

Perception

Jörg Cassens

Data and Process Visualization SoSe 2017

Outline

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

1 Eye

2 Perception

3 Attention

4 Grouping

5 Tutorial

Das menschliche Auge

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Komplexes Sinnesorgan
- Über die Linse wird das Licht auf die innen liegende Netzhaut projiziert
- Etwa 126 Millionen Sehzellen
 - ca. 120 Millionen Stäbchen, die nur Helligkeit wahrnehmen
 - ca. 6-7 Millionen Zapfen, die jeweils auf blaue, grüne, rote Farbtöne reagieren
- Ca. 8% der Männer, 1% der Frauen sind farbenblind
 - Verschiedene Formen
 - Meist können weniger Farben unterschieden werden
 - Häufigste Form: Rot-Grün-Schwäche

Schema

Eye

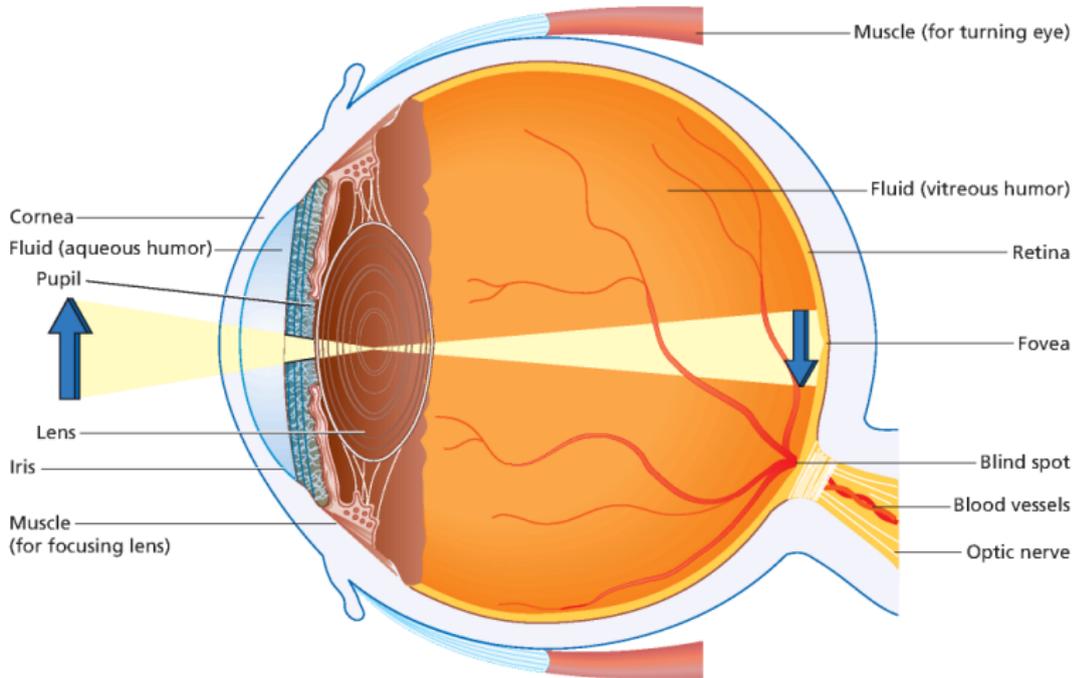
Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Zimbardo et al. (2012)

Important Components

Eye

Perception

Attention

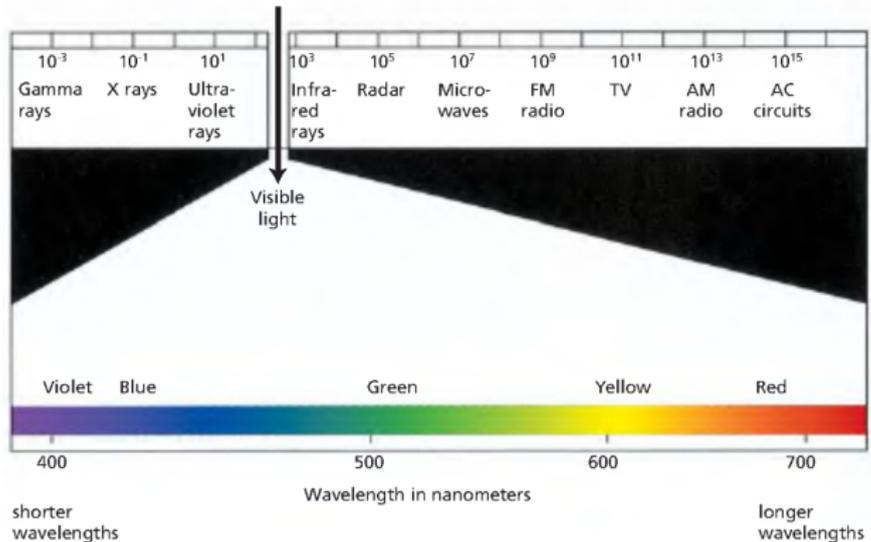
Grouping

Tutorial

References

- **Iris:** Reguliert die Menge des einfallenden Lichts
- **Linse:** Fokussiert ein kleines Abbild der Realität auf die Netzhaut
- **Netzhaut:** ist mit Lichtsinneszellen bedeckt die optische Reize (Stäbchen: Helligkeit, Zapfen: Farbe) wahrnehmen.
- **Gelber Fleck:** größte Dichte an Farbrezeptoren (17° des Sichtfeldes)
- **Fovea Centralis:** Bereich des schärfsten Sehens in der Mitte des Gelben Flecks ($1.5-2^\circ$ des Sichtfeldes)
- **Blinder Fleck:** hier verlässt der Sehnerv das Auge

Spectrum



Source: Zimbardo et al. (2012)

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Visual Angle of Objects

Eye

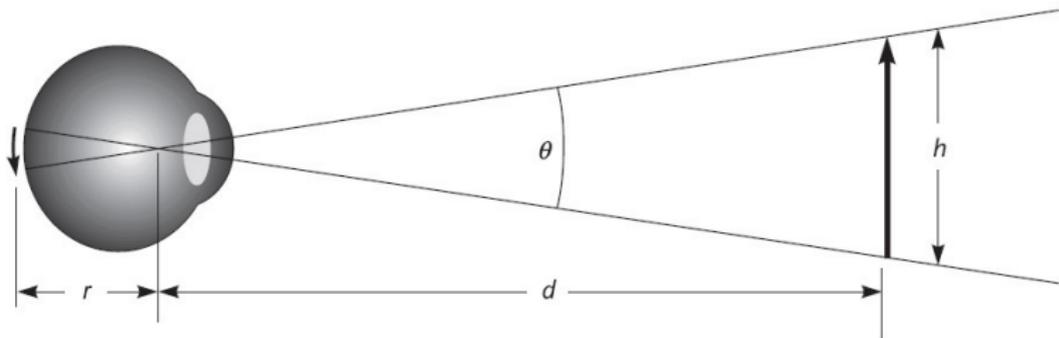
Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Ware (2004)

- Der Sehwinkel eines Objekts ist der Winkel unter dem das Objekt wahrgenommen wird
- Faustregel: Daumnagel auf Armlänge entspricht etwa 1°
- Die Fovea Centralis (Bereich höchster Schärfe) ist $1.5-2^\circ$ groß.
- Berechnungsformel: $\theta = 2 \arctan \left(\frac{h}{2d} \right)$

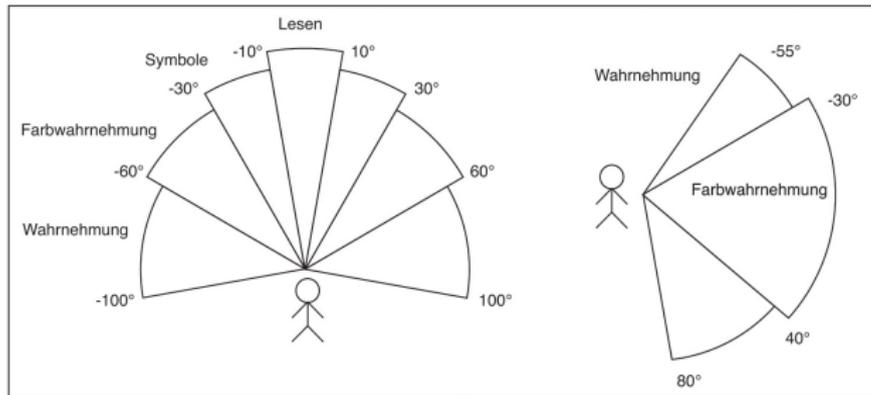


Abbildung 1.1: Sehfeld beim Menschen. Links horizontal, rechts vertikal (nach Herzeg, 1994)

Source: Malaka et al. (2009)

- Höchste Auflösung in der Fovea in der Mitte des Sehfeldes
- Dort finden sich viele Zapfen, aber keine Stäbchen
- Nachts sind wir im Zentrum des Sehfeldes faktisch blind
- In der Peripherie ist das Sehen stark eingeschränkt

Distribution Rods & Cones

Eye

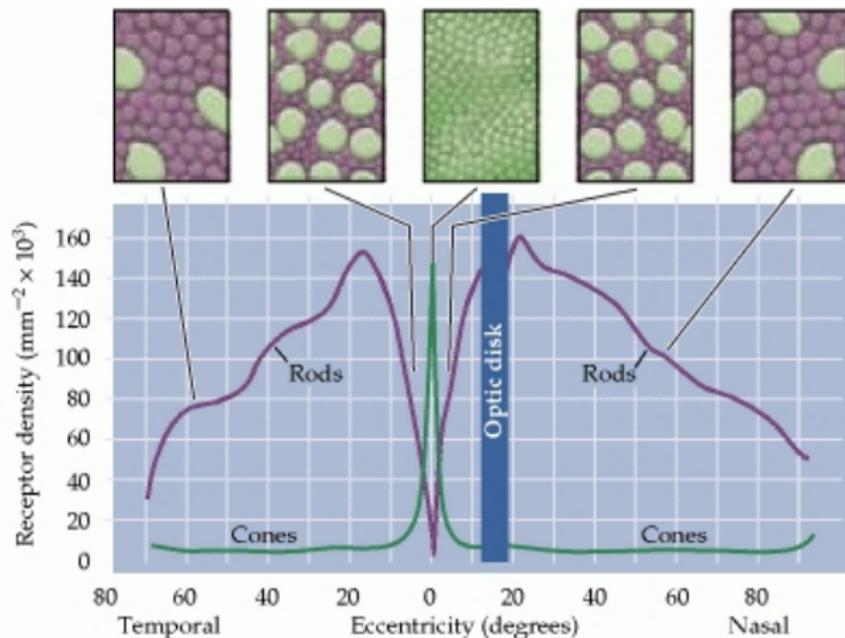
Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

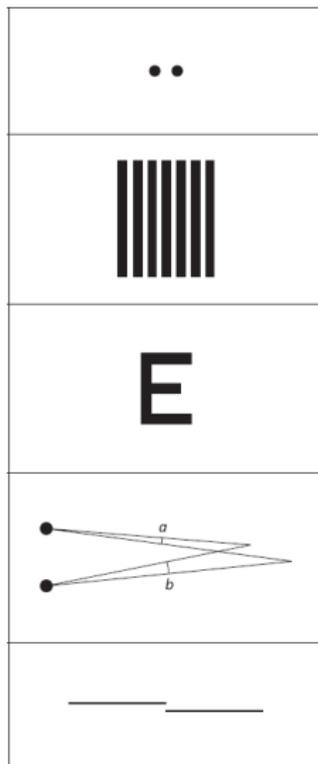


Purves et al. (2001)

Sehschärfe

Sehschärfe beschreibt, bis wann verschiedene Muster und Objekte noch unterscheidbar sind (Ware, 2004)

- Punktschärfe: Zwei benachbarte Punkte separat wahrgenommen (1 Bogenminute = $1/60^\circ$)
- Gitterschärfe: Ein Balkenmuster wird als solches wahrgenommen, nicht als graue Fläche (1-2 Bogenminuten)
- Buchstabenschärfe: Ein Buchstabe ist erkennbar (5 Bogenminuten)
- Stereoschärfe: Wahrnehmung von Objekten in räumlicher Tiefe (10 Bogensekunden).
- Vernierschärfe: Fähigkeit zu Bestimmen, ob zwei Liniensegmente kollidieren (10 Bogensekunden)



Buchstabenschärfe

Eye

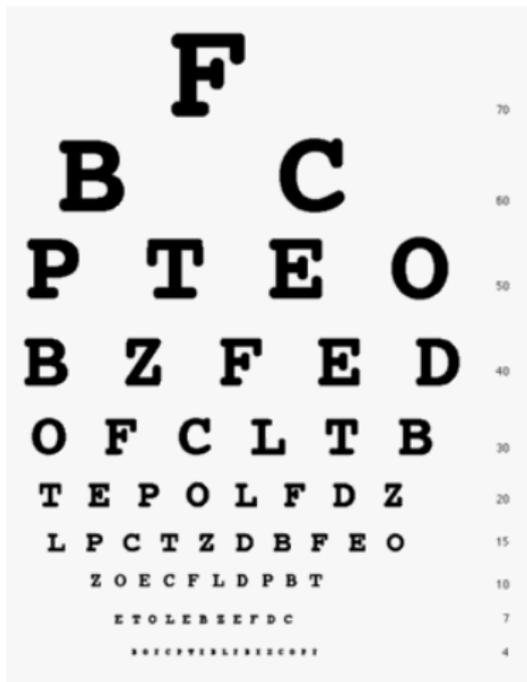
Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Jänicke (2016)

Sichtbares Feld

Eye

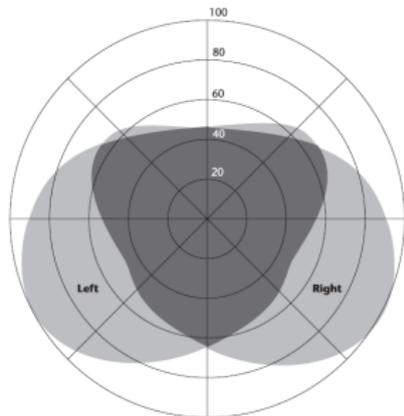
Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Ware (2004)

- Visual field for a person gazing straight ahead
- Irregular features in the middle caused by facial features (such as the nose)

Sichtbares Feld

Eye

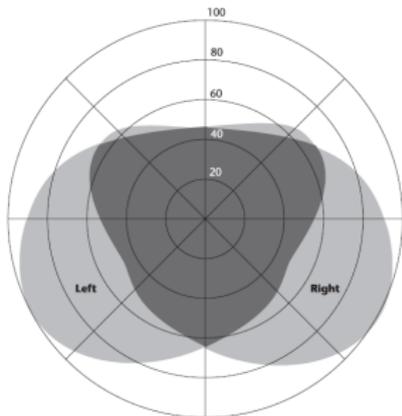
Perception

Attention

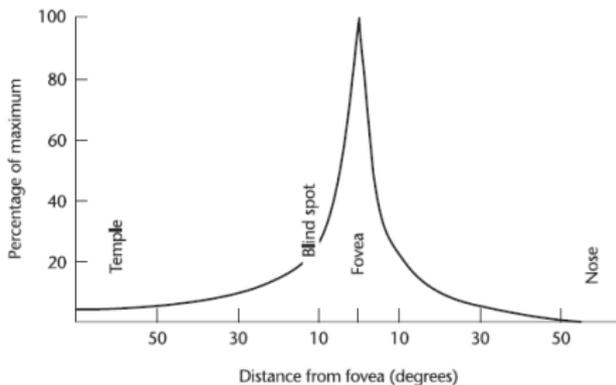
Grouping

Tutorial

References



Source: Ware (2004)



Source: Ware (2004)

- Visual field for a person gazing straight ahead
- Irregular features in the middle caused by facial features (such as the nose)
- Acuity of eye with distance to fovea centralis

Outline

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

1 Eye

2 Perception

- Luminosity

- Contrast

- Colour

3 Attention

4 Grouping

5 Tutorial

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

Luminosity

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

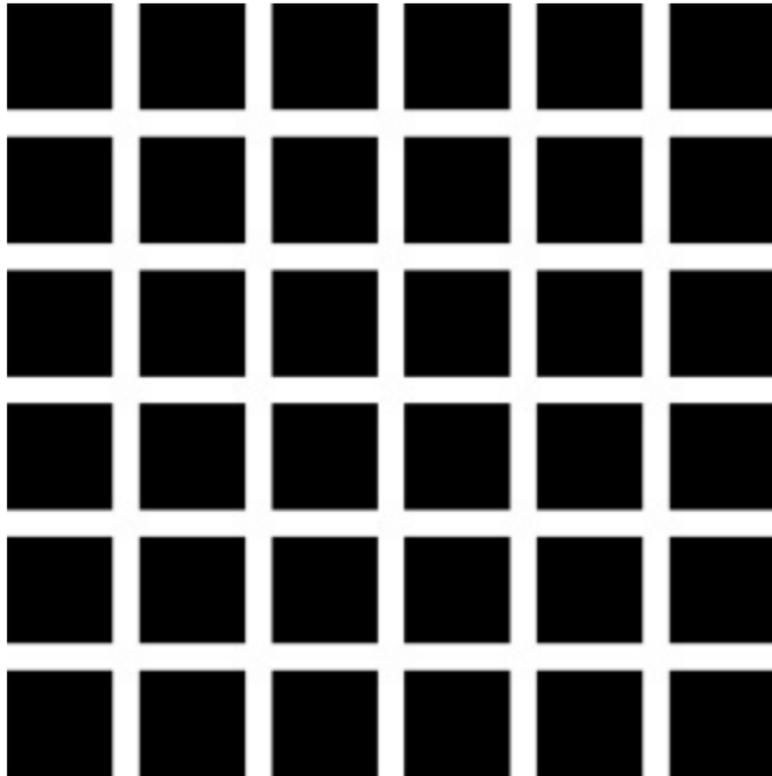
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Jänicke (2016)

Luminosity Perception

- Retina comprised of receptors and layers of neurons
- Octopuslike neurons at the top are retinal ganglion cells
- These transmit retinal information to the brain
 - 126 Mio. receptors, 1 Mio. ganglion cells
- Receptive field of a cell is the area of photo receptors connected to this cell



Source: Ware (2004)

Retina

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

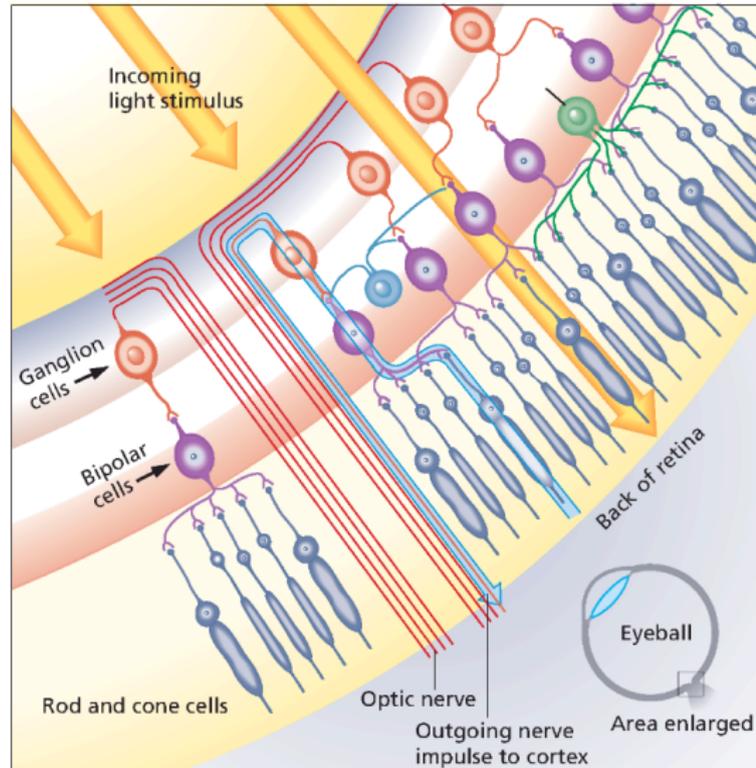
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

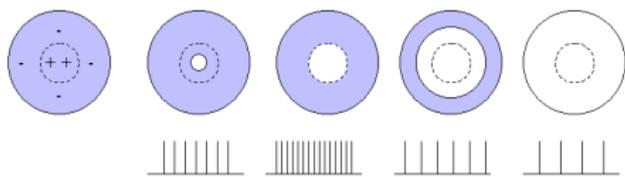
References



Source: Zimbardo et al. (2012)

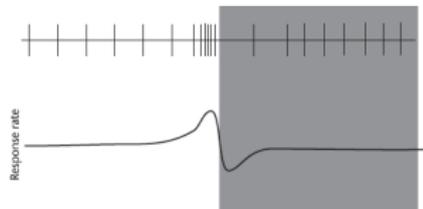
Rezeptives Feld

- Bei Ganglionzellen ist das rezeptive Feld rund
- Das rezeptive Feld wird in ein Zentrum und ein Umfeld unterteilt und man unterscheidet On-Zentrum-Neurone und Off-Zentrum-Neurone
 - On-Zentrum-Neuronen haben ein erregendes Zentrum und ein hemmendes Umfeld
 - Bei Off-Zentrum-Neuronen verhält es sich umgekehrt
- Durch Erregung und Hemmung wird die Feuerrate des Neurons manipuliert



Licht (weiß), On-Zentrum

Source: Jänicke (2016)

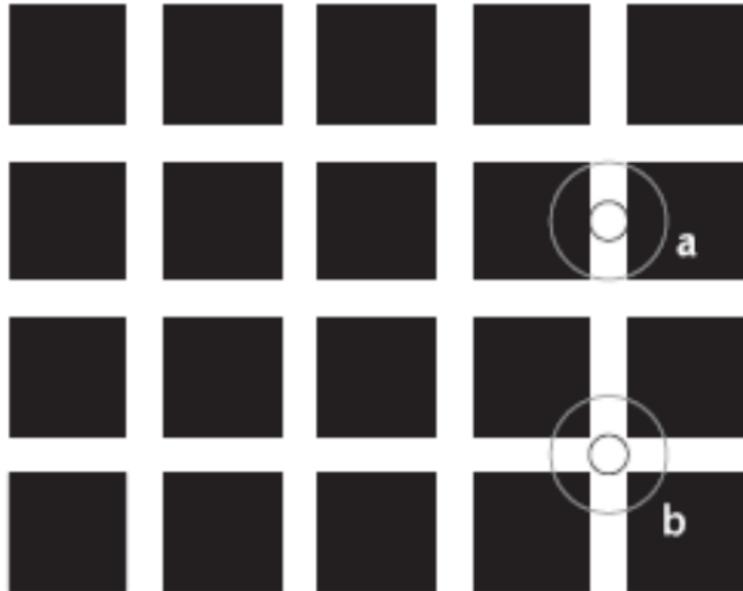


Kante, On-Zentrum

Source: Ware (2004)

Optische Täuschungen

- Rezeptoren im Auge reagieren auf Differenzen und messen keine exakten numerischen Werte



Source: Ware (2004)

Optische Täuschungen

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

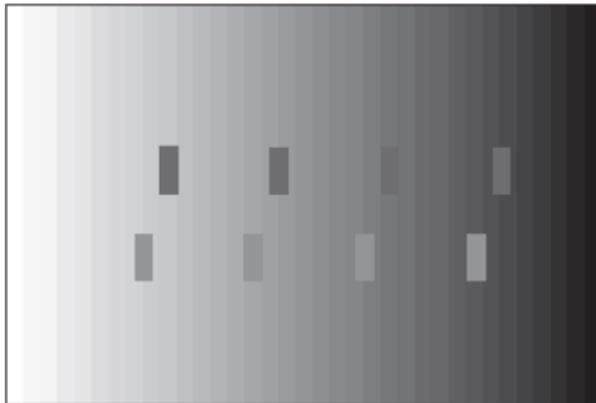
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Ware (2004)

Optische Täuschungen

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

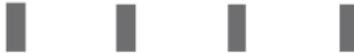
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Ware (2004)

Optische Täuschungen

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

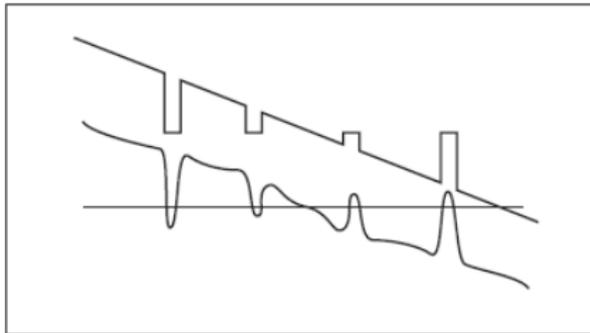
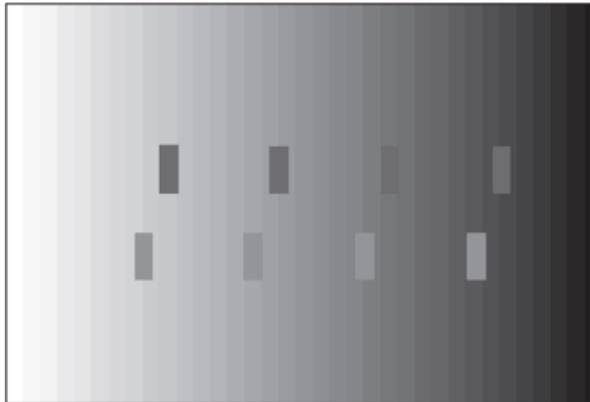
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

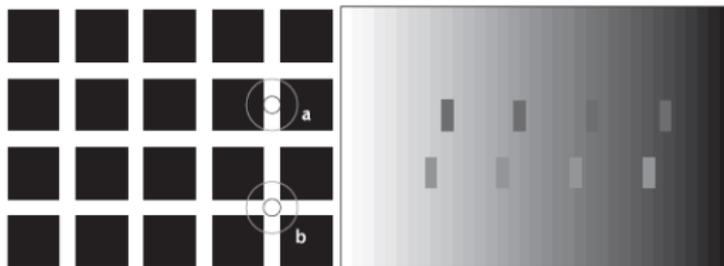


Source: Ware (2004)

Optische Täuschungen

Mit dieser Theorie kann man einige optische Täuschungen erklären

- Hermann Gitter (links): Schwarze Punkte erscheinen an den Schnitten weißer Geraden
- Kontrast Illusion (rechts): Abhängig von der Hintergrundfarbe wird ein und derselbe Grauton unterschiedlich wahrgenommen



Source: Ware (2004)

Optische Täuschungen

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



The Chevreul illusion, source: Ware (2004)

Optische Täuschungen

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

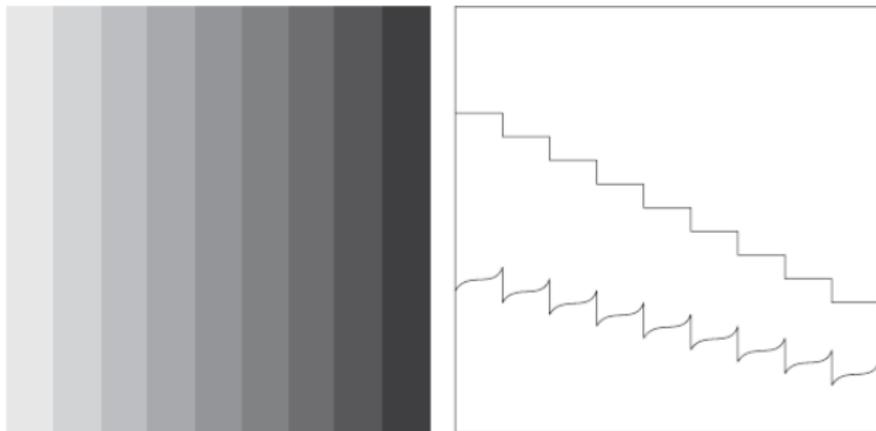
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



The Chevreul illusion, source: Ware (2004)

Optische Täuschungen

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Jänicke (2016)

Optische Täuschungen

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

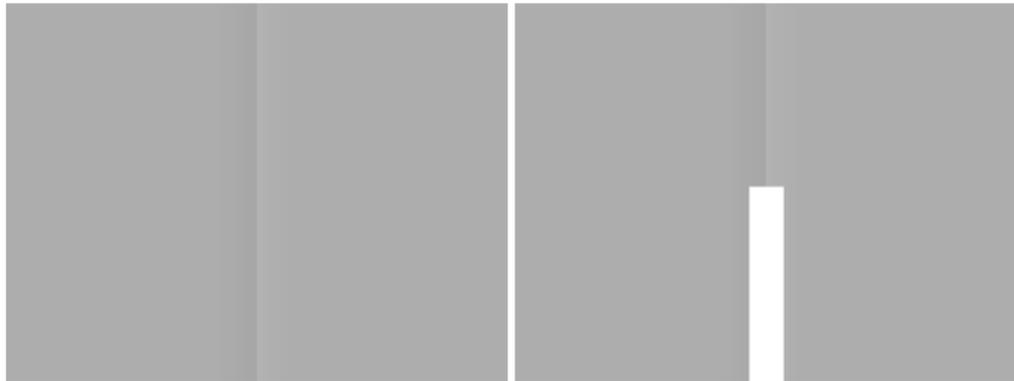
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Jänicke (2016)

Optische Täuschungen

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Jänicke (2016)

Optische Täuschungen

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

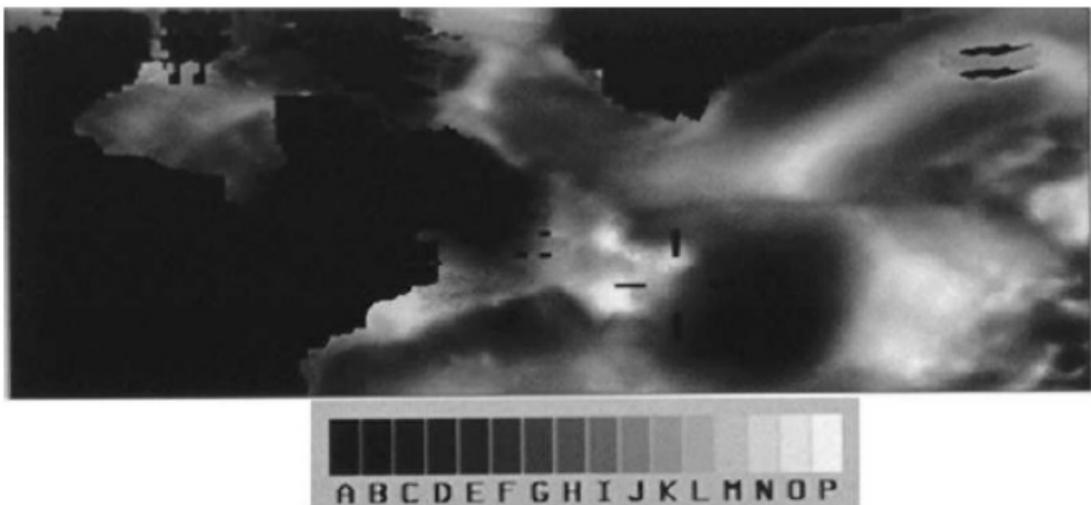
- **Machsche Streifen:** Werden Flächen unterschiedlicher Graufärbung (ohne Gradient) nebeneinander abgebildet, sieht man an den Übergängen Machsche Streifen, d.h. der Kontrast an den Grenzen wird verstärkt
- **Cornsweet Illusion:** Auf einer einfarbigen Fläche wird eine Kante eingezeichnet die auf der einen Seite dunkel und auf der anderen hell ausläuft – dadurch erscheinen die beiden Flächenstücke in unterschiedlichen Grautönen



Source: Ware (2004), Jänicke (2016)

Ablesefehler

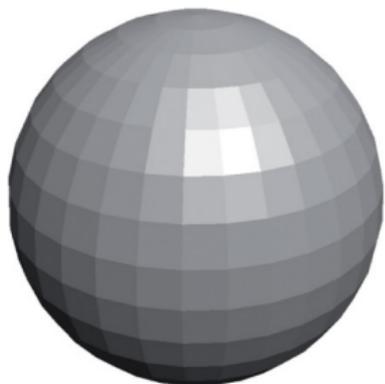
- Optische Täuschungen können starken Einfluß auf die Güte von Visualisierungen haben, z.B. wenn Werte in einer Karte in Grautönen kodiert sind
- Hier treten Ablesefehler von bis zu 20% auf



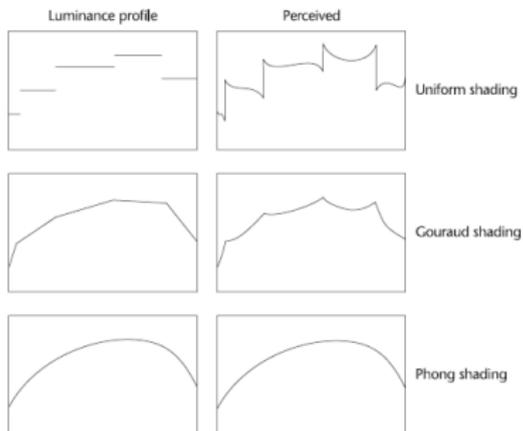
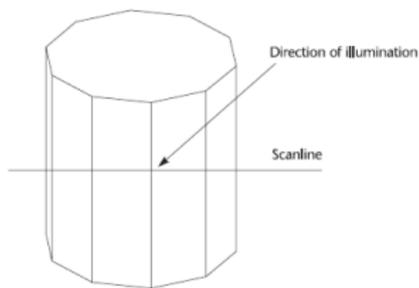
Source: Jänicke (2016)

3D-Modelle

Artefakte treten auch bei der Betrachtung von 3D Objekten auf, wenn vereinfachte Schattierungstechniken (Flächenbasierte Schattierung) verwendet werden.



Source: Malaka et al. (2009)



Source: Ware (2004)

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Seurat: Bathers at Asnières (nach Ware (2004))

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

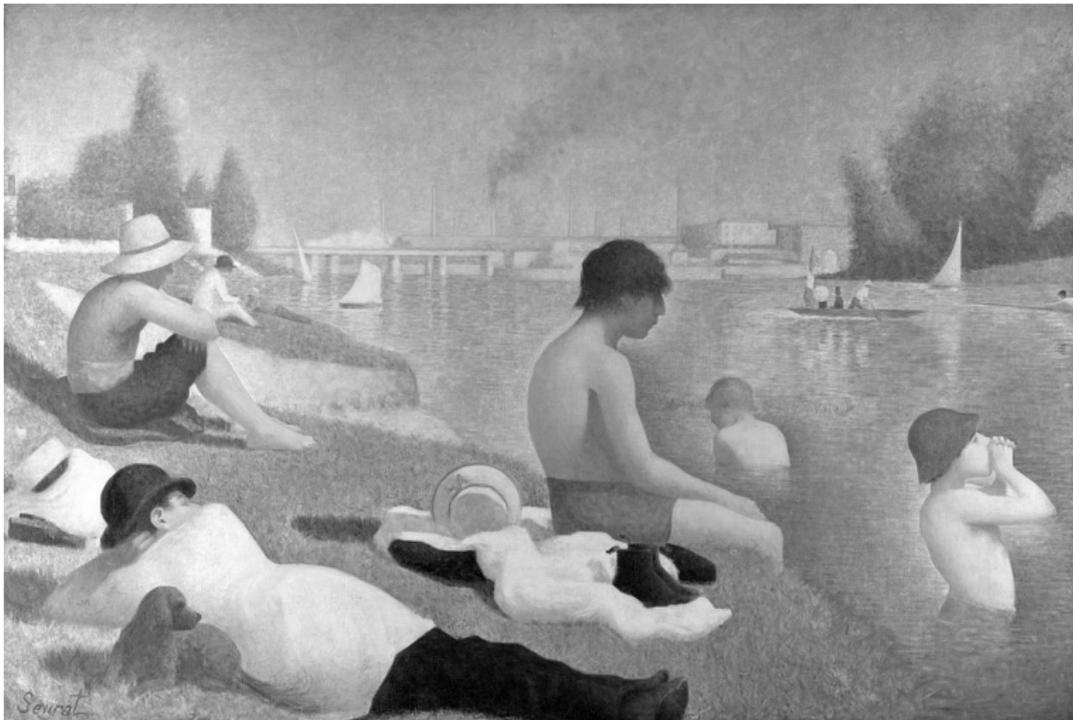
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Seurat: Bathers at Asnières (nach Ware (2004))

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Seurat: Bathers at Asnières (nach Ware (2004))

Lichtverhältnisse

- Wahrnehmung von Licht in Form von Differenzen wichtig für Anpassung an unterschiedliche Beleuchtung
- Physikalische Intensität des Lichtes in der Umgebung sehr variabel (helles Sonnenlicht bis schwaches Sternenlicht)
- Menschliches Auge kann sich diesem breiten Spektrum an Lichtverhältnissen gut anpassen
- Zum einen durch Verengung der Pupille und zum anderen durch Änderung der Sensitivität der Photorezeptoren
- Sensitivität der Photorezeptoren wird durch Anzahl aktiver Photopigmente gesteuert
 - Bei viel Licht wird ein Teil gebleicht
 - Bei wenig Licht werden diese wieder regeneriert
- Abgesehen von den kurzen Anpassungsperioden bei Wechsel zwischen hellen und dunklen Räumen nehmen wir die Anpassung kaum wahr
- Veränderung der Lichtverhältnisse um einen Faktor zwei werden kaum wahrgenommen

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

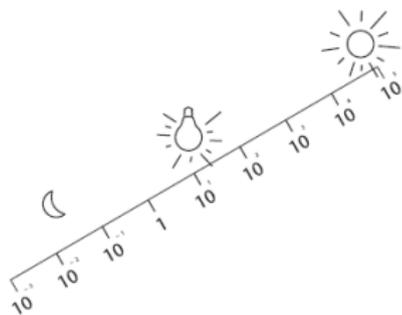
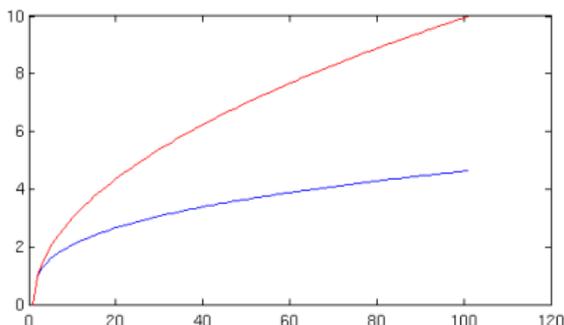
Grouping

Tutorial

References

Subjektive Wahrnehmung

- Zusammenhang zwischen physikalischer Intensität I und wahrgenommener Intensität S kann für Licht in abgedunkelten Räumen gut durch das Stevensche Gesetz beschrieben werden: $S = aI^n$
- Der Wert n hängt von Größe des betrachteten Lichtfeldes ab
- Bei runden Flächen der Größe 5° des Sichtfeldes ist $n = 0.333$, bei Lichtpunkten $n = 0.5$
- Die Normierungskonstante a wird auf 1 gesetzt.



Source: Ware (2004)

Subjektive Wahrnehmung

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Weitere Anpassung durch unterschiedliche Empfindlichkeit für verschiedene Wellenlängen/Farben
- Spektrale Sensitivität $V(\lambda)$ für unterschiedliche Wellenlängen λ in einem Standard der Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) festgehalten
- Wahrgenommene Beleuchtung als Integral über das Produkt aus spektraler Sensitivität und Lichtverteilung $E(\lambda)$:

$$L = \int_{400}^{700} V_{\lambda} E_{\lambda} d\lambda$$

- Sensitivität für Blau (ca. 450 nm) auf dem Bildschirm beträgt nur 4% der Sensitivität von grün (ca. 560 nm)
- Von Vorteil, wenn man lange große blaue Flächen (Himmel) betrachtet (weniger anstrengend), aber von Nachteil in Grafiken und formatiertem Text (Chromatische Aberration)

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

Den meisten Menschen erscheint rot
näher als blau.
Manchen Menschen erscheint
dies jedoch genau anders herum.

Jänicke (2016)

Chromatische Aberration

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Chromatische Aberration: Licht unterschiedlicher Wellenlänge wird unterschiedlich stark gebrochen und wird dadurch in unterschiedlicher Tiefe fokussiert
- Kameraoptiken sind der Regel beschichtet, um diesen Effekt zu minimieren
- Das menschliche Auge ist nicht so beschichtet
- Effekte
 - Betrachtet man roten oder weißen Text auf schwarzem Grund, erscheint nebenstehender blauer Text unleserlich
 - Wird gleichzeitig blauer und roter Text auf schwarzem Grund dargestellt, erscheint dieser oft unterschiedlich tief (Etwa 60% sehen rot näher, 30% blau näher, 10% keinen Unterschied (Jänicke, 2016)).

Source: Jänicke (2016)

Weitere Anpassung an die korrekte Wahrnehmung von beleuchteten Oberflächen sind nötig, damit diese richtig interpretiert werden können.

Bei der Einschätzung der Beleuchtungssituation wird die Position der Lichtquelle(n) und die Orientierung der Objekte berücksichtigt.



Source: Jänicke (2016)

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

Contrast

Wahrnehmung von Grautönen

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Ein weiterer wichtiger Aspekt der visuellen Wahrnehmung ist die wahrgenommene Distanz zwischen in der Szene enthaltenen Grautönen und ihre Unterscheidbarkeit
- Bei der subjektiven Wahrnehmung von Grautönen gilt für die kleinste wahrnehmbare Intensitätsdifferenz nach dem Weberschen Gesetz, $\frac{\Delta I}{I} = 0.005$
- D.h. eine Veränderung von 0.5% kann wahrgenommen werden
- Die Fähigkeit Kontraste wahrzunehmen wird mit Hilfe eines Sinusmusters untersucht
- Kontrast definiert als $C = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}}$, L_{max} , L_{min}
minimale/maximale Helligkeit

Source: Ware (2004)

Kontrastwahrnehmung

- Es können folgende Parameter verändert werden:
 - Räumliche Frequenz (Anzahl der Streifen pro Grad des visuellen Feldes)
 - Orientierung
 - Kontrast (Amplitude der Sinusfunktion)
 - Phase (Seitliche Verschiebung)
 - Größe des überdeckten Sichtfeldes



Source: Ware (2004)

Spatial Contrast

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

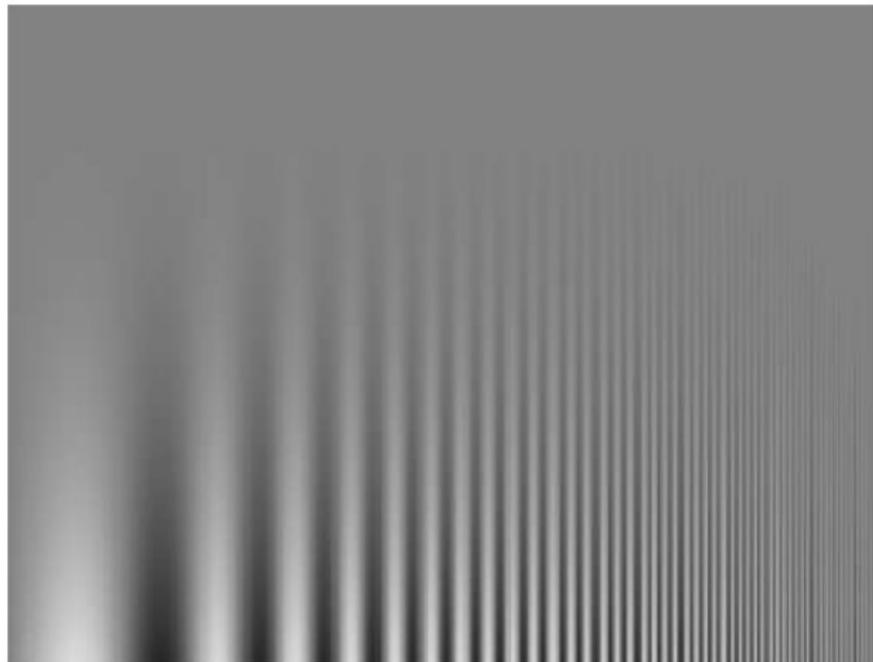
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



2 4 8 16 32

Source: Ware (2004)

Spatial Contrast

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

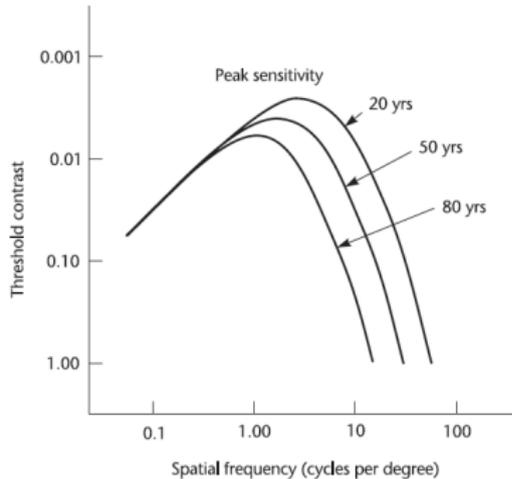
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Left: Contrast sensitivity varies with spatial frequency. Here: Age degradation.

Source: Ware (2004)

Spatial Contrast

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

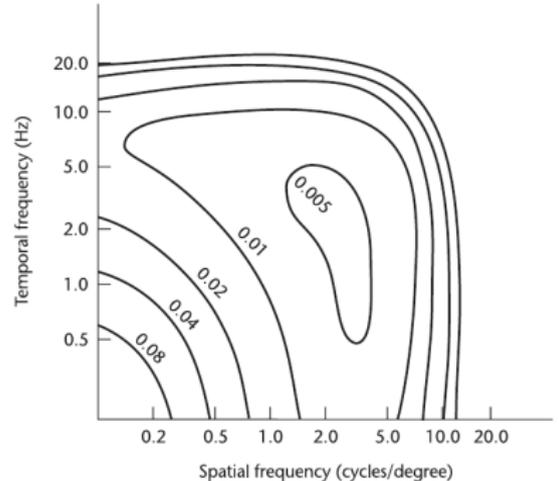
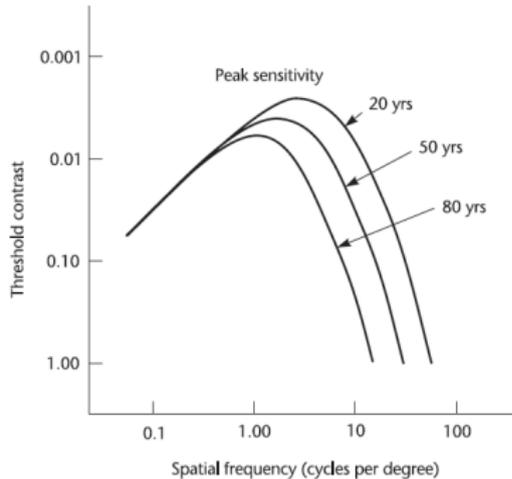
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Left: Contrast sensitivity varies with spatial frequency. Here: Age degradation.
 Right: Contour map of the human spatiotemporal threshold surface, each contour represents the contrast at which a particular combination of spatial and temporal frequencies can be detected.

Source: Ware (2004)

Visueller Stress

Visueller Stress kann durch verschiedene visuelle Stimuli ausgelöst werden, die in Raum oder Zeit Muster bilden.

Beispiele

- Streifenmuster
- Schnelles wiederholtes Aufleuchten von grellen Lichtern
- Gleichmäßig bewegte Muster

Symptome

- Übelkeit
- Probleme beim Lesen von Text (ähnliches Muster)
- Evtl. epileptische Anfälle

Source: Ware (2004)

Visueller Stress

Visueller Stress kann durch verschiedene visuelle Stimuli ausgelöst werden, die in Raum oder Zeit Muster bilden.

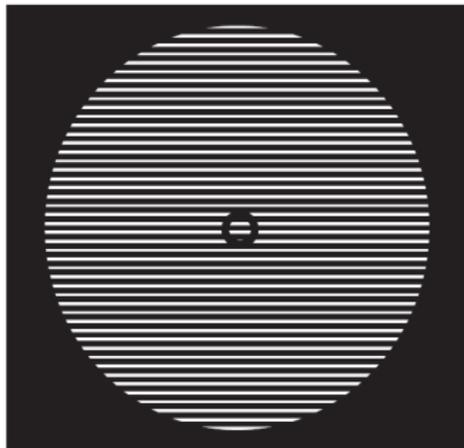
Beispiele

- Streifenmuster
- Schnelles wiederholtes Aufleuchten von grellen Lichtern
- Gleichmäßig bewegte Muster

Symptome

- Übelkeit
- Probleme beim Lesen von Text (ähnliches Muster)
- Evtl. epileptische Anfälle

Warning! This pattern can cause seizures in some individuals.
If it causes you to feel ill effects, avoid looking at it.



Source: Ware (2004)

Bildschirme

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Ein Bildschirm mit einer üblichen (nicht high-dpi) Auflösung hat in etwa 35 Pixel/cm (72 ppi)
- Entspricht 40 Zyklen/Deg bei üblichem Abstand
- In der Fovea besitzt der Mensch etwa 180 visuelle Rezeptoren/Deg
 - Durch Kombination mehrere Sinneszellen können Menschen teilweise noch feinere Details wahrnehmen
- Bei gleichbleibendem Abstand kommen also ab einer Auflösung von etwa 150 Pixel/cm (330 ppi) ein Pixel auf einen Rezeptor (Marketing: “Retina-Display”)
 - Wegen des geringeren Abstandes bei VR-HMD sind hier höhere Auflösungen zu bevorzugen (Oculus-founder Palmer Luckey: “I think some of the speculation is you need about 8K per eye in our current field of view”, 🗨️ arstechnica)
- Antialiasing kann helfen Probleme einer (zu) niedrigen Auflösung zu überwinden.

Antialiasing & Drucker

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

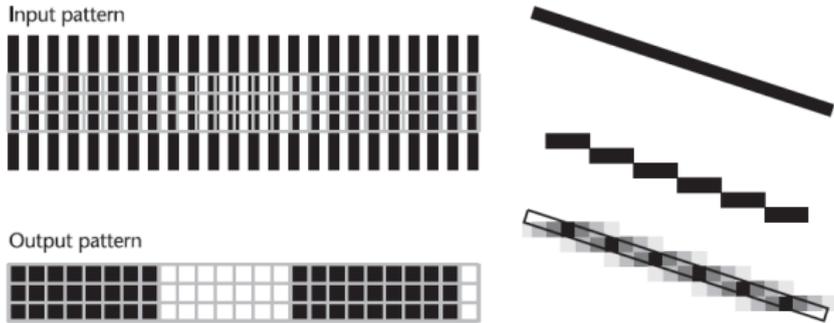
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Ware (2004)

- Drucker nutzen zwar gern 1200 dpi (460 Punkte/cm), dies dient jedoch vor allem der Vermeidung von Aliasing Effekten und der korrekten Darstellung von Graustufen
 - Reduktion der Auflösung um mindestens Faktor 10

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

Colour

Farbwahrnehmung

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Ware (2004)

Farbwahrnehmung

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

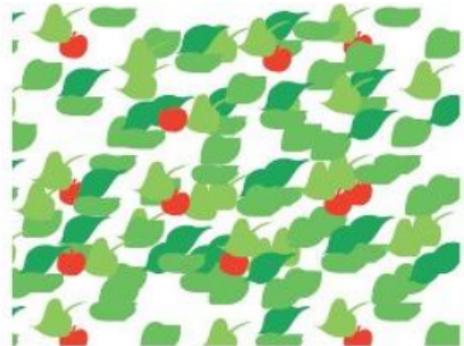
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Finding the cherries among the leaves is much easier if we have color vision

Source: Ware (2004)

Farbwahrnehmung

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Farbwahrnehmung nur eingeschränkt relevant im täglichen Leben, da zum Beispiel Farbenblinde das Defizit oft jahrelang selbst nicht bemerken
- Andere Charakteristika von Objekten wie die Form, die Lage im Raum oder dessen Bewegungsrichtung sind wesentlich wichtiger und können ohne Farbe wahrgenommen werden
- Farbsicht erleichtert einige Aufgaben jedoch immens:
 - Sie hilft Tarnungen zu durchschauen
 - Sie hilft Objekte in einer charakteristischen Farbe schnell zu identifizieren
 - Sie hilft Objekteigenschaften zu bestimmen, wie zum Beispiel ob ein Apfel reif oder Fleisch frisch ist
- Daher sollte Farbe eher als Attribut eines Objekts betrachtet werden, statt als charakteristische Eigenschaft

- Der Mensch besitzt drei Typen von Zapfen, jeder hat seine maximale Sensitivität bei einer anderen Wellenlänge
 - S(hort) = blau, M(edium) = grün und L(ong) = rot
 - Hühner haben z.B. 12 Typen
- Die Sensitivität der Zapfen ist sehr unterschiedlich
- Da es nur drei verschiedene Zapfen gibt, die durch unterschiedlich starke Stimulation alle Farben wahrnehmen können, reicht ein Farbsystem bestehend aus drei Grundtönen um alle vom Menschen wahrnehmbaren Farben darzustellen (→ Dreifarbenlehre)
- 8% der Männer und 1% der Frauen weisen eine Farbschwäche auf
- Dabei handelt es sich häufig um das Fehlen der Zapfen für die Wahrnehmung von grün oder rot

Farbempfindlichkeit

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

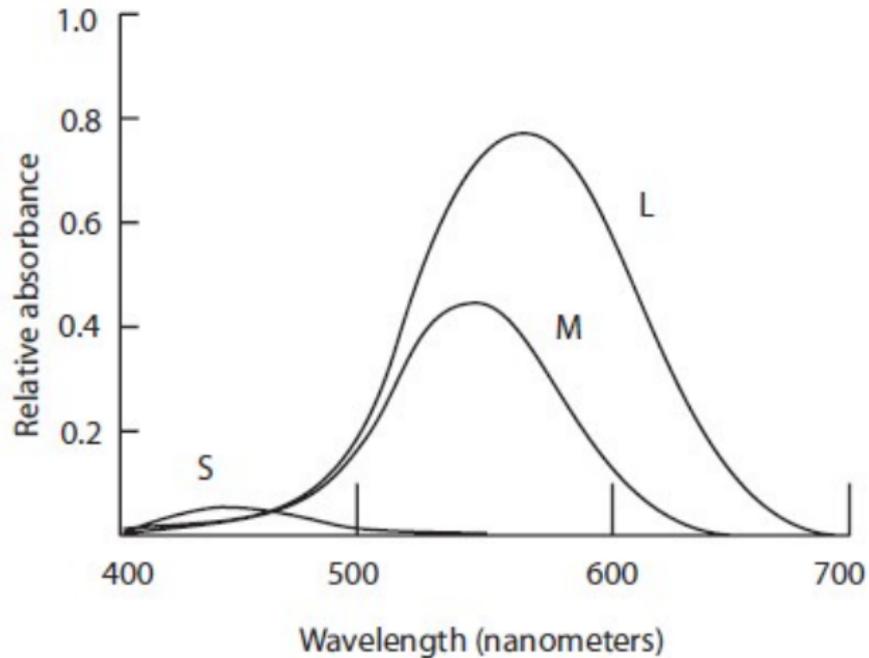
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

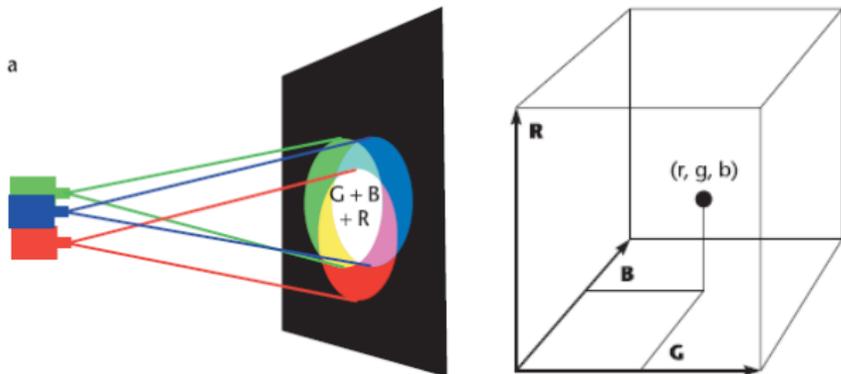
References



Source: Ware (2004)

Additive Farbmischung

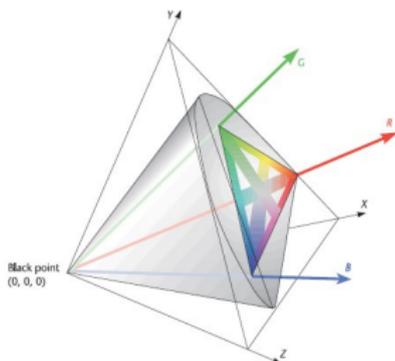
- Man kann eine beliebige (Licht)Farbe C mittels der Grundfarben Rot (R), Grün (G) und Blau (B) als $C = rR + gG + bB$ ausdrücken (Additive Farbmischung)



Source: Ware (2004)

Farbmischung

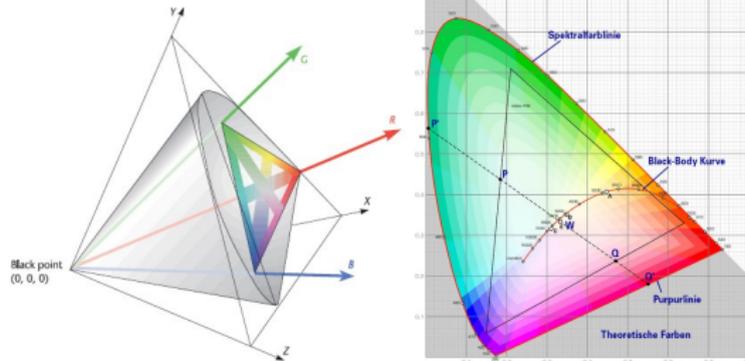
- System der Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) verwendet drei abstrakte Primärfarben X, Y, Z
- Wahrnehmbare Farben sind als graues Volumen dargestellt
- Die Messungen stammen von vor 1931
- Farben, die durch drei farbige Lichter rot, grün und blau erzeugt werden können, sind durch die einbeschriebene Pyramide gekennzeichnet



Source: Ware (2004)

Farbmischung

- System der Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) verwendet drei abstrakte Primärfarben X, Y, Z
- Wahrnehmbare Farben sind als graues Volumen dargestellt
- Die Messungen stammen von vor 1931
- Farben, die durch drei farbige Lichter rot, grün und blau erzeugt werden können, sind durch die einbeschriebene Pyramide gekennzeichnet



Source: Ware (2004), Jänicke (2016)

CIE Normfarbtafel

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Wenn zwei farbige Lichtquellen als Punkte im Diagramm dargestellt werden, liegen die Farben die als Mischung dieser beiden Lichtquellen erzeugt werden können auf einer Linie
- Alle Farben innerhalb eines Dreiecks, dessen Eckpunkte drei farbige Lichtquellen repräsentiert, können mit Hilfe dieser Lichtquellen erzeugt werden
- Die hufeisenförmige Spektralfarblinie enthält alle Farben mit den höchsten Sättigungsgraden in den einzelnen Farbtönen – Man sieht sie wenn man Licht betrachtet, dass nur aus einer Wellenlänge besteht
- Die Purpurline verbindet die beiden Enden der Spektralfarblinie
- Der Weißpunkt hat die Koordinaten $x = 0.333$ und $y = 0.333$

CIE Normfarbtafel

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Auf der Verbindungslinie zwischen Weißpunkt und Spektralfarbe ändert sich der Farbton nicht
- Komplementärfarben findet man entlang der Verbindungslinie durch den Weißpunkt

CIE Normfarbtafel

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Auf der Verbindungslinie zwischen Weißpunkt und Spektralfarbe ändert sich der Farbton nicht
- Komplementärfarben findet man entlang der Verbindungslinie durch den Weißpunkt
- Gleichmäßige Farbräume geben nur eine ungefähre Schätzung der tatsächlich wahrgenommenen Differenzen wieder, da die Wahrnehmung durch viele Außenfaktoren beeinflusst wird:
 - Kontrasteffekte (Hintergrundfarbe vs. Objektfarbe)
 - Größe der Farbflächen

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

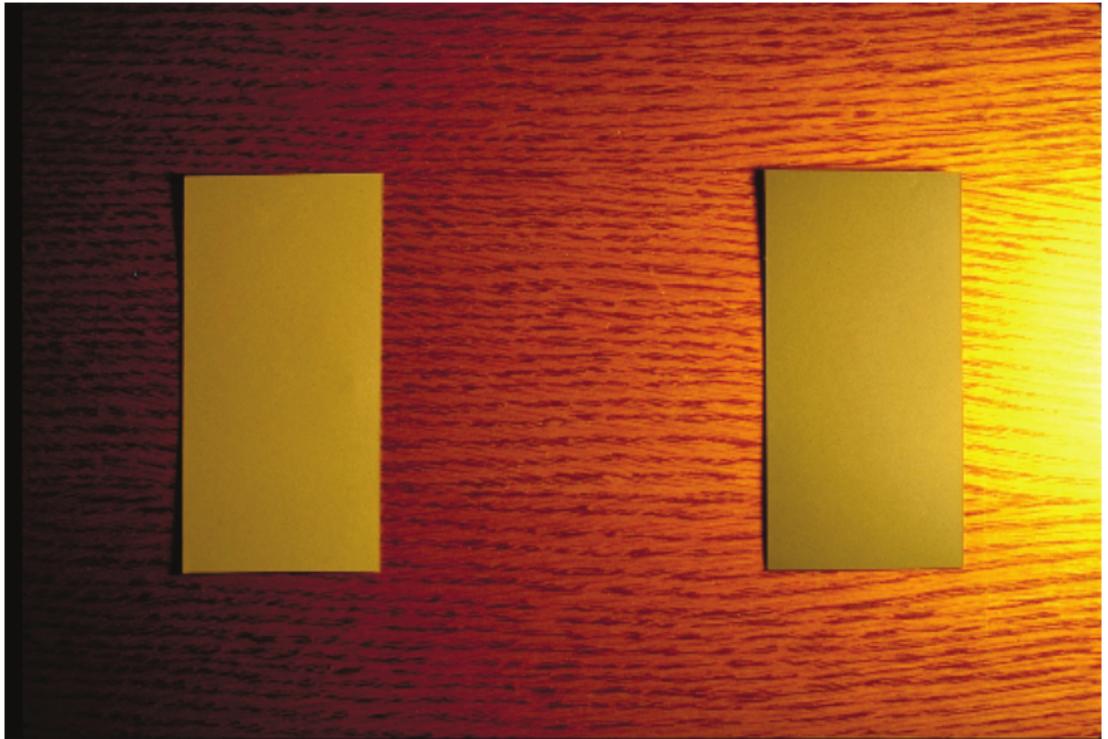
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Ware (2004)

Farbbenennung

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Jänicke (2016)

Farbempfindung I

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

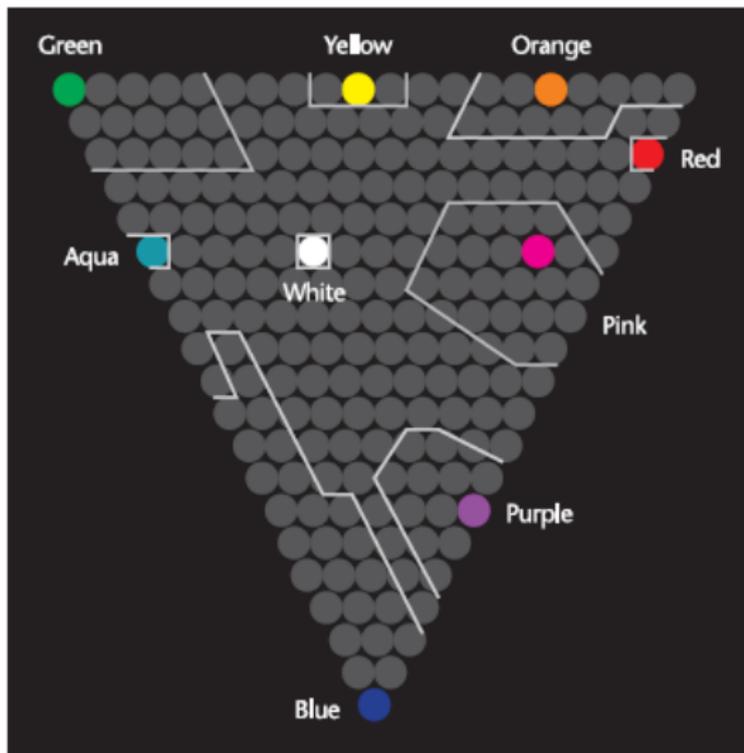
Grouping

Tutorial

References

- Einige empirische Studien zur Farbempfindung
- Nur acht Farben und weiß wurden von mind. 75% der Teilnehmer gleich benannt. Diesen werden leicht erinnert
 - Wichtig wenn Farben als Kategorien verwendet werden sollen
- Das Rot am Monitor wird oft als Orange wahrgenommen
 - wahres Rot hat einen kleinen Blauanteil
- Reines Gelb kann sehr exakt bestimmt werden (± 2 nm)
- Bei Grün gibt es zwei Modellwerte (2/3 für 514 nm, 1/3 bei 525 nm – eher türkis)
- Die Größe der Regionen mit gleichem Farbnamen hat wenig Aussagekraft, da dies stark vom Hintergrund abhängt
- Dunkles Gelb wird als Braun wahrgenommen

Farbempfindung II



Source: Ware (2004)

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Abhängig von vielen äußeren Faktoren können Farben sehr unterschiedlich erscheinen
- Soll sicher gestellt werden soll, dass eine Farbe in einem bestimmten Ton wahrgenommen wird, müssen diese äußeren Faktoren eingerechnet werden
- Entweder man passt also die äußeren Faktoren einem Standard an oder die Farbe den äußeren Faktoren
- Ähnlich der Anpassung an verschiedene Helligkeiten, kann sich das Auge auch an verschiedene Beleuchtungsfarben anpassen
- Wird ein Raum z.B. mit blauem Licht beleuchtet passen sich die Photorezeptoren an und reagieren weniger sensitiv auf blaues Licht, so dass Farben konstant wahrgenommen werden können

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

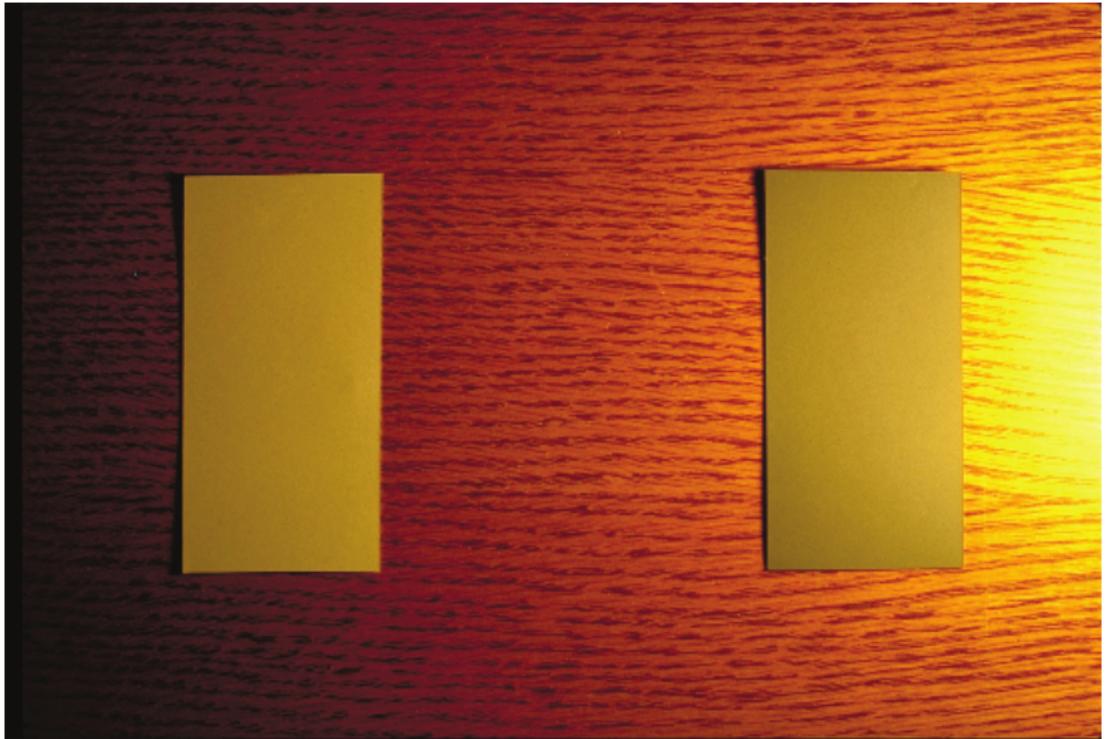
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Ware (2004)

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

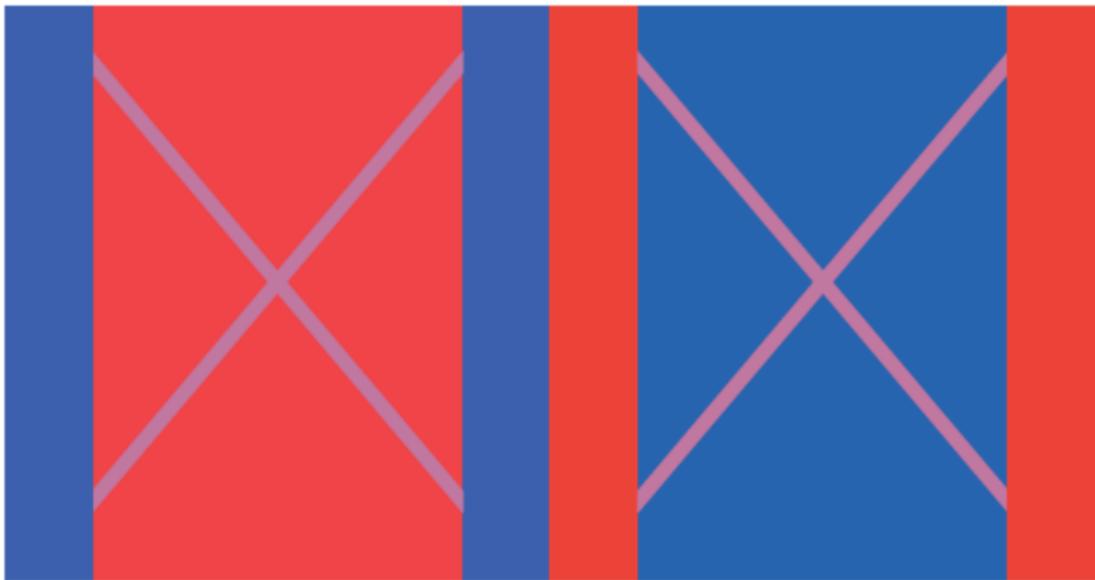
Attention

Grouping

Tutorial

References

- Ähnliche Effekte kann man beim Tragen von farbigen Sonnenbrillen beobachten
- Ähnlich der Kontrastillusion für Graustufen haben auch Farben Wechselwirkungen, und je nach Hintergrund können sie verschieden wahrgenommen werden
- Farben werden häufig mit zusätzlichen Adjektiven wie intensiv, leuchtend, fahl oder matt beschrieben
- Diese Eigenschaften spiegeln sich in der Sättigung das Farbtons wieder



A color contrast illusion. The X pattern is identical on both sides, but it seems bluer on the red background and pinker on the blue background.

Source: Ware (2004)

Isoluminanz

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

It is very difficult to read text that is isoluminant with its background color. If clear text material is to be presented it is essential that there be substantial luminance contrast with the background color. Color contrast is not enough. This particular example is especially difficult because the chromatic difference is in the yellow blue direction. The only exception to the requirement for luminance contrast is when the purpose is artistic effect and not clarity.

Source: Ware (2004)

Isoluminanz

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

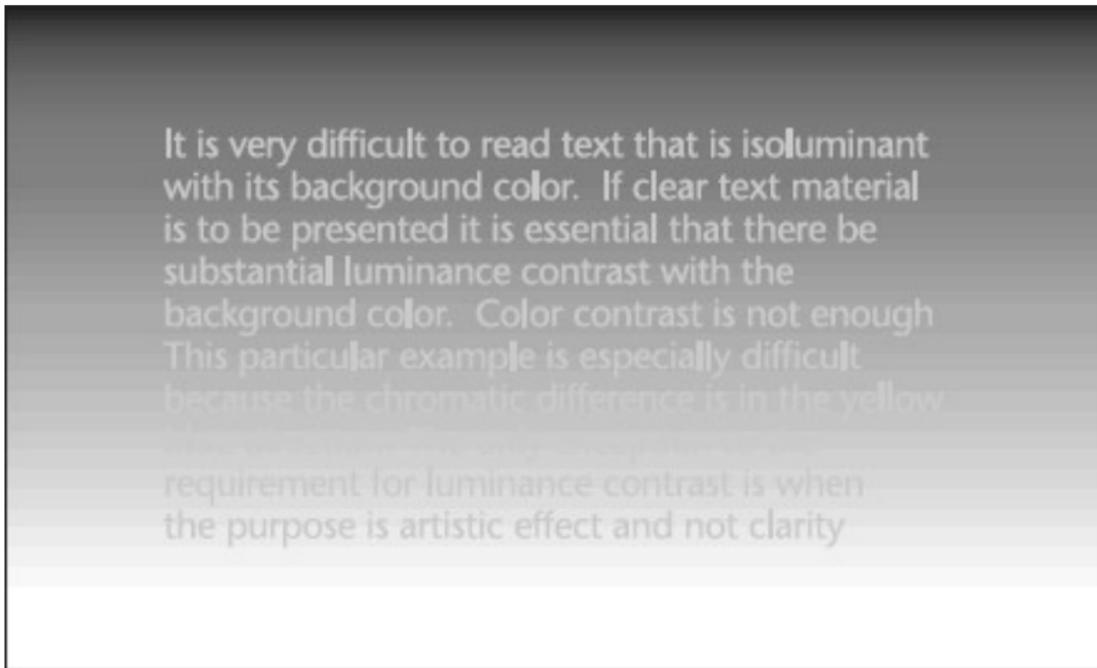
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Ware (2004)

Isoluminanz

- Isoluminanz bedeutet, dass sich zwei Farben lediglich in ihrem Farbton unterscheiden, nicht in ihrer Helligkeit
- Farben gleicher Helligkeit erscheinen seltsam nebeneinander und Grenzen sind schwer zu erkennen
 - Bei Text auf farbigem Grund sollte man Isoluminanz also vermeiden



Henri Matisse (Jänicke, 2016)

Isoluminanz

- Isoluminanz bedeutet, dass sich zwei Farben lediglich in ihrem Farbton unterscheiden, nicht in ihrer Helligkeit
- Farben gleicher Helligkeit erscheinen seltsam nebeneinander und Grenzen sind schwer zu erkennen
 - Bei Text auf farbigem Grund sollte man Isoluminanz also vermeiden



Henri Matisse (Jänicke, 2016)

Formwahrnehmung

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

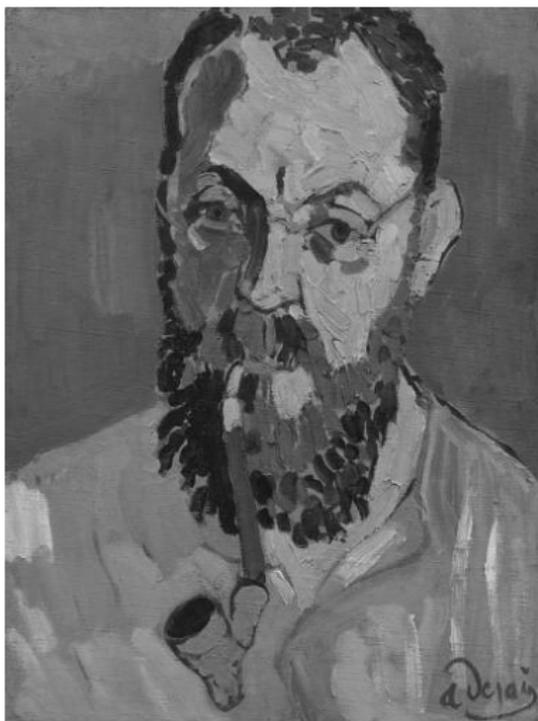
Attention

Grouping

Tutorial

References

Da Formen nur über Helligkeitswerte verarbeitet werde, stört es nicht, wenn Objekte in “falschen” Farben gemalt werden, so lange die Helligkeit stimmt.



André Derain

Source: Jänicke (2016)

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

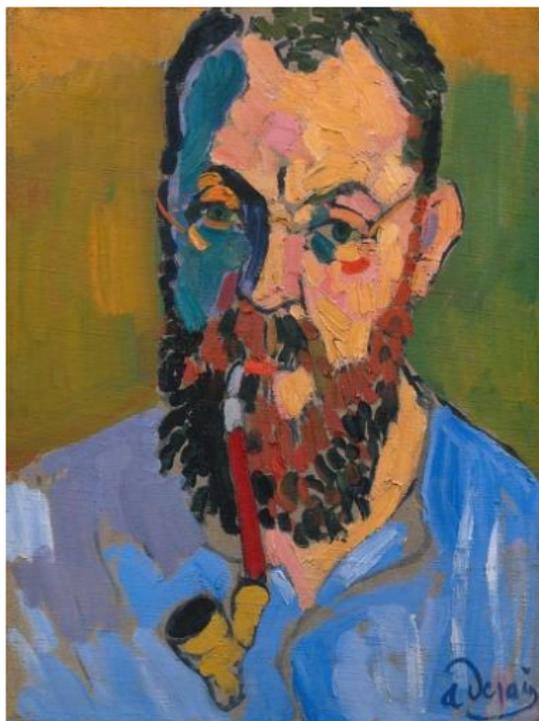
Attention

Grouping

Tutorial

References

Da Formen nur über Helligkeitswerte verarbeitet werde, stört es nicht, wenn Objekte in “falschen” Farben gemalt werden, so lange die Helligkeit stimmt.



André Derain

Source: Jänicke (2016)

- In vielen Anwendungen muss der Benutzer die Möglichkeit haben selber Farben zu spezifizieren
- Dies kann mittels Farbnamen, Farbpaletten oder eines Kontrollmenüs zur Eingabe eines Punktes in 3D geschehen
- Die meiste Freiheit bieten Kontrollmenüs
- Da die Spezifikation einer Farbe mittels RGB Werten für die meisten Menschen eher schwierig ist, werden häufig Menüs verwendet die die Kontrollparameter in Farbton (hue), Sättigung (saturation) und Hellwert (value) aufteilen (HSV Modell)
- Keines der Modelle ist perfekt und eine optimale Darstellung bisher noch nicht gefunden

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

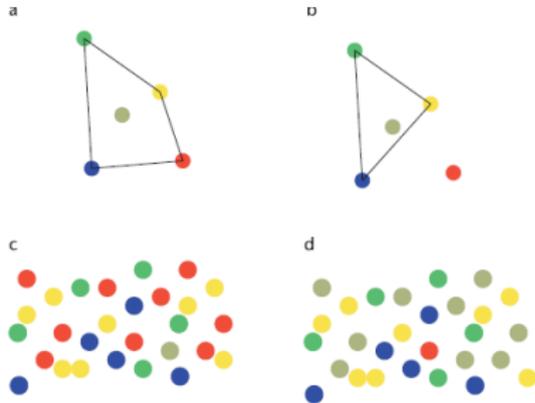
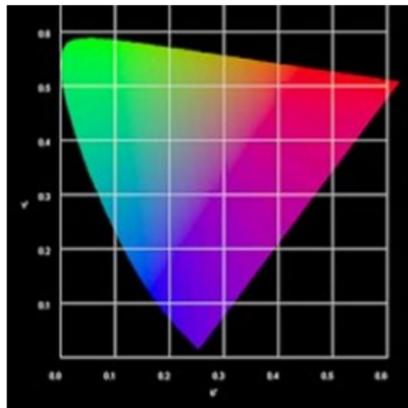
References

Bei der Verwendung von Farbe zur Unterscheidung von Merkmalen müssen einige Punkte beachtet werden:

- Unterscheidbarkeit
- Eindeutige Farbtöne
- Kontrast zum Hintergrund
- Farbschwäche
- Anzahl
- Größe der Farbfläche
- Konventionen

Farbkodierung von Objekten

- **Unterscheidbarkeit:** Die Farben sollen leicht voneinander zu unterscheiden sein
 - Wenn es darum geht ein Objekt einer bestimmten Farbe schnell zu finden, sollte diese außerhalb der konvexen Hülle der anderen Farben liegen



Source: Jänicke (2016); Ware (2004)

Farbkodierung von Objekten

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

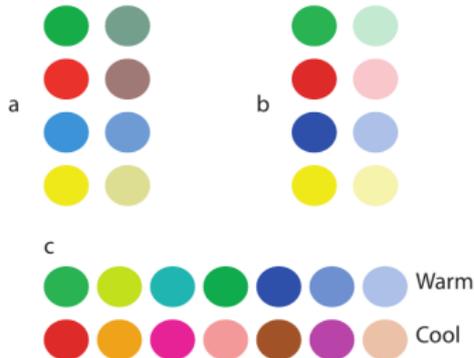
Attention

Grouping

Tutorial

References

- **Eindeutige Farbtöne:** Gegenfarben haben in den meisten Kulturen und Sprachen einen eigenen spezifischen Namen und werden leicht erkannt
 - Zu bevorzugen, wenn nur wenige Farben benötigt werden
 - Wenn möglich nicht mehrere Farben aus der gleichen Farbfamilie verwenden
 - Gegenfarben: Blau-Gelb, Rot-Grün, Schwarz-Weiß



Families of colors: (a) Pairs related by hue, family members differ in saturation. (b) Pairs related by hue, family members differ in saturation and lightness. (c) A family of warm hues and a family of cool hues.

Source: Ware (2004)

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

- **Kontrast zum Hintergrund:** Es muss beachtet werden, dass Farben auf unterschiedlichem Hintergrund unterschiedlich wirken können
 - Wechselwirkungen können durch eine einheitliche Kontur (z.B. schwarz oder weiß) verkleinert werden
 - Isoluminanz zwischen Objekt und Hintergrund ist zu vermeiden
- **Farbschwäche:** Da es relativ viele Menschen mit Farbschwäche gibt sollten Farbkodierung basierend auf rot-grün Kontrasten vermieden werden
- **Anzahl:** Nur 5 bis 10 Farben können schnell unterschieden werden

- **Größe der Farbfläche:** Die Größe der farblich kodierten Objekte sollte nicht zu klein sein, da sie sonst nicht unterschieden werden können.
 - Allgemein gilt: Für kleine Farbflächen sollten stark gesättigte und stark unterschiedliche Farben verwendet werden, für große Flächen eher Farben mit niedrigerer Sättigung und geringerem Abstand
 - Bei farbig hinterlegtem Text sollte eine helle Farbe gewählt werden
- **Konventionen:** Einige Farben haben bestimmte Bedeutungen
 - Rot = heiß oder Gefahr – Blau = kalt – Grün = Leben
 - Man beachte: Andere Länder, andere Sitten!
 - z.B. in China gilt rot = Leben oder Glück und grün = Tod

Empfehlung

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

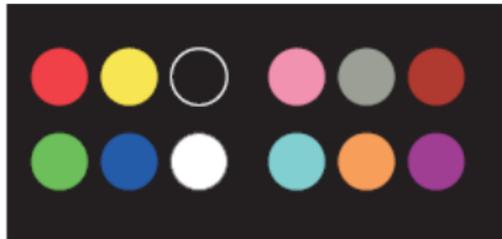
Attention

Grouping

Tutorial

References

Folgende Farben werden für die Kodierung empfohlen: Rot, Grün, Gelb, Blau, Schwarz, Weiß, Pink, Cyan, Grau, Orange, Braun, Lila



Source: Ware (2004)

Empfehlung

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

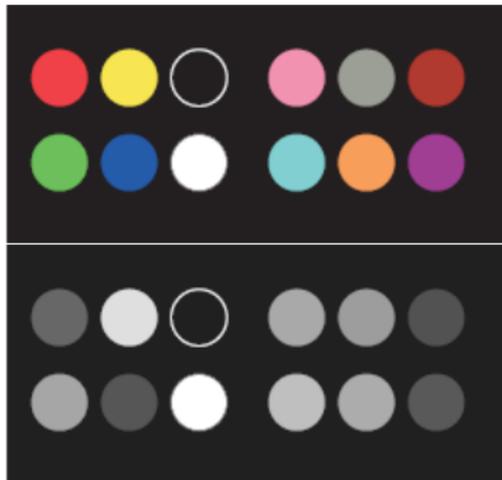
Attention

Grouping

Tutorial

References

Folgende Farben werden für die Kodierung empfohlen: Rot, Grün, Gelb, Blau, Schwarz, Weiß, Pink, Cyan, Grau, Orange, Braun, Lila



Source: Ware (2004)

Farbschwäche

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

Diese Darstellung soll zeigen, wie Farben von Personen mit Farbsehschwäche wahrgenommen werden



Source: Yau (2013)

Farbreihen

- Zur farbigen Darstellung von kontinuierlichen Werten werden häufig Farbreihen (color maps) verwendet, die jedem Wert eineindeutig eine Farbe zuordnen
- In der Falschfarbendarstellung werden gezielt Farben verwendet, die nicht dem natürlichen Farbeindruck entsprechen, z.B. blaues Pferd
- Anstatt der Grauwertdarstellung von Skalarwerten können Falschfarben eingesetzt werden, die den einzelnen Grauwerten unterschiedliche Farben zuordnen
- Fällt leichter, Muster zu erkennen und Werte abzulesen
- In den Naturwissenschaften wird häufig die Regenbogenfarbskala verwendet. Problem hierbei: Es gibt keine natürliche Ordnung für die enthaltenen Farben
- Ein weiteres Beispiel ist die Schwarzkörperstrahlung, die gewöhnlich bei Wärmebildaufnahmen verwendet wird
- Skalen sollten passen Menschen mit Farbschwäche

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References

Farbskalen

Eye

Perception

Luminosity

Contrast

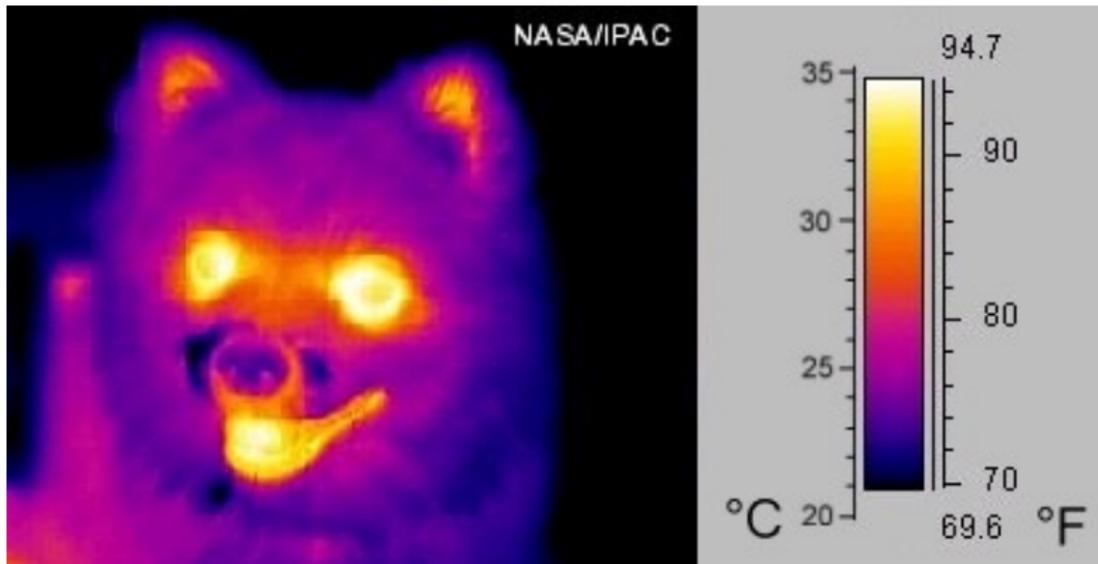
Colour

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Jänicke (2016)

Outline

- Eye
 - Perception
 - Attention**
 - Grouping
 - Tutorial
 - References
- 1 Eye
 - 2 Perception
 - 3 Attention**
 - 4 Grouping
 - 5 Tutorial

- Die Verarbeitung von visueller Information wird mit vielfältigen Methoden untersucht
- **Psychophysik:** Übertragung physikalischer Messprinzipien auf die menschliche Wahrnehmung, etwa zum Festlegen der kleinsten wahrnehmbaren Helligkeitsunterschiede
 - Messwerte: Sichtbarkeitsgrenzen, Fehlerraten
- **Kognitionspsychologie:** Betrachtung des Gehirns als Verband von Zentren mit festen Aufgaben
 - Diese Zentren werden häufig mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) untersucht
 - Messwerte: Reaktionszeiten, aktive Hirnregionen

Forschungsgebiete II

Eye

Perception

Attention

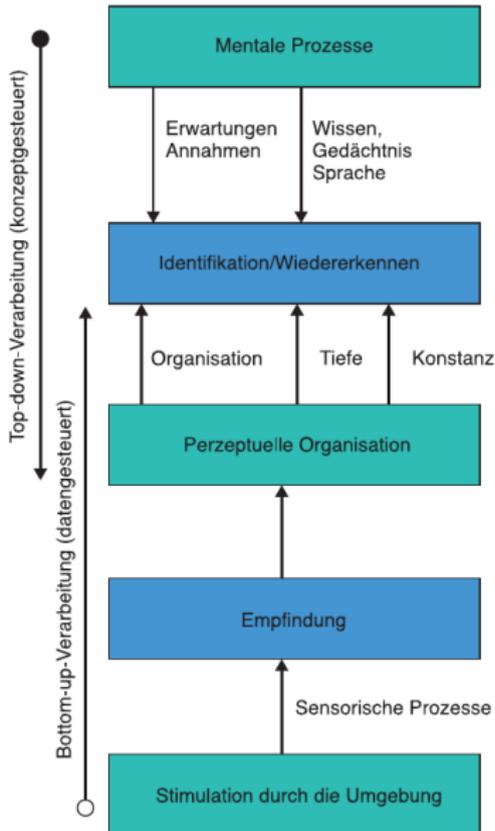
Grouping

Tutorial

References

- **Strukturelle Analyse:** Handlungen von Versuchspersonen gepaart mit Interviews zu Wahrnehmung und Verständnis sollen Hypothesen zu Vorgängen im Gehirn liefern
 - Messwerte: Bewertung auf Skala, Antworten auf Fragenkatalog, Anforderungsliste
- **Interkulturelle Studien:** Wenn gewisse Aspekte der Wahrnehmung für alle Menschen gleich sein sollen, kann man dies durch interkulturelle Studien verifizieren
 - Durch die globalen Medien, werden solche Studien zunehmend unmöglich
- **Studien an Kindern:** Da Kinder noch keine/wenig Erfahrung mit Visualisierungen haben, geben ihre Reaktionen auf einfache Muster Aufschluss über grundlegende Verarbeitungsprozesse.

Verarbeitungsprozesse



- Verarbeitung visueller Information komplexer Prozess
- Man unterscheidet grob drei Stufen der Verarbeitung:
 - 1 Sensorische Prozesse
 - Parallele Erfassung grundlegender Merkmale
 - 2 Perzeptuelle Organisation
 - Mustererkennung
 - 3 Aufgabenorientierte Verarbeitung
 - Identifikation
 - Wiedererkennen

Source: Ware (2004), Gerrig and Zimbardo (2008, Graphik)

Stufe 1: Sensorische Prozesse

- Milliarden Neuronen erfassen gleichzeitig unterschiedliche Merkmale des visuellen Feldes, z.B. Helligkeit, Farbe und Orientierung von Kanten
- Diese initiale Verarbeitung ist zum größten Teil unabhängig davon, worauf wir unsere Aufmerksamkeit richten
- Wichtige Merkmale:
 - Schnelle parallele Verarbeitung
 - Extraktion fundamentaler Merkmale
 - Information wird nur kurz gespeichert
 - Datenbasiertes bottom-up Modell der Verarbeitung
- In der ersten Stufe kann sehr viel visuelle Information parallel verarbeitet werden
- Kann genutzt werden um die Aufmerksamkeit zu lenken; bestimmte Aspekte hervorzuheben
- So kann man den Betrachter dabei unterstützen wichtige Informationen schnell zu erkennen.

Stufe 2: Perzeptuelle Organisation

- Schätzungen der wahrscheinlichen Größe, Form, Bewegung, Entfernung und Ausrichtung eines Objekts
- Schätzungen basieren auf mentalen Berechnungen, die Vorwissen mit aktueller Evidenz aus den Sinnen sowie dem Reiz in seinem Wahrnehmungskontext kombinieren
- Synthese einfacher sensorischer Merkmale wie beispielsweise Farben, Kanten und Linien zu einem Perzept eines Objekts
- Wichtige Merkmale:
 - Langsame serielle Verarbeitung
 - Verwendung von Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis
 - Wechsel zwischen Merkmalsverarbeitung (bottom-up) und Aufmerksamkeit (top-down)
 - Symbole erhalten komplexere Bedeutungen
 - Verschiedene Verarbeitungspfade
 - Objekterkennung – what-system
 - Bewegungssteuerung – action-system, where-system

Stufe 3: Aufgabenorientierte Verarbeitung

- Weist den Perzepten Bedeutung zu
- Runde Objekte “werden” zu Fußbällen, Münzen, Uhren, Orangen oder Monden; Menschen werden als weiblich oder männlich identifiziert, Freund/Feind, Verwandter/Star
- Die Aufmerksamkeit wird gezielt auf relevant Aspekte des visuellen Feldes gerichtet und wenige relevante Objekte werden im Kurzzeitgedächtnis gespeichert
- Wichtige Merkmale:
 - Langsame serielle Verarbeitung
 - Verwendung von Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis
 - Top-down Verarbeitung
 - Verarbeitung richtet sich nach der Fragestellung
- Verschiedene Objekte in einer Visualisierung sollten deutlich unterscheidbar sein, um diesen Prozess zu beschleunigen (vergleiche “Wo ist Walter?”)

Wo ist Walter?

Eye

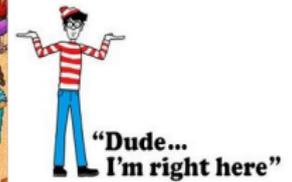
Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Jänicke (2016)

Präattentive Verarbeitung

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

a 85689726984689762689764358922659865986554897689269898
02462996874026557627986789045679232769285460986772098
90834579802790759047098279085790847729087590827908754
98709856749068975786259845690243790472190790709811450
85689726984689762689764458922659865986554897689269898

Counting how many “3” are in a text.

Source: Ware (2004)

Präattentive Verarbeitung

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

a 85689726984689762689764358922659865986554897689269898
02462996874026557627986789045679232769285460986772098
90834579802790759047098279085790847729087590827908754
98709856749068975786259845690243790472190790709811450
85689726984689762689764458922659865986554897689269898

b 85689726984689762689764**3**58922659865986554897689269898
024629968740265576279867890456792**3**2769285460986772098
908**3**4579802790759047098279085790847729087590827908754
9870985674906897578625984569024**3**790472190790709811450
85689726984689762689764458922659865986554897689269898

Counting how many “3” are in a text.

Source: Ware (2004)

Definition

Präattentive Verarbeitung: Die Verarbeitung sensorischer Informationen, die einer Aufmerksamkeitszuwendung auf spezifische Objekte vorausgeht (Gerrig and Zimbardo, 2008).

- Die erste Stufe der Verarbeitung visueller Information erfasst das gesamte visuelle Feld
- Dieser Schritt wird präattentiv genannt, da in ihm Informationen erfasst werden noch bevor Aufmerksamkeit (attention) darauf gerichtet wird
- Ob ein Reiz präattentiv ist wird experimentell bestimmt, indem man die Zeit misst, die Testpersonen brauchen um den Zielreiz in einer Menge von Distraktoren zu finden

Präattentive Verarbeitung: Ermittlung

Eye

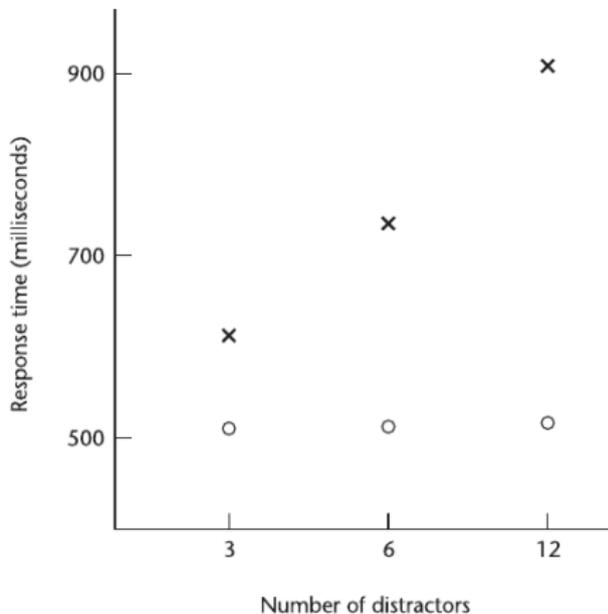
Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References



Preattentive processing times independent of number of distractors.

Source: Ware (2004)

Präattentive Verarbeitung: Kategorien

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

■ Form

- Line orientation
- Line length
- Line width
- Line collinearity
- Size
- Curvature
- Spatial grouping
- Blur
- Added marks
- Numerosity

■ Colour

- Hue
- Intensity

■ Motion

- Flicker
- Direction of motion

■ Spatial Position

- 2D position
- Stereoscopic depth
- Convex/concave shape
from shading

Ware (2004)

Präattentive Wahrnehmung: Beispiele

■ Form:

- Ausrichtung
- Größe
- Krümmung
- Länge & Breite von Linien
- Anzahl
- Annotationen

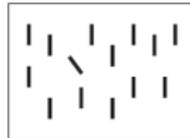
■ Farbe:

- Farbton, Intensität

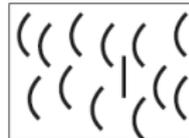
■ Räumliche Position:

- Konkav, Konvex
- Einschluß

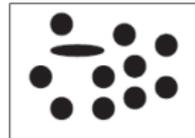
Orientation



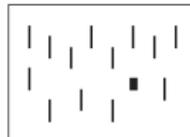
Curved/straight



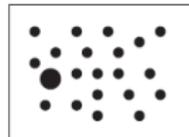
Shape



Shape



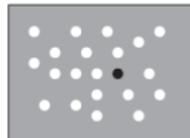
Size



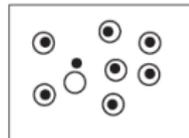
Number



Gray/value



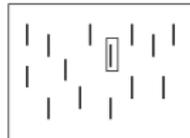
Enclosure



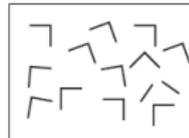
Convexity/concavity



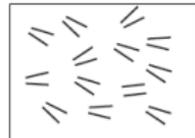
Addition



Juncture



Parallelism



Source: Ware (2004)

Präattentive Wahrnehmung: Beispiele

■ Form:

- Ausrichtung
- Größe
- Krümmung
- Länge & Breite von Linien
- Anzahl
- Annotationen

■ Farbe:

- Farbton, Intensität

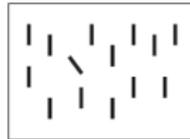
■ Räumliche Position:

- Konkav, Konvex
- Einschluß

■ Nicht Parallelität

■ Nicht Verbindung

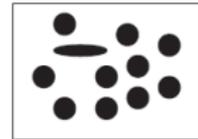
Orientation



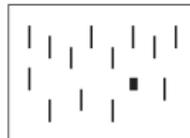
Curved/straight



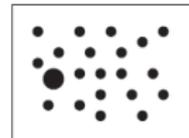
Shape



Shape



Size



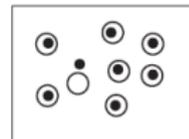
Number



Gray/value



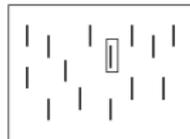
Enclosure



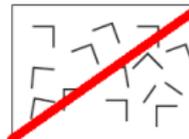
Convexity/concavity



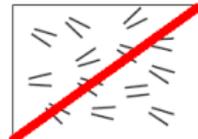
Addition



Juncture



Parallelism



Source: Ware (2004)

Aufmerksamkeitslenkung

- Präattentive Wahrnehmung kann Aufmerksamkeit leiten



Source: Ware (2004)

Aufmerksamkeitslenkung

- Präattentive Wahrnehmung kann Aufmerksamkeit leiten
- Werden zu viele unterschiedliche Reize verwendet, stechen die einzelnen Reize weniger hervor
- Wichtig sind hierbei: Unterschied zwischen Zielreiz und Distraktor und Unterschiede zwischen den Distraktoren



Source: Ware (2004)

Aufmerksamkeitslenkung

Eye

Perception

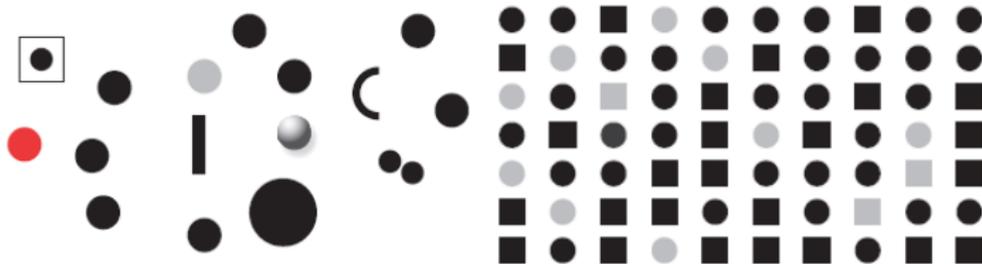
Attention

Grouping

Tutorial

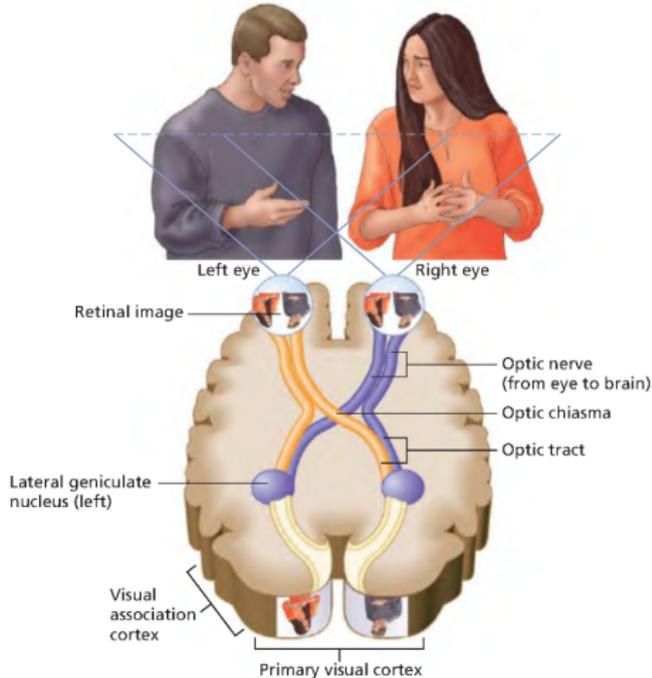
References

- Präattentive Wahrnehmung kann Aufmerksamkeit leiten
- Werden zu viele unterschiedliche Reize verwendet, stechen die einzelnen Reize weniger hervor
- Wichtig sind hierbei: Unterschied zwischen Zielreiz und Distraktor und Unterschiede zwischen den Distraktoren
- Kombinationen mehrerer Attribute sind im Allgemeinen ebenfalls nicht präattentiv (graue Quadrate)



Source: Ware (2004)

Visueller Cortex

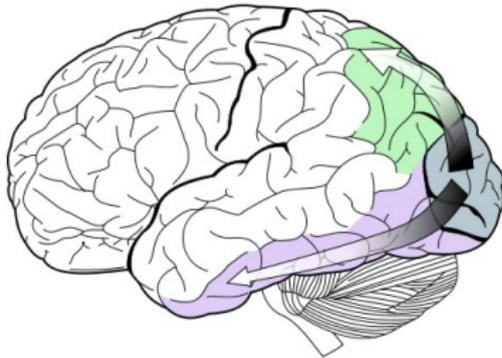


- Vom Auge entlang der Sehnerven (2, je 1 Mio. Zellen) zum Gehirn weitergeleitet
- Weiterverarbeitung in mehreren Schritten im visuellen Kortex (Milliarden Zellen)

Zimbardo et al. (2012)

- Spezialisierte Zellen, die auf bestimmte grundlegende visuelle Eigenschaften wie Orientierung, Größe, Bewegung und Farbeigenschaft reagieren

Two-Streams-Theorie



Source: Ware (2004)

Nach der “Two-Streams Theorie” wird die optische Information danach in zwei Systemen weiterverarbeitet, dem dorsalen “Wo-System” und dem ventralen “Was-System”

- Das dorsale System (grün) ist u.a. für die Wahrnehmung von Bewegung, Tiefe, räumlicher Organisation und für die Planung von Handlungen (z.B. Greifen) verantwortlich
- Das ventrale System (lila) gleicht die aufgenommene Information mit vorhandenem Wissen ab und ordnet das Gesehene ein – es ist u.a. verantwortlich für Wahrnehmung von Objekten, Formen und Gesichtern

Informationsverarbeitung

- Nach Schädigung des dorsalen Systems können Menschen noch die einzelnen Bestandteile eines Objekts wahrnehmen, sie aber nicht mehr richtig anordnen

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Informationsverarbeitung

- Nach Schädigung des dorsalen Systems können Menschen noch die einzelnen Bestandteile eines Objekts wahrnehmen, sie aber nicht mehr richtig anordnen
- Vorhandenes Wissen wird eingesetzt, um die Bestandteile eines Objektes diesem zuzuordnen

Informationsverarbeitung

- Nach Schädigung des dorsalen Systems können Menschen noch die einzelnen Bestandteile eines Objekts wahrnehmen, sie aber nicht mehr richtig anordnen
- Vorhandenes Wissen wird eingesetzt, um die Bestandteile eines Objektes diesem zuzuordnen



Informationsverarbeitung

- Nach Schädigung des dorsalen Systems können Menschen noch die einzelnen Bestandteile eines Objekts wahrnehmen, sie aber nicht mehr richtig anordnen
- Vorhandenes Wissen wird eingesetzt, um die Bestandteile eines Objektes diesem zuzuordnen



Informationsverarbeitung

- Nach Schädigung des dorsalen Systems können Menschen noch die einzelnen Bestandteile eines Objekts wahrnehmen, sie aber nicht mehr richtig anordnen
- Vorhandenes Wissen wird eingesetzt, um die Bestandteile eines Objektes diesem zuzuordnen

Informationsverarbeitung

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Nach Schädigung des dorsalen Systems können Menschen noch die einzelnen Bestandteile eines Objekts wahrnehmen, sie aber nicht mehr richtig anordnen
- Vorhandenes Wissen wird eingesetzt, um die Bestandteile eines Objektes diesem zuzuordnen
- Thatcher-Effekt: Wir sind gewohnt Gesichter richtig herum zu sehen, deshalb nehmen wir es kaum wahr, wenn die einzelnen Bestandteile in einem auf dem Kopf stehenden Bild falsch herum eingefügt sind



Gesichtserkennung

Eye

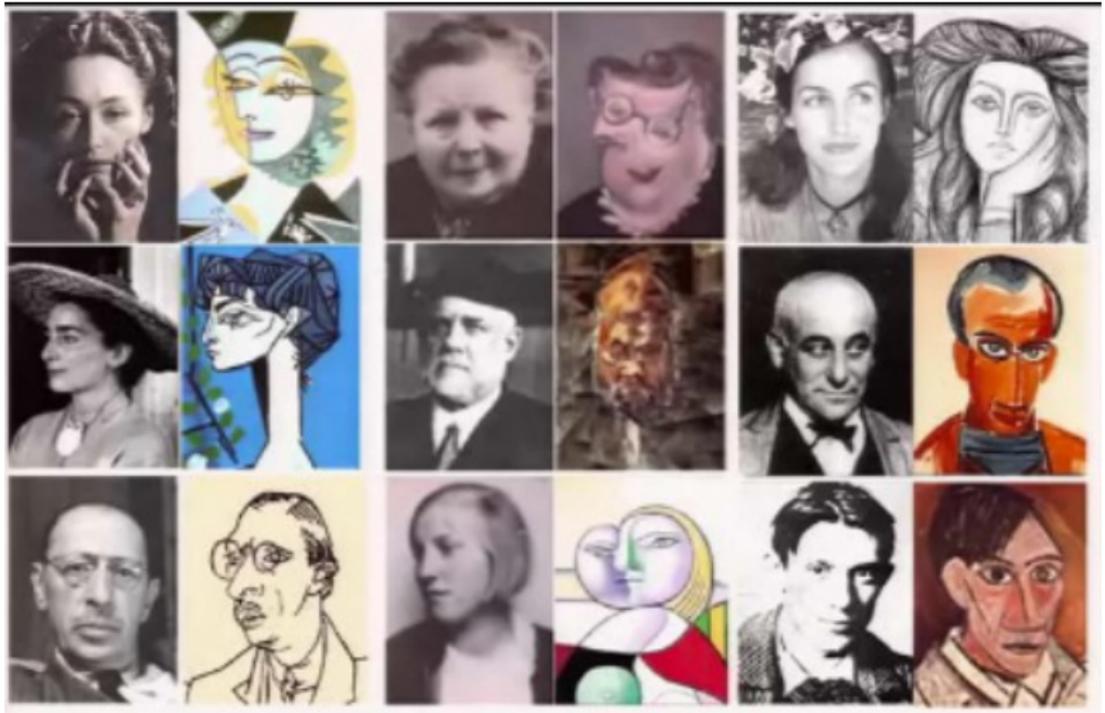
Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Jänicke (2016)

Aufmerksamkeit Lenken

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Um die Aufmerksamkeit auf bestimmte Aspekte zu lenken und alle Bereiche des Sichtfeldes scharf zu sehen, muss sich das Auge bewegen und verschiedene Aspekte scharfstellen
- Man unterscheidet drei Formen der Augenbewegung:
 - Sakkaden: Das Auge führt 2-5 ruckartige Bewegungen pro Sekunde durch, bei denen die Bewegung 20-100 ms dauert und bis zu $900^\circ/s$ schnell ist. Diese Bewegungen werden von 200-600 ms langen Fixierungen unterbrochen.
 - Verfolgungsbewegungen: Das Auge kann ein sich relativ gleichmäßig durch das Sichtfeld bewegendes Objekt verfolgen und somit beständig fixieren.
 - Konvergente Bewegungen: Die beiden Augen können ein sich näherndes Objekt durch konvergente Bewegung fixieren. Analog erfolgt die Fixierung eines sich entfernenden Objektes durch divergente Bewegung.

DANS, KÖN OCH JAGPROJEKT

På jakt efter ungdomars kroppsspråk och den "synkretiska dansen", en sammansmältning av olika kulturers dans, har jag i mitt fältarbete under hösten rört mig på olika arenor inom skolans värld. Nordiska, afrikanska, syd- och östeuropeiska ungdomar gör sina röster hörda genom sång, musik, skrik, skratt och gestaltar känslor och uttryck med hjälp av kroppsspråk och dans.

Den individuella estetiken framträder i kläder, frisyrer och symboliska tecken som förstärker ungdomarnas "jagprojekt" där också den egna stilen i kroppsrörelserna spelar en betydande roll i identitetsprövningen. Upphållsrummet fungerar som offentlig arena där ungdomarna spelar upp sina performanceliknande kroppsshower



Source: Jänicke (2016)

Scheinwerfertheorie

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Die Scheinwerfertheorie erklärt wie die Aufmerksamkeit beim Betrachten einer Szene gesteuert wird
- Grundannahme ist dass die Aufmerksamkeit wie ein Scheinwerfer ist, der verschiedene Aspekte einer Szene beleuchten kann
- Fällt die Aufmerksamkeit des Betrachters auf einen kleinen Teil der Szene, kann man dort genaue Details wahrnehmen
- Die Verarbeitung erfolgt seriell, so dass der Aufmerksamkeitsscheinwerfer von einem Punkt zum nächsten geleitet wird

Scheinwerfertheorie

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Die Scheinwerfertheorie erklärt wie die Aufmerksamkeit beim Betrachten einer Szene gesteuert wird
- Grundannahme ist dass die Aufmerksamkeit wie ein Scheinwerfer ist, der verschiedene Aspekte einer Szene beleuchten kann
- Fällt die Aufmerksamkeit des Betrachters auf einen kleinen Teil der Szene, kann man dort genaue Details wahrnehmen
- Die Verarbeitung erfolgt seriell, so dass der Aufmerksamkeitsscheinwerfer von einem Punkt zum nächsten geleitet wird
- Der “Weg” der Aufmerksamkeit durch die Szene ist kontextabhängig, z.B. ausgehend von der Aufgabe, die gelöst werden soll



Free examination.

1



Estimate material circumstances of the family

2



Give the ages of the people.

3



Surmise what the family had been doing before the arrival of the unexpected visitor.

4



Remember the clothes worn by the people.

5



Remember positions of people and objects in the room.

6



Estimate how long the visitor had been away from the family.

7

3 min. recordings of the same subject

Source: Jänicke (2016)

Outline

- Eye
 - Perception
 - Attention
 - Grouping**
 - Tutorial
 - References
- 1 Eye
 - 2 Perception
 - 3 Attention
 - 4 Grouping**
 - 5 Tutorial



Source: Jänicke (2016)

Wahrnehmungsgruppierung



Source: Gerrig and Zimbardo (2008)

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References



Source: Gerrig and Zimbardo (2008)

- Die meisten Leute sehen eine Vase vor schwarzem Grund
- Eine Figur wird als eine gegenstandsähnliche Region im Vordergrund gesehen, und der Grund wird als Unterlage gesehen, vor der sich die Figuren abzeichnen

Wahrnehmungsgruppierung



Source: Gerrig and Zimbardo (2008)

- Die meisten Leute sehen eine Vase vor schwarzem Grund
- Eine Figur wird als eine gegenstandsähnliche Region im Vordergrund gesehen, und der Grund wird als Unterlage gesehen, vor der sich die Figuren abzeichnen

Wahrnehmungsgruppierung



Source: Gerrig and Zimbardo (2008)

- Die meisten Leute sehen eine Vase vor schwarzem Grund
- Eine Figur wird als eine gegenstandsähnliche Region im Vordergrund gesehen, und der Grund wird als Unterlage gesehen, vor der sich die Figuren abzeichnen
- Man kann das Verhältnis zwischen Figur und Grund ändern, um zwei Gesichter statt einer Vase zu sehen

Wahrnehmungsgruppierung



Source: Gerrig and Zimbardo (2008)

- Die meisten Leute sehen eine Vase vor schwarzem Grund
- Eine Figur wird als eine gegenstandsähnliche Region im Vordergrund gesehen, und der Grund wird als Unterlage gesehen, vor der sich die Figuren abzeichnen
- Man kann das Verhältnis zwischen Figur und Grund ändern, um zwei Gesichter statt einer Vase zu sehen
- Wahrnehmungsprozesse müssen zu Beginn entscheiden, was Hintergrund und was Figur ist

Gestaltpsychologie

- Wie entscheiden Ihre Wahrnehmungsprozesse, was als Figur zusammengefasst werden soll?
- Prinzipien der Wahrnehmungsgruppierung wurden von Vertretern der Gestaltpsychologie untersucht
- Diese Gruppe ging davon aus, daß psychische Phänomene nur verstanden werden können, wenn man sie als organisiertes, strukturiertes Ganzes sieht, und nicht, wenn man sie in einfache, elementare Perzepte zerlegt
- In ihren Experimenten haben die Gestaltpsychologen untersucht, wie Wahrnehmungsanordnungen als Gestalten wahrgenommen werden
 - Sie zeigten, dass sich das Ganze oft erheblich von der Summe seiner Teile unterscheidet
 - Jeweils ein einziger Faktor wurde verändert und beobachtet, wie er die Wahrnehmung der ganzen Anordnung beeinflusste,
 - Resultat: eine Reihe von Gesetzen

Gestaltgesetze (-prinzipien)

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Gesetz der Nähe
 - gruppiert Dinge zusammen, die räumlich oder zeitlich nah sind
- Gesetz der Ähnlichkeit/Gleichheit
 - gruppiert Bildteile, die nach Farbe, Form, Helligkeit, Größe, Orientierung ähnlich sind
- Gesetz der guten Fortsetzung
 - präferiert räumliche oder zeitliche Einfachheit
- Gesetz der Geschlossenheit
 - neigt dazu, kleine Lücken aufzufüllen
- Gesetz des gemeinsamen Schicksals
 - Objekte werden gerne als Gruppen wahrgenommen
- Weiterhin komplexere Prinzipien
 - Gesetz der Symmetrie
 - Unterscheidung von Vorder- und Hintergrund

Gesetz der Nähe

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Das Gesetz der Nähe: Menschen nehmen die einander am nächsten liegenden Elemente als Gruppe wahr. Deshalb sehen Sie diese Abbildung als fünf Spalten von Objekten anstatt als vier Zeilen.



Source: Gerrig and Zimbardo (2008)

Gesetz der Ähnlichkeit

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Das Gesetz der Ähnlichkeit: Menschen nehmen die einander ähnlichsten Elemente als Gruppe wahr. Deshalb sehen Sie hier ein Viereck aus Os vor einem Feld von Xen und nicht Spalten aus vermischten Xen und Os.

X	X	X	X	X
X	O	O	O	X
X	O	O	O	X
X	O	O	O	X
X	X	X	X	X

Source: Gerrig and Zimbardo (2008)

Gesetz der guten Fortsetzung

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Das Gesetz der guten Fortsetzung: Menschen sehen Linien als durchgehend, selbst wenn sie unterbrochen sind. Deshalb sehen Sie hier einen Pfeil, der ein Herz durchbohrt anstatt eines Musters mit drei verschiedenen Teilen.



Source: Gerrig and Zimbardo (2008)

Gesetz der Geschlossenheit

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Das Gesetz der Geschlossenheit: Menschen neigen dazu, kleine Lücken aufzufüllen, um Objekte als Ganzes sehen zu können. Deshalb füllen Sie hier automatisch das fehlende Stück auf, um einen geschlossenen Kreis zu sehen.



Source: Gerrig and Zimbardo (2008)

Gesetz des gemeinsamen Schicksals

Eye

Perception

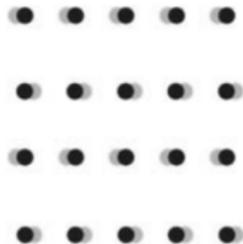
Attention

Grouping

Tutorial

References

Das Gesetz des gemeinsamen Schicksals: Menschen neigen dazu, Objekte als Gruppe zu sehen, die sich scheinbar in dieselbe Richtung bewegen. Deshalb sehen Sie diese Grafik als abwechselnde Zeilen, die sich auseinander bewegen.



Source: Gerrig and Zimbardo (2008)

Prinzipien können miteinander konkurrieren

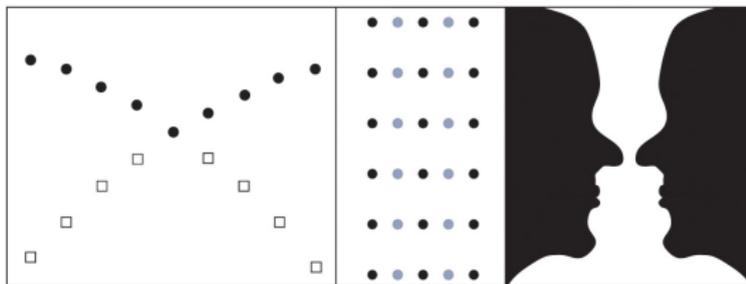


Abbildung 1.3: Konkurrenz von Gestaltgesetzen. Links: Gesetz der Gleichheit vs. Gesetz der guten Fortsetzung. Mitte: Gesetz der Gleichheit vs. Gesetz der Nähe. Rechts: Gesetz der Symmetrie und Unterscheidung Vorder-/Hintergrund

Source: Malaka et al. (2009)

- Oftmals können wir die gesamte Anordnung nicht auf einen Blick oder mit einer Fixation wahrnehmen
- Was wir zu einem bestimmten Zeitpunkt wahrnehmen, ist oft ein Bildausschnitt aus einer großen visuellen Welt, die sich in alle Richtungen in nicht gesehene Bereiche der Umgebung ausdehnt
- Um eine vollständige Vorstellung dessen zu erhalten, was uns umgibt, müssen wir Informationen aus Fixationen verschiedener räumlicher Regionen und unterschiedlicher Zeitpunkte kombinieren
- Wir sprechen hier von *räumlicher* Integration und *zeitlicher* Integration

Assignment 4.1: Integration

Individual Task

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

- I will show an image for about 2 seconds
- Then we wait for about 4 seconds
- Then we look at an image again for about 2 seconds
- Your task: Write down, whether the configurations were the same?

Assignment 4.1: Integration I

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration I

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds



Assignment 4.1: Integration I

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration I

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds



Assignment 4.1: Integration I

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds
- Write down: Were the configurations the same?

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration II

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration II

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds



Assignment 4.1: Integration II

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration II

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds



Assignment 4.1: Integration II

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds
- Write down: Were the configurations the same?

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration III

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration III

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds



Assignment 4.1: Integration III

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration III

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds



Assignment 4.1: Integration III

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds
- Write down: Were the configurations the same?

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration IV

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration IV

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds



Assignment 4.1: Integration IV

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration IV

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds



Assignment 4.1: Integration IV

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds
- Write down: Were the configurations the same?

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration V

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration V

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds



Assignment 4.1: Integration V

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds

Eye

Perception

Attention

Grouping

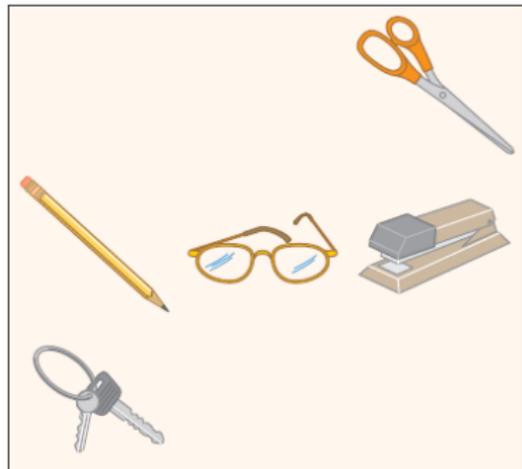
Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration V

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds



Assignment 4.1: Integration V

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds
- Write down: Were the configurations the same?

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration VI

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration VI

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds



Assignment 4.1: Integration VI

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Integration VI

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds



Assignment 4.1: Integration VI

Individual Task

- Are configurations the same?
- Look at the image for about 2 seconds
- Now we wait for about 4 seconds
- Then look again for about 2 seconds
- Write down: Were the configurations the same?

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Assignment 4.1: Auflösung

Individual Task

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

Bei der Auflösung kommt es nicht darauf an, es unbedingt richtig zu haben

Assignment 4.1: Integration I

Individual Task

- **Resultat: Gleich**
- **Gleiches Bild**
- **Wer hatte es richtig?**



Assignment 4.1: Integration II

Individual Task

- **Resultat: Ungleich**
- **Identitätswechsel**
- **Wer hatte es richtig?**



Assignment 4.1: Integration III

Individual Task

- **Resultat: Gleich**
- **Gleiches Bild**
- **Wer hatte es richtig?**



Assignment 4.1: Integration IV

Individual Task

- **Resultat: Gleich**
- **Gleiches Bild**
- **Wer hatte es richtig?**



Assignment 4.1: Integration V

Individual Task

- **Resultat: Ungleich**
- **Vertauschung**
- **Wer hatte es richtig?**



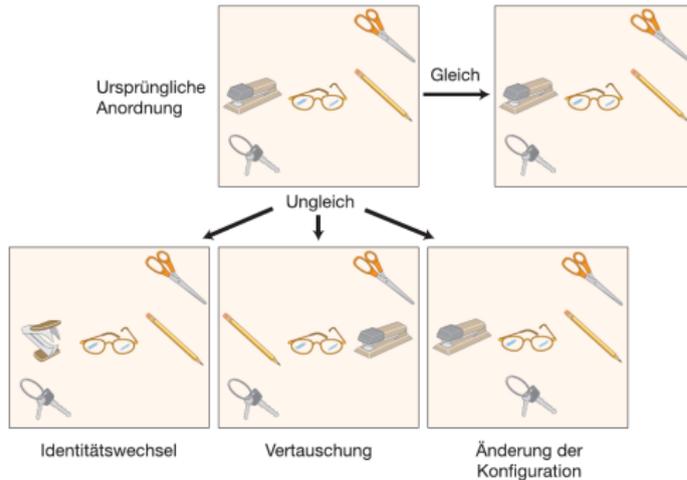
Assignment 4.1: Integration VI

Individual Task

- **Resultat: Ungleich**
- **Änderung der Konfiguration**
- **Wer hatte es richtig?**



Zeitliche und Räumliche Integration



A.

- Hinweise darauf, dass unser visuelles Gedächtnis bei jeder Fixation in der Welt keine sehr präzisen Details abspeichert
- Betrachter sind manchmal nicht einmal in der Lage, die Veränderung eines kompletten Objekts von einer Fixation zur nächsten zu bemerken (Gerrig and Zimbardo, 2008)

Zeitliche und Räumliche Integration

Eye

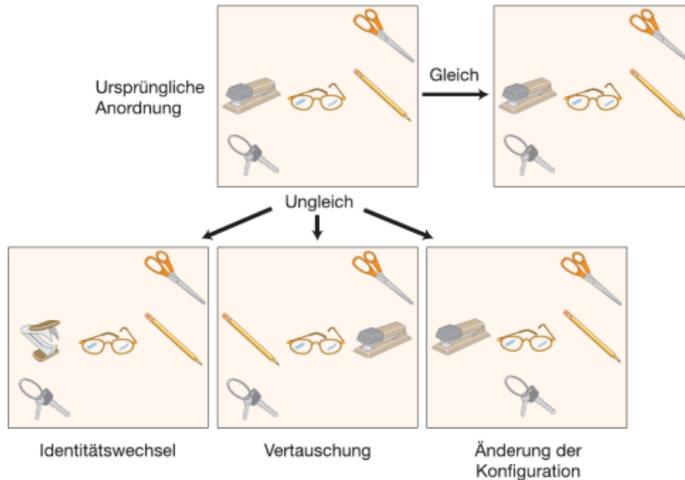
Perception

Attention

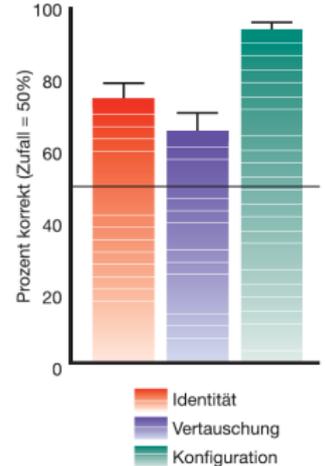
Grouping

Tutorial

References



A.



B.

- Hinweise darauf, dass unser visuelles Gedächtnis bei jeder Fixation in der Welt keine sehr präzisen Details abspeichert
- Betrachter sind manchmal nicht einmal in der Lage, die Veränderung eines kompletten Objekts von einer Fixation zur nächsten zu bemerken (Gerrig and Zimbardo, 2008)

- Wieso bemerken wir nicht, dass aus einem Klammerhefter ein Bleistift wurde?
- Teil der Antwort könnte darin liegen, daß die Welt selbst im Allgemeinen eine stabile Quelle von Informationen darstellt
- Es ist einfach unnötig, Informationen, die stets in der externen Umgebung verfügbar sind, an das Gedächtnis zu übergeben – und daher verfügen wir über keine Prozesse, die dies gewöhnlich tun (Gerrig and Zimbardo, 2008)

Outline

- Eye
 - Perception
 - Attention
 - Grouping
 - Tutorial**
 - References
- 1 Eye
 - 2 Perception
 - 3 Attention
 - 4 Grouping
 - 5 Tutorial**

Assignment 4.2: Examples Revisited

Group Work

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Without consulting the slides, sketch what you can remember of
 - Minard's record,
 - Nightingale's diagram and
 - Snow's Soho map.
- In other words, externalize your mental models of those representations.
- By means of sketches explore alternative ways of representing the data encoded in the representations of Minard, Nightingale, Snow and Beck.

Assignment 4.3: Wechselblindheit

Group Work

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Warum ist die Leistung der Probanden im Experiment zur Wechselblindheit am besten, wenn sich die Anordnung der Gegenstände ändert?

Assignment 4.4: Lecture Material

Group Work

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

- How would you represent the information from the lectures and why
- What kind of material would support you learning
 - Slides
 - Handouts
 - Text
 - Graphical representation
- Is there any (other) visualization or knowledge representation that would be helpful?

Perception

Jörg Cassens

Data and Process Visualization SoSe 2017

References I

Eye

Perception

Attention

Grouping

Tutorial

References

- Anstis, S. (1974). A chart demonstrating variations in acuity with retinal position. *Vision Research*, 14:589–592.
- Gerrig, R. J. and Zimbardo, P. G. (2008). *Psychologie, 18. Auflage*. Pearson, München.
- Jänicke, H. (2016). Vorlesung visualisierung. online.
- Malaka, R., Butz, A., and Hussmann, H. (2009). *Medieninformatik – Eine Einführung*. Pearson Studium, Munich.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Katz, L. C., LaMantia, A.-S., McNamara, J. O., and Williams., S. M., editors (2001). *Neuroscience, 2nd Edition*. Sinauer Associates, Sunderland (MA).
- Ware, C. (2004). *Information Visualization – Perception for Design, 2nd Edition*. Morgan Kaufman/Elsevier, San Francisco, USA.
- Yau, N. (2013). *Data Points – Visualization that means something*. Wiley.
- Zimbardo, P. G., Johnson, R. L., and McCann, V. (2012). *Psychology – Core Concepts, 7th Edition*. Pearson, Boston, USA.