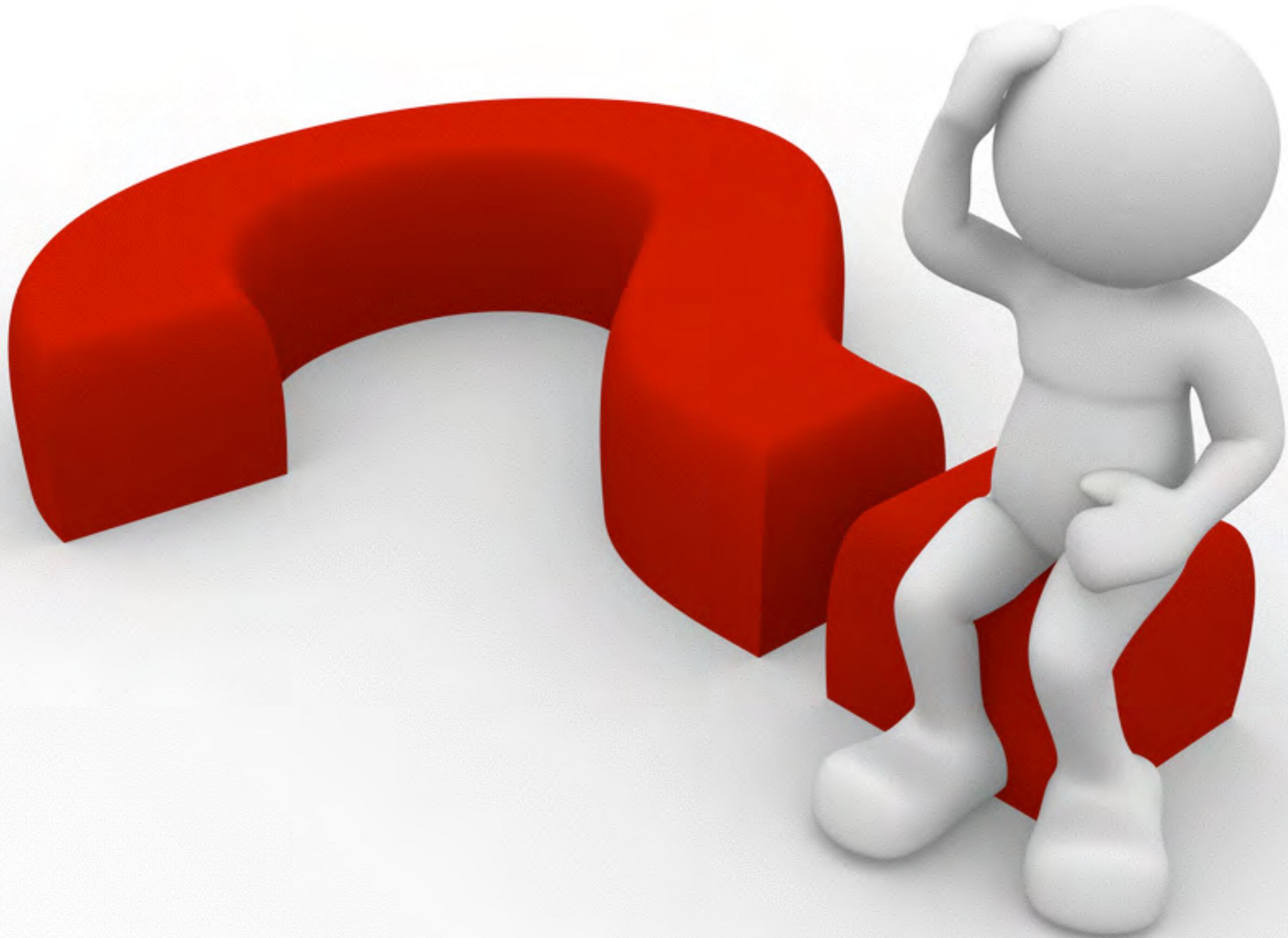


Auge zu Monitor





J. Lee: Head Tracking with Wii Remote, 2007





Mensch-Computer-Interaktion

Kapitel Wahrnehmung

Tastsinn

Tastsinn

- Tastsinn (engl. *sense of touch*) umfasst diverse Wahrnehmungsaspekte:
 - Druckwahrnehmung
 - Temperaturwahrnehmung
 - Schmerzwahrnehmung
 - Viszerozeption
 - ...

Tastsinn

Oberflächensensibilität & Haptik

- Tastsinn wird als Oberbegriff für **taktile** und **haptische Wahrnehmung** verwendet
 - **taktile Wahrnehmung** (**Oberflächensensibilität**) beschreibt *passives Berührtwerden*
 - **haptische Wahrnehmung** beschreibt *aktives Erkunden* durch Tastsinn

Tastsinn

Wahrnehmung

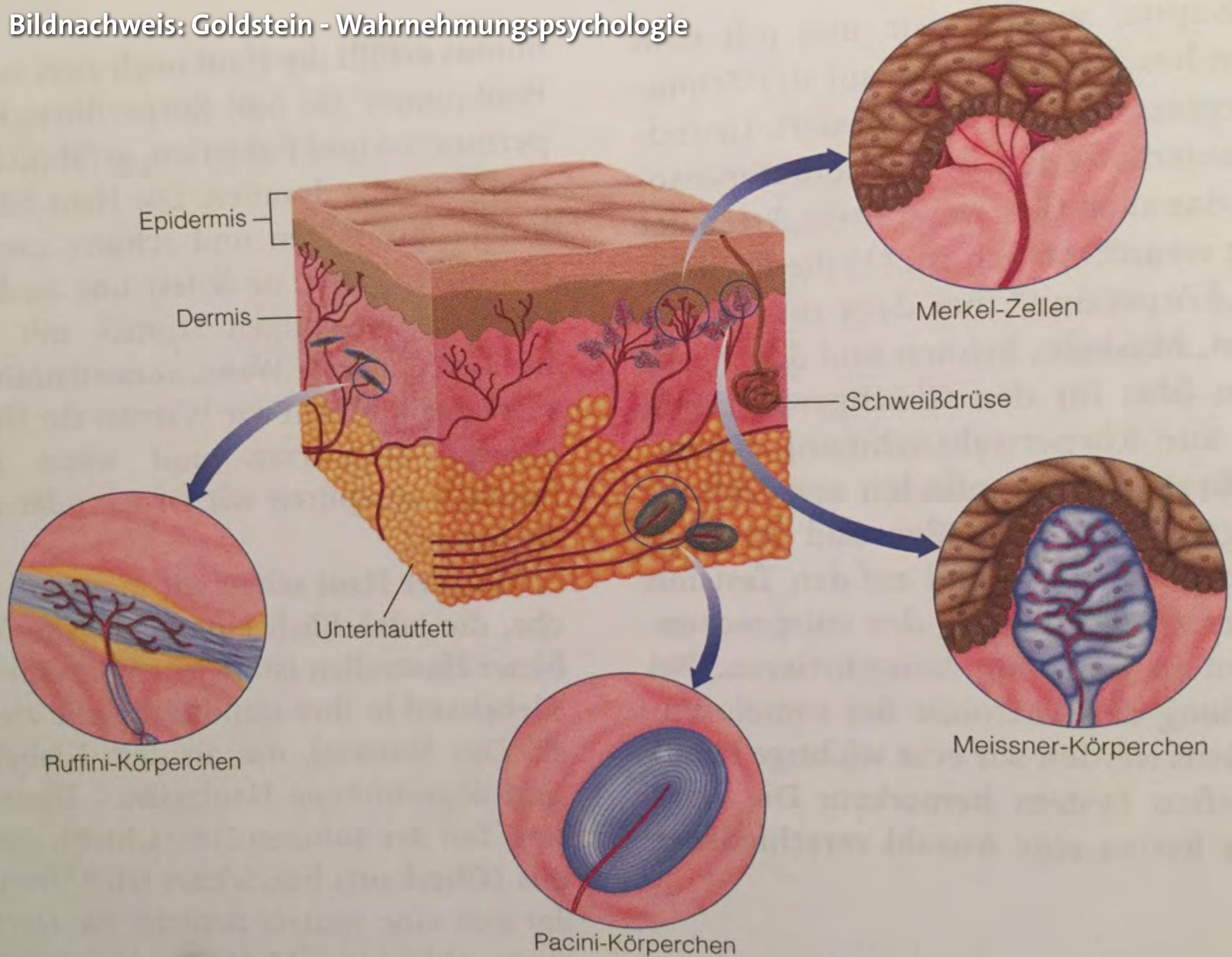
- **Taktile Wahrnehmung** (**Oberflächensensibilität**) basiert auf unter der Haut liegenden **Rezeptoren**, die auf Stimuli (Druck, Wärme, Schmerz) reagieren
- **Haptische Wahrnehmung** basiert darüber hinaus auf kinästhetischen Rezeptoren der Muskeln, Sehnen und Gelenken

Taktile Wahrnehmung

Rezeptoren

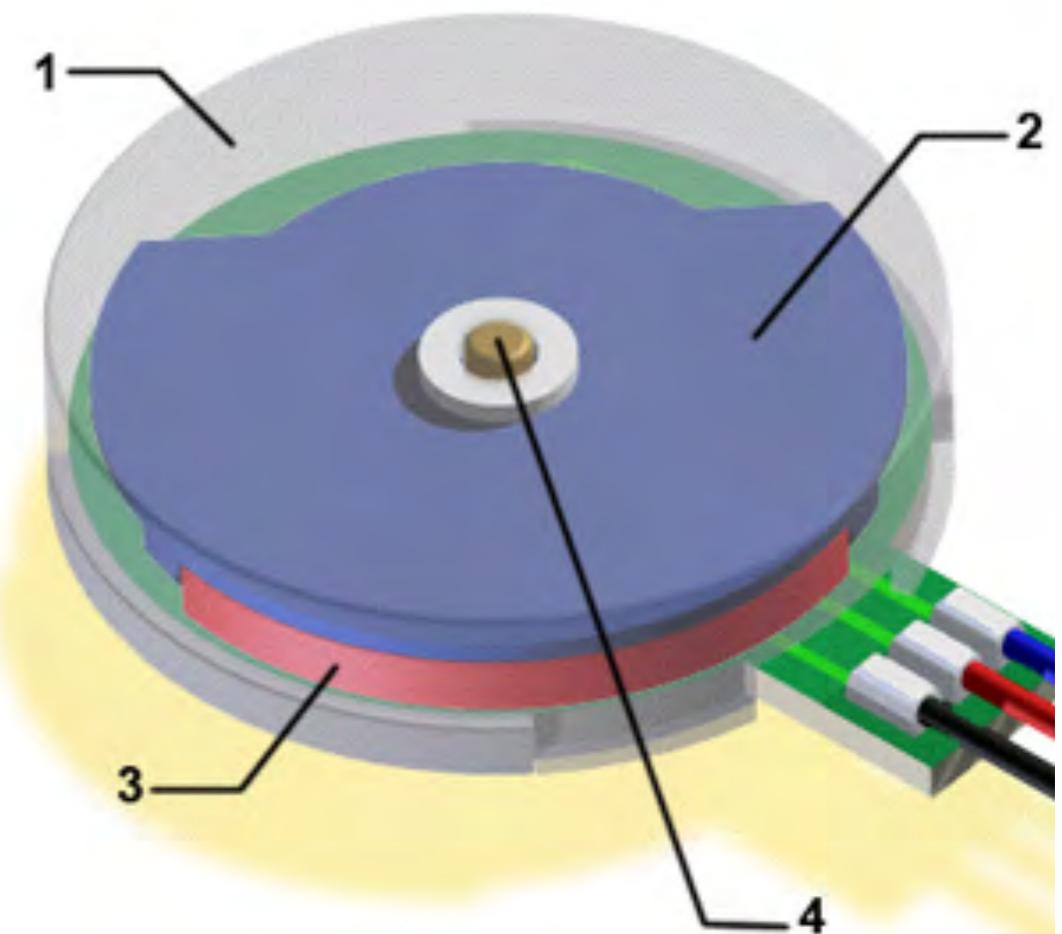
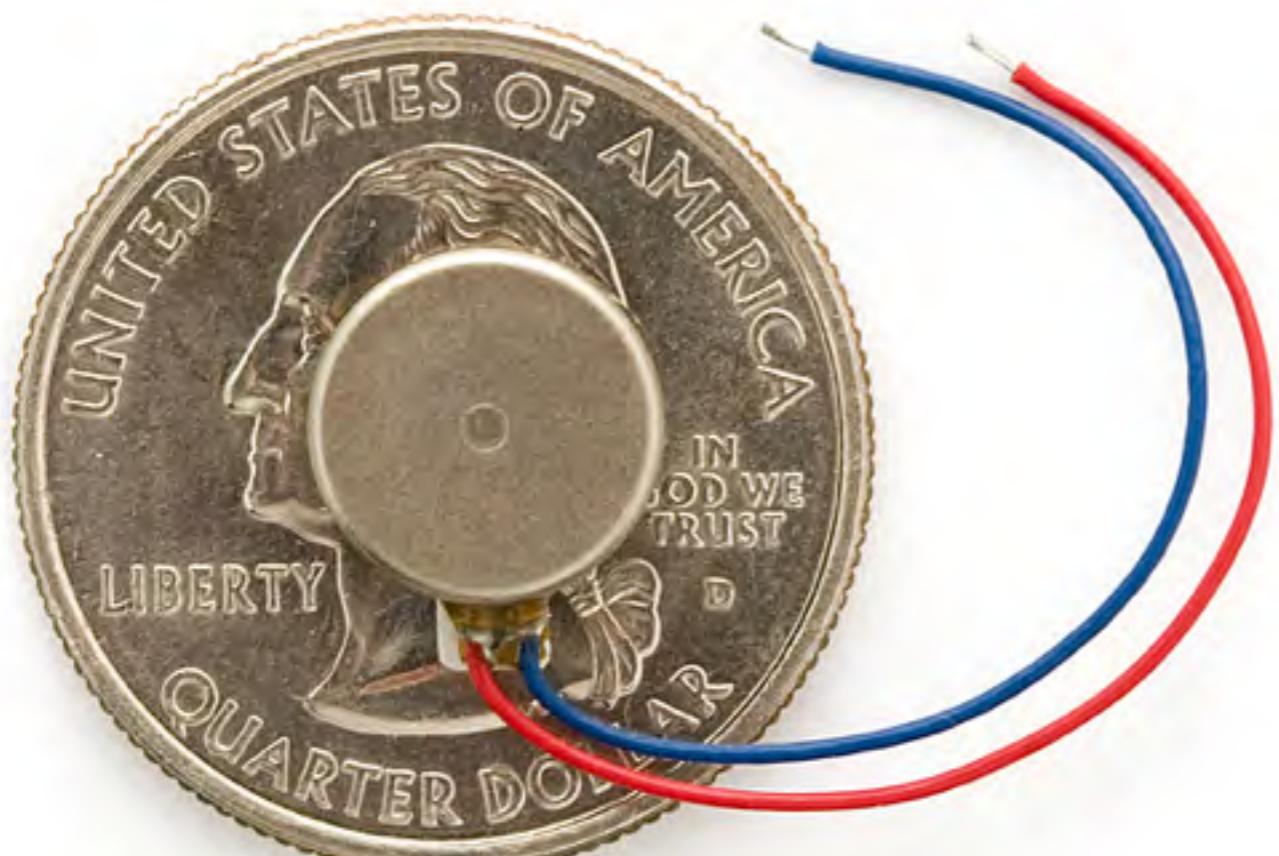
- Rezeptoren des Tastsinns werden in Mechanore-, Thermore- und Nozizeptoren unterteilt
- Rezeptoren erlauben Wahrnehmung von Druck, Berührung und Vibrationen (3-500Hz) sowie Temperatur (Thermoreptoren) und Schmerz (Nozizeptoren)

Bildnachweis: Goldstein - Wahrnehmungspsychologie



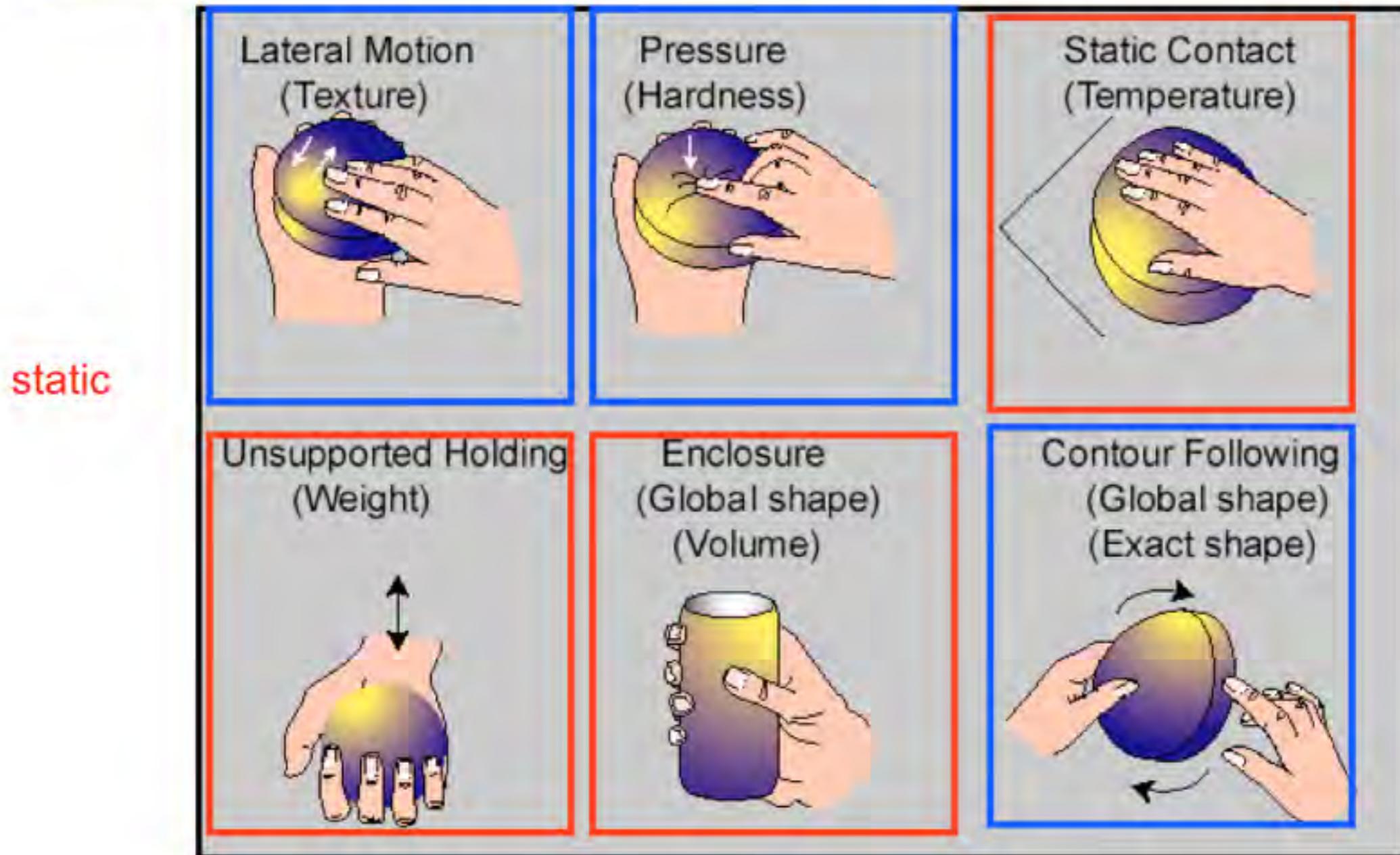
Taktiles Feedback

Beispiel: DC Vibrationsmotor



Haptik

Statisch vs. Dynamisch



Haptik

Propriozeption

- **Propriozeption** ist Wahrnehmung von Körperbewegung und -lage im Raum
- **Propriozeption = Kinästhesie + Lagesinn**
 - **Kinästhesie:** Erkennen von Eigenbewegungen
 - **Lagesinn:** Erkennen von Lage/Position von eigenen Körperteilen

Haptische Geräte

Beispiel: Presenter



Haptische Geräte

Beispiel: Geomagic Touch





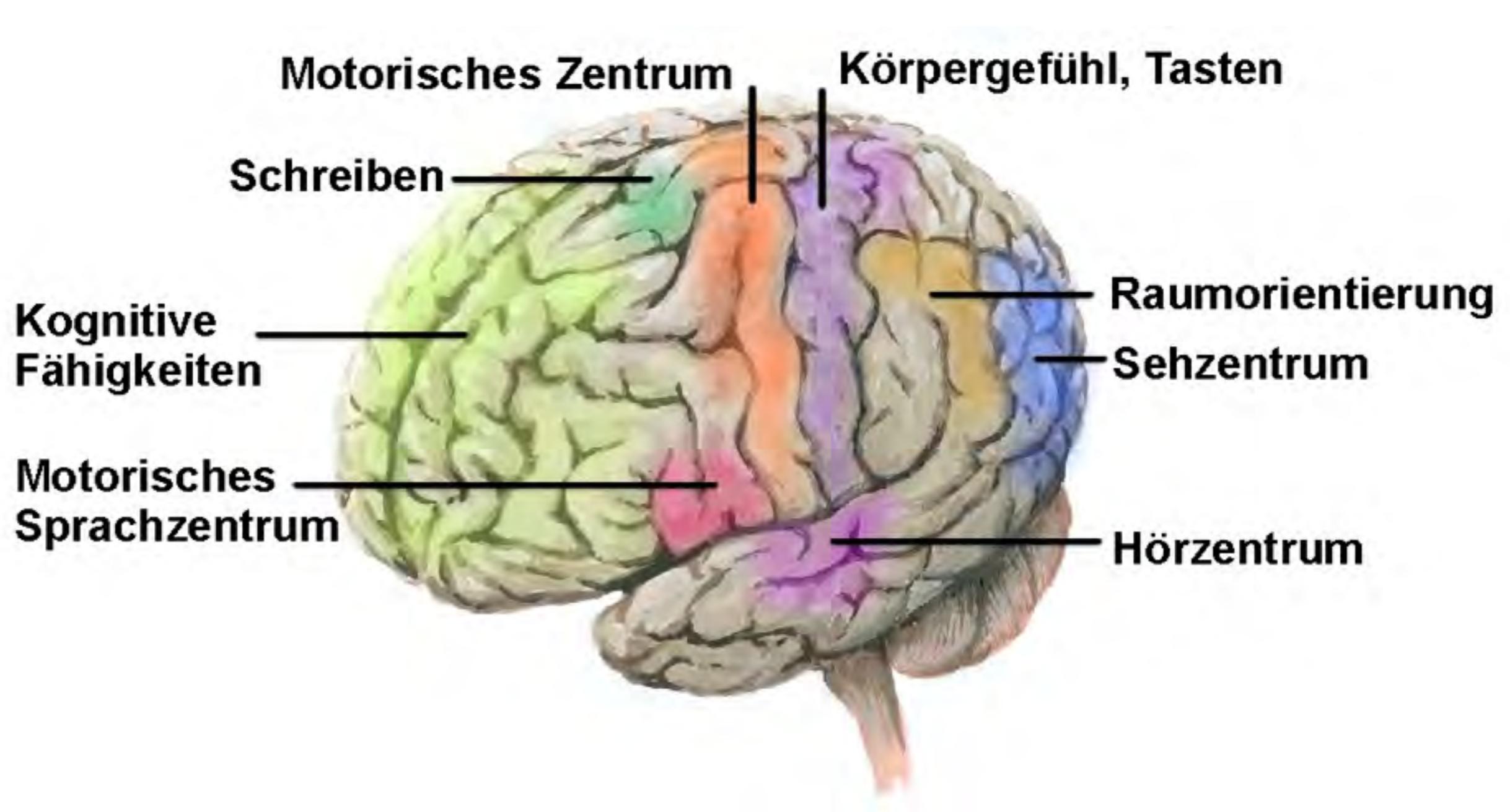
Valve: Steam Controller, 2015

Gruppenarbeit



Testen Sie die Auflösung der taktilen Wahrnehmung an der Hand!

Gehirn

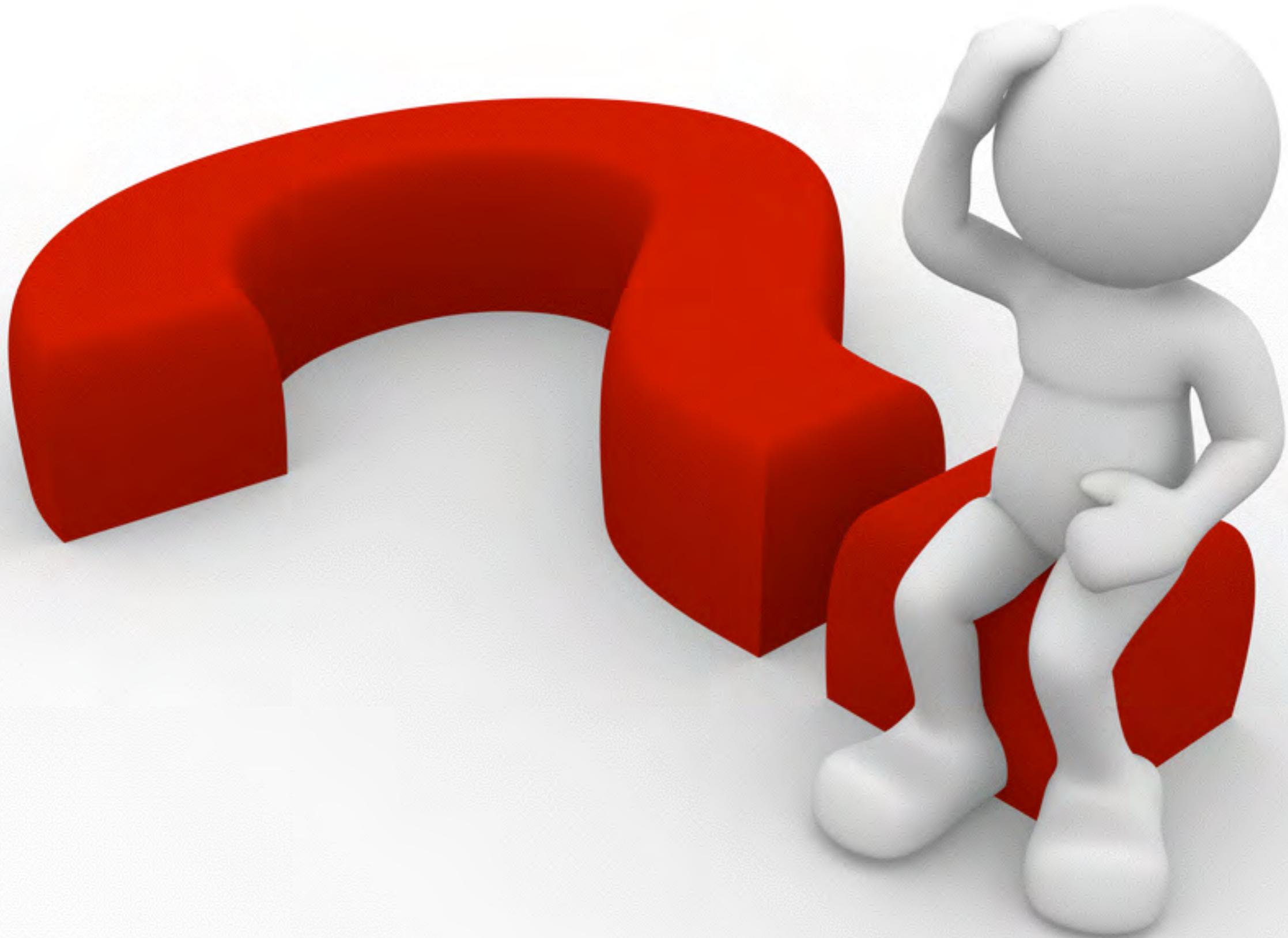


Sensorisches Homunkulus



Motorischer Homunkulus







Mensch-Computer-Interaktion

Kapitel Wahrnehmung

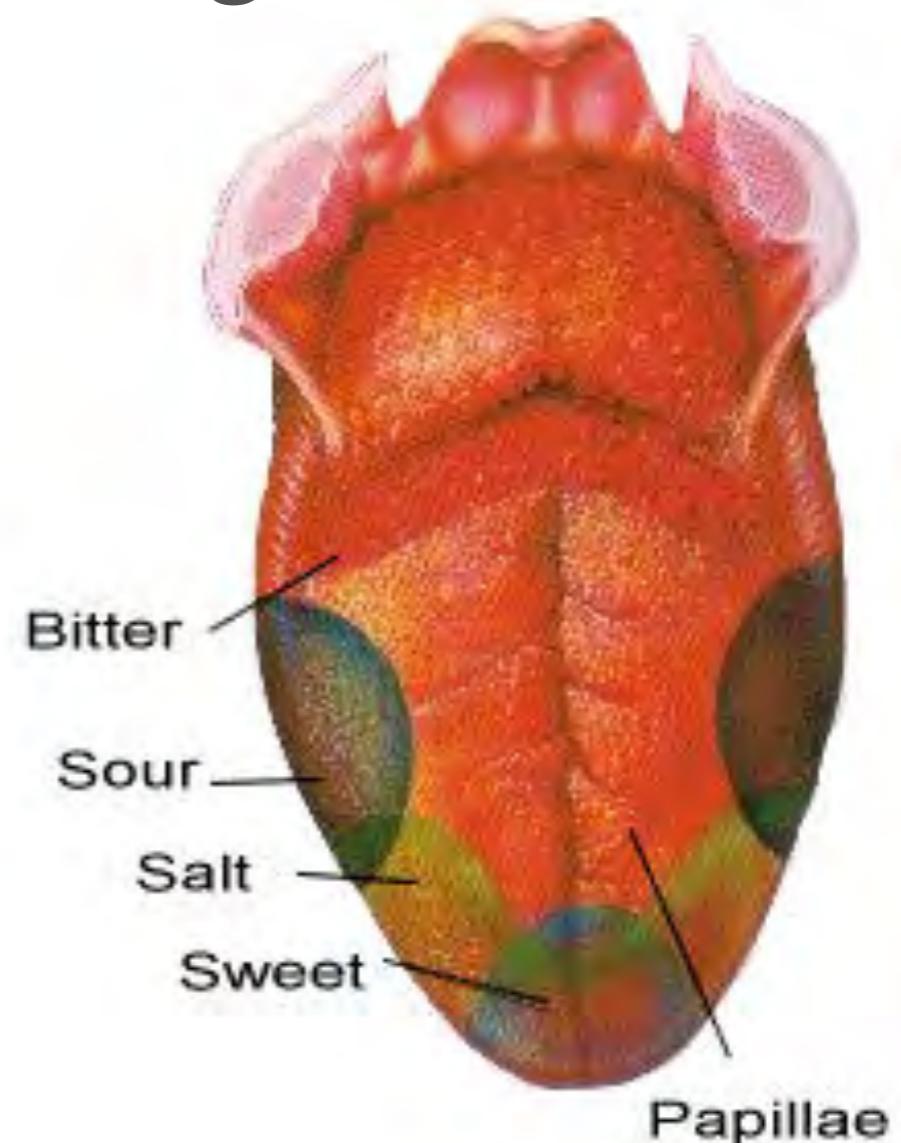
Geruchs- und Geschmackssinn

Geruch & Geschmack

- **Geruchs- und Geschmackssinn** sind deutlich unterrepräsentiert in Mensch-Computer-Interaktion, weil
 - für viele Interaktionsaufgaben wenig relevant
 - schwierig zu stimulieren
 - sensorische Adaption
 - ...

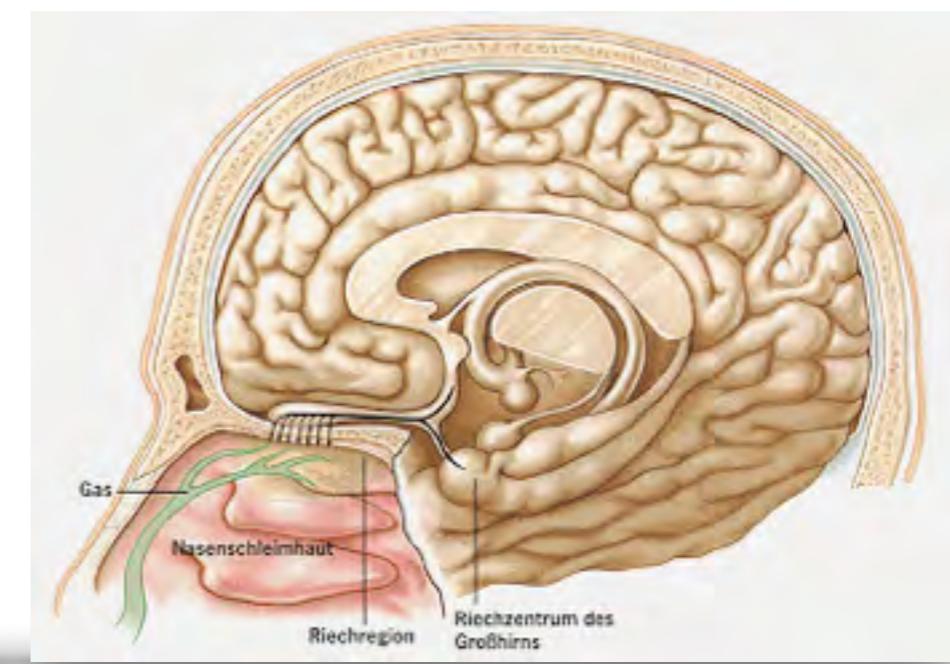
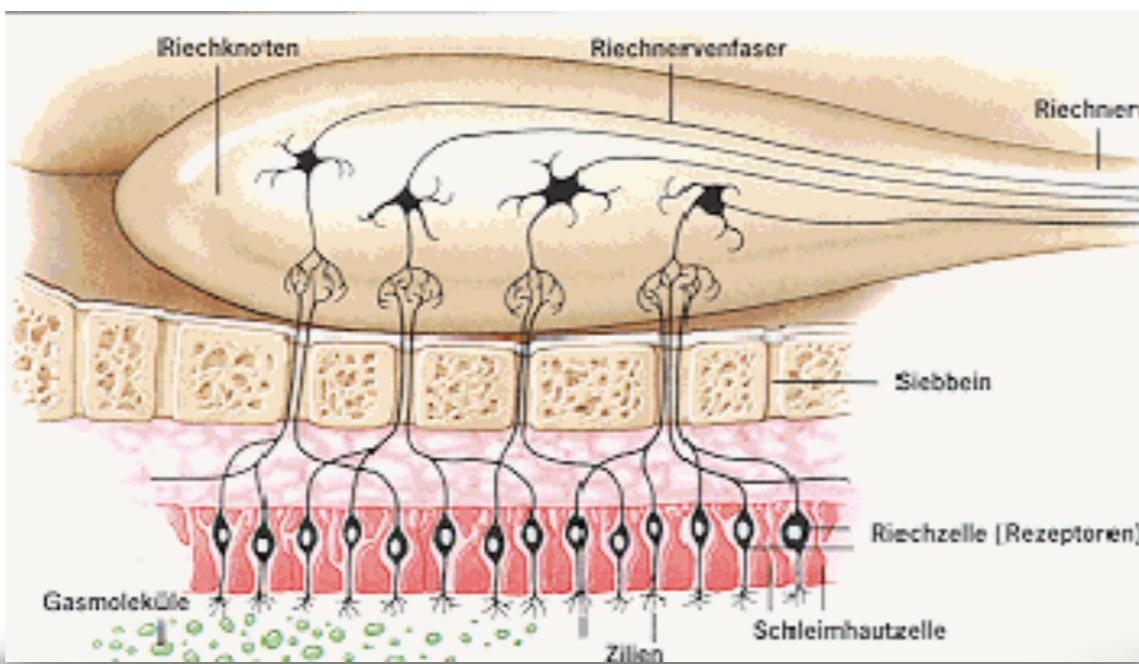
Geschmackssinn

- **Gustatorische Wahrnehmung** ist Empfindung des Schmeckens, die durch Reizung spezifischer Sinnesorgane des Geschmacks (z.B. **Geschmacksknospen**) hervorgerufen werden



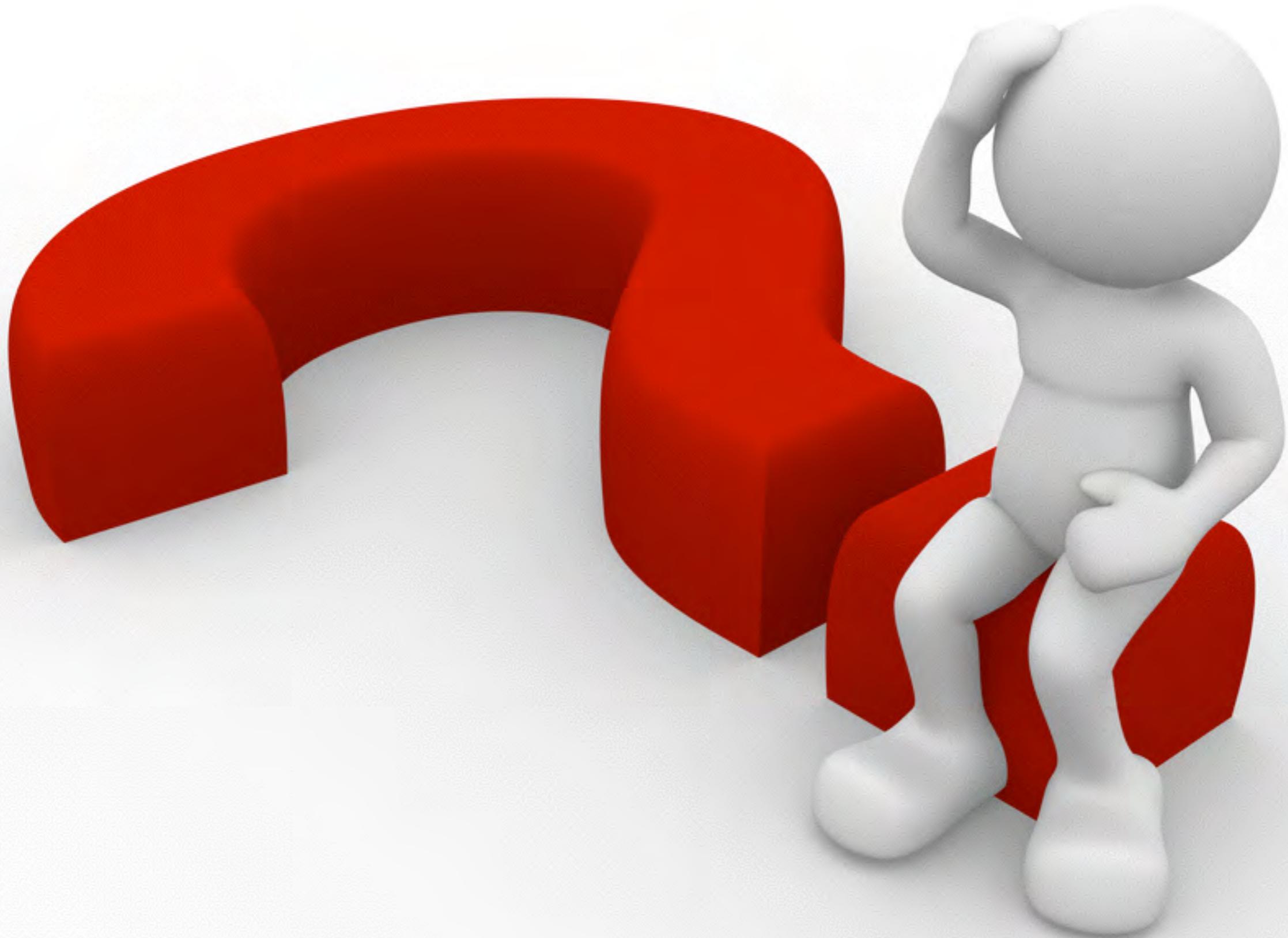
Geruchssinn

- **Olfaktorische Wahrnehmung** ist Wahrnehmung von Gerüchen und relevant für Gedächtniseinspeicherung (Ort, Situation), Emotion und Identifikation





Meta Cookie





Mensch-Computer-Interaktion

Kapitel Wahrnehmung

Psychophysik und Wahrnehmung

Psychophysik

- **Psychophysik** bezieht sich auf Wechselbeziehungen zwischen
 - **subjektivem Erleben** und
 - **quantitativ messbaren Reizen**

Weber-Fechner-Gesetz

- **Weber-Fechner-Gesetz** beschreibt Zusammenhang zwischen **Reizstärke** R und **Erlebnisintensität** E :

$$E = k \cdot \log R + f$$

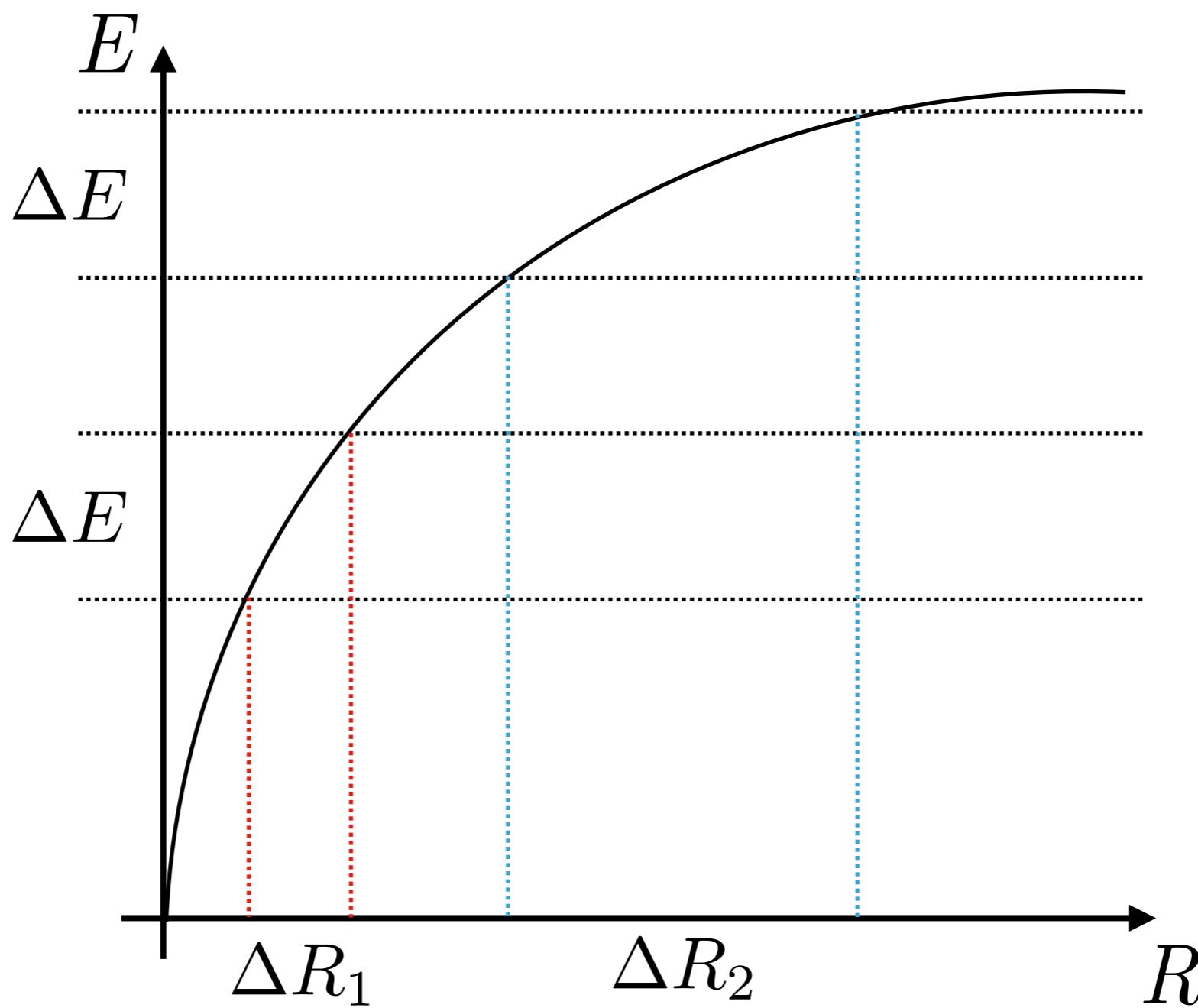
mit Konstanten k und f

Weber-Fechner-Gesetz

- **Weber-Fechner-Gesetz** besagt, dass subjektiv empfundene Stärke von Sinnesindrücken proportional zum Logarithmus der objektiven Intensität des physikalischen Reizes verhält
- Experimenteller Nachweis durch gerade noch wahrnehmbaren Unterschied (engl. *Just Noticeable Difference*)

Weber-Fechner-Gesetz

Beispiel

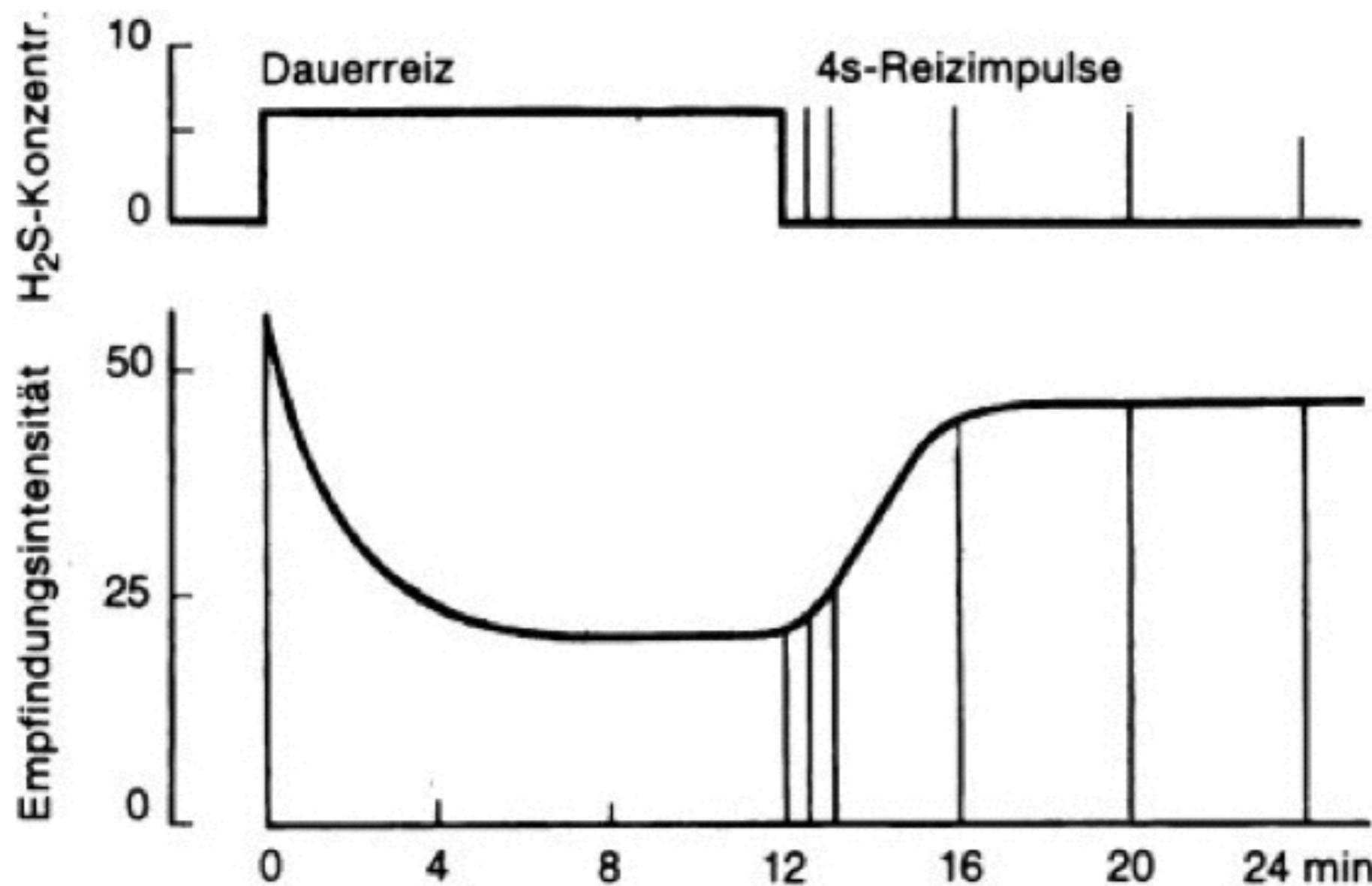


Adaptation

- **Sensorischer Adaptation** bezeichnet Anpassungen von Rezeptoren an konstante Reizintensität und -dauer
- **Sensorische Adaptation** ist Prozess hin zu einer verminderten Sensibilität eines Sinnesorgans als Folge konstanter Stimulation
 - Bsp: Hell-Dunkel-Adaptation

Adaptation

Beispiel

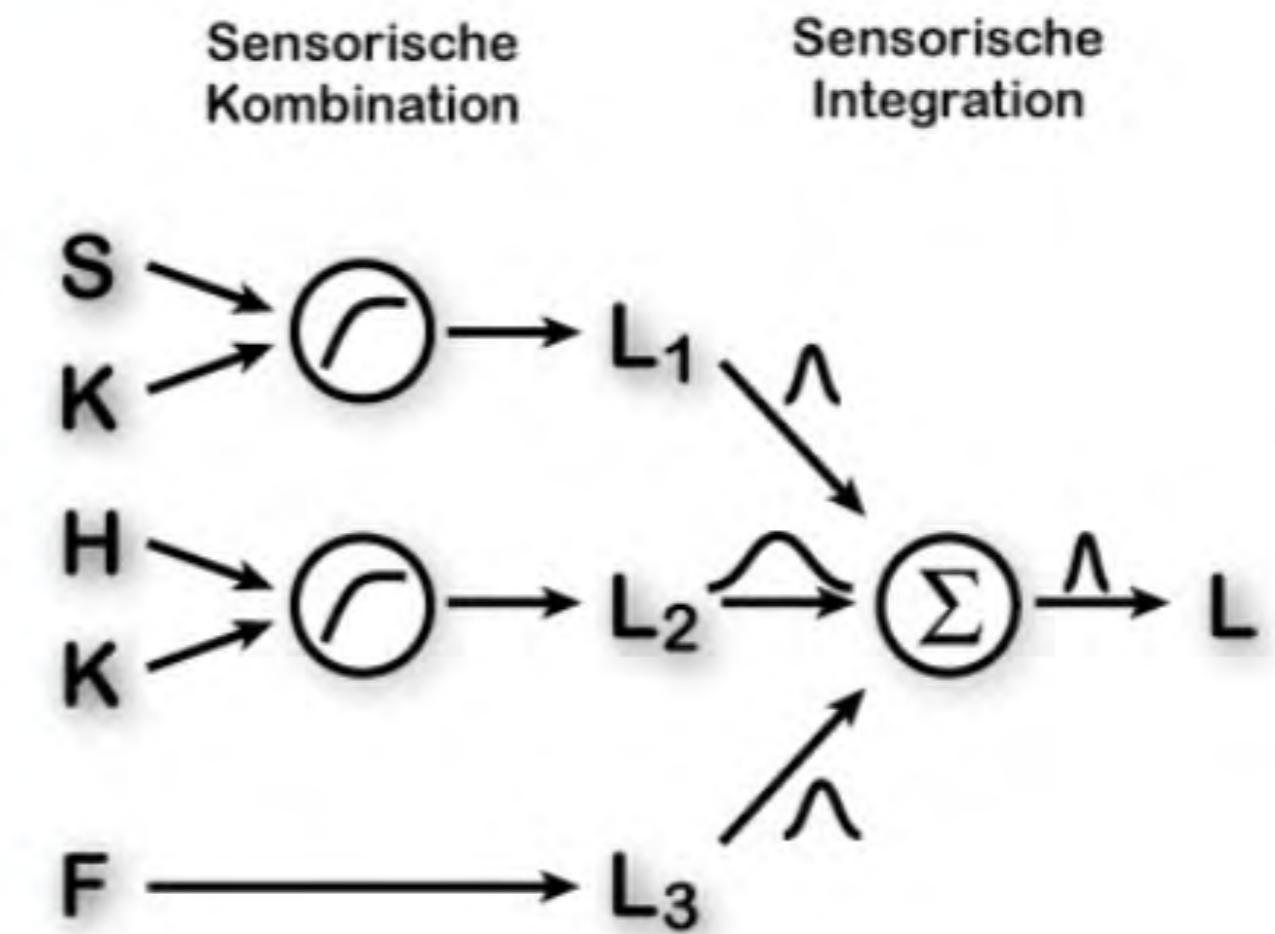
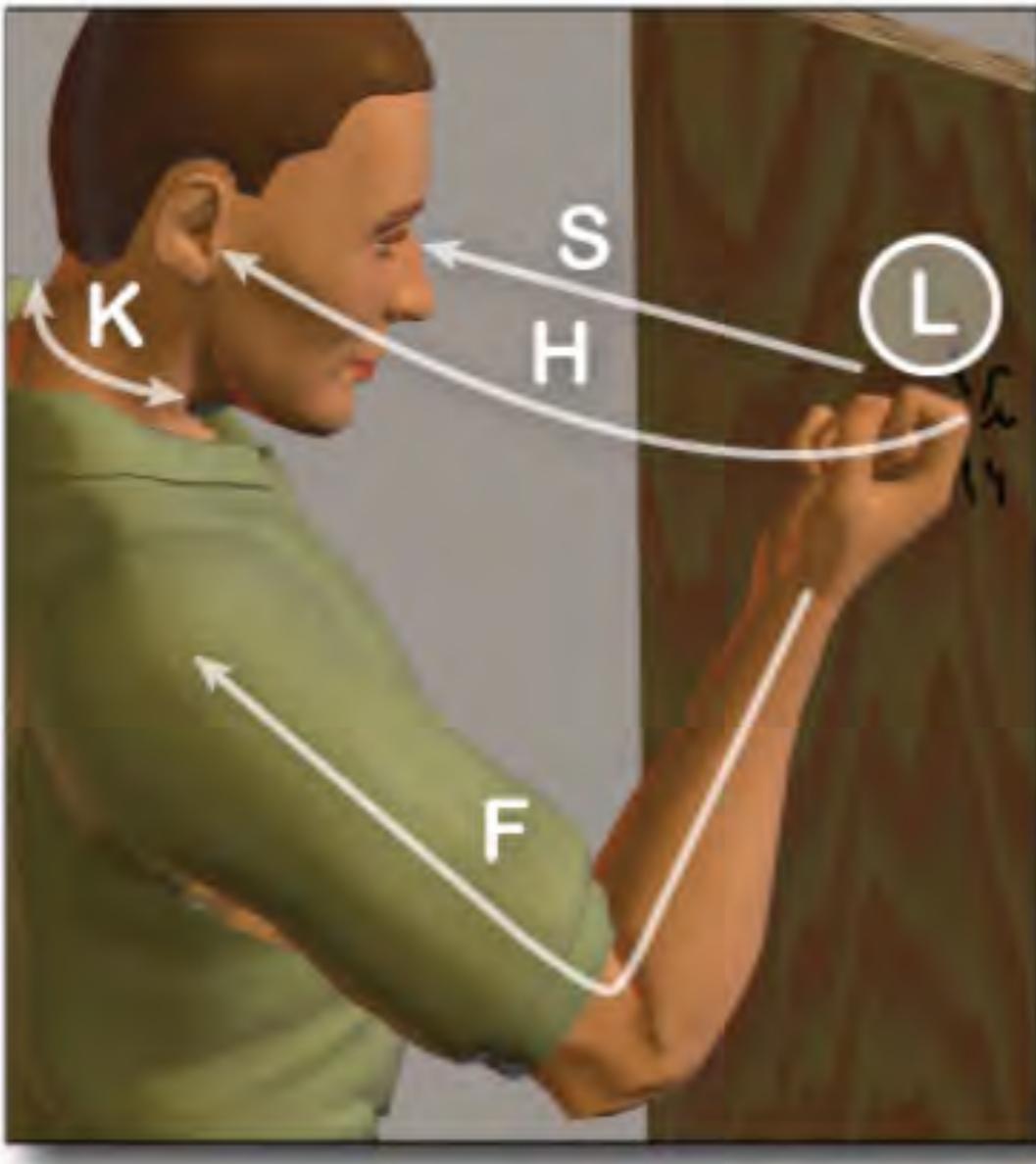


Habituation

- **Habituation** bezeichnet Gewöhnung auf höherer Ebene als Adaption
- **Habituation** setzt ein, wenn Individuum wiederholt Reiz ausgesetzt ist, der sich als unbedeutend erweist
- Reaktion auf Reiz schwächt allmählich ab

Sensorische Integration

Bsp: Multisensorisch



Sensorische Integration

Bsp: Klopfen

- Wahrgenommene Stelle von L lässt sich berechnen durch **(multi-)sensorische Integration**:

$$L = \sum_i w_i \cdot L_i \quad \sum_i w_i = 1$$

wobei w_i normierte Gewichte sind

BBC TWO



H. McGurk et al.: Hearing Lips and seeing voices, Nature, 1976

EINGANG



