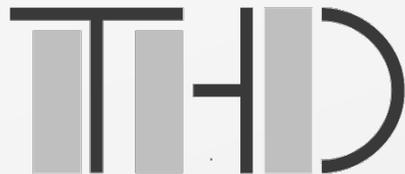


Kognitive Grundlagen

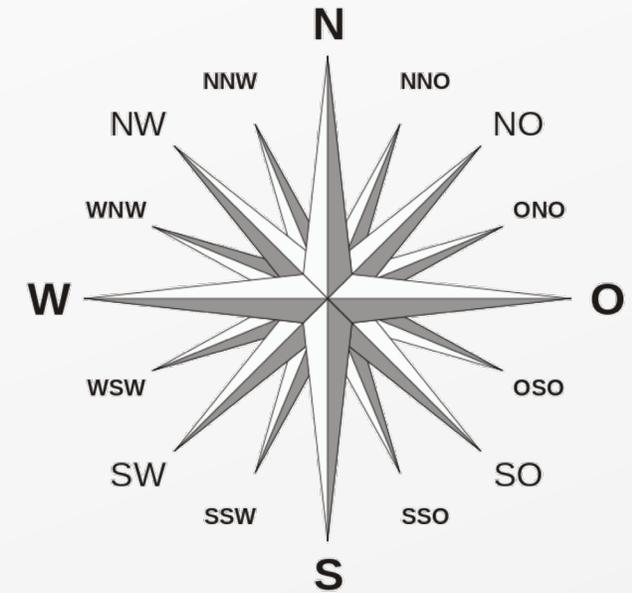
Human Factors

Prof. Dr. Armin Eichinger

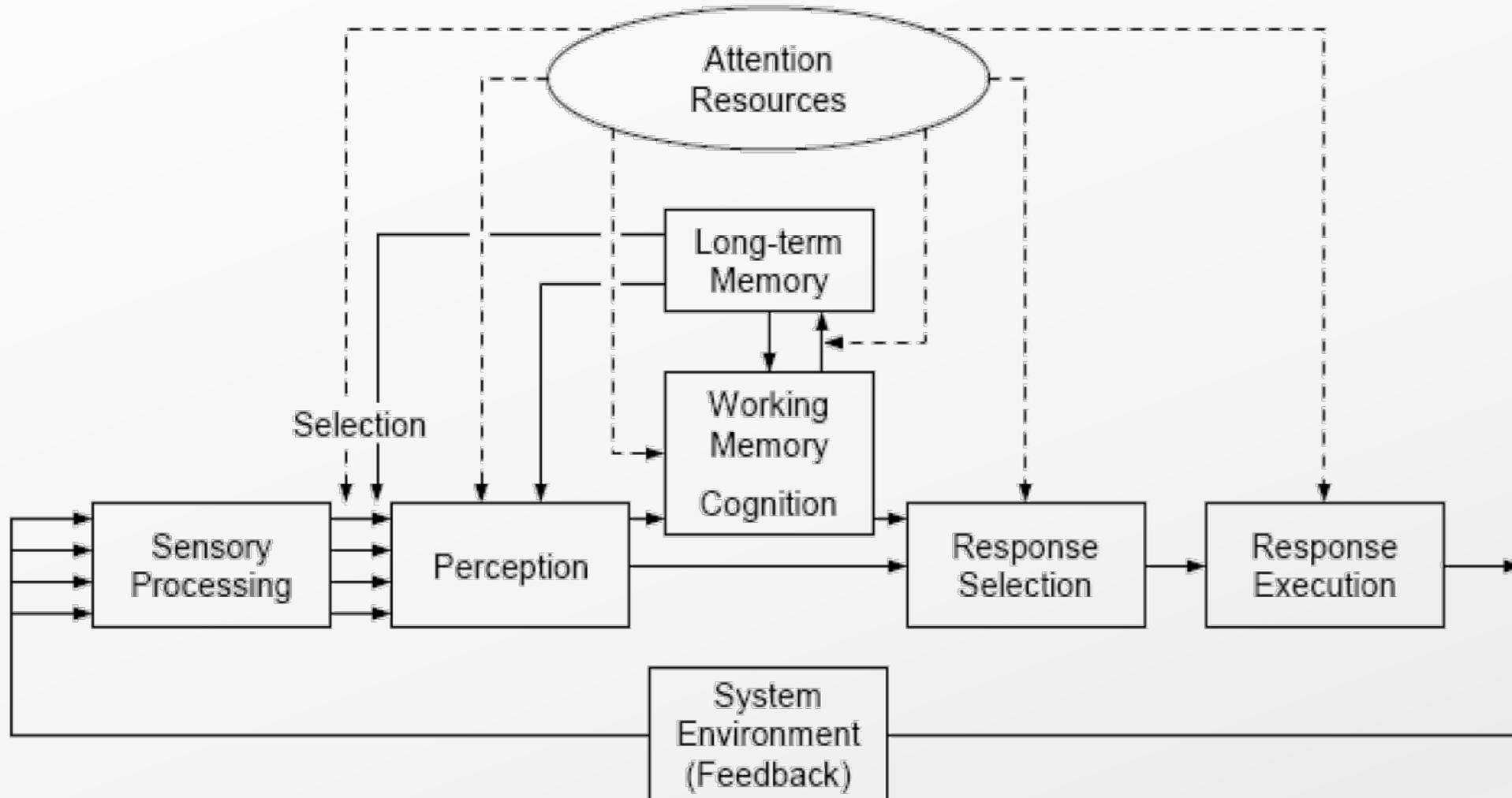


Überblick

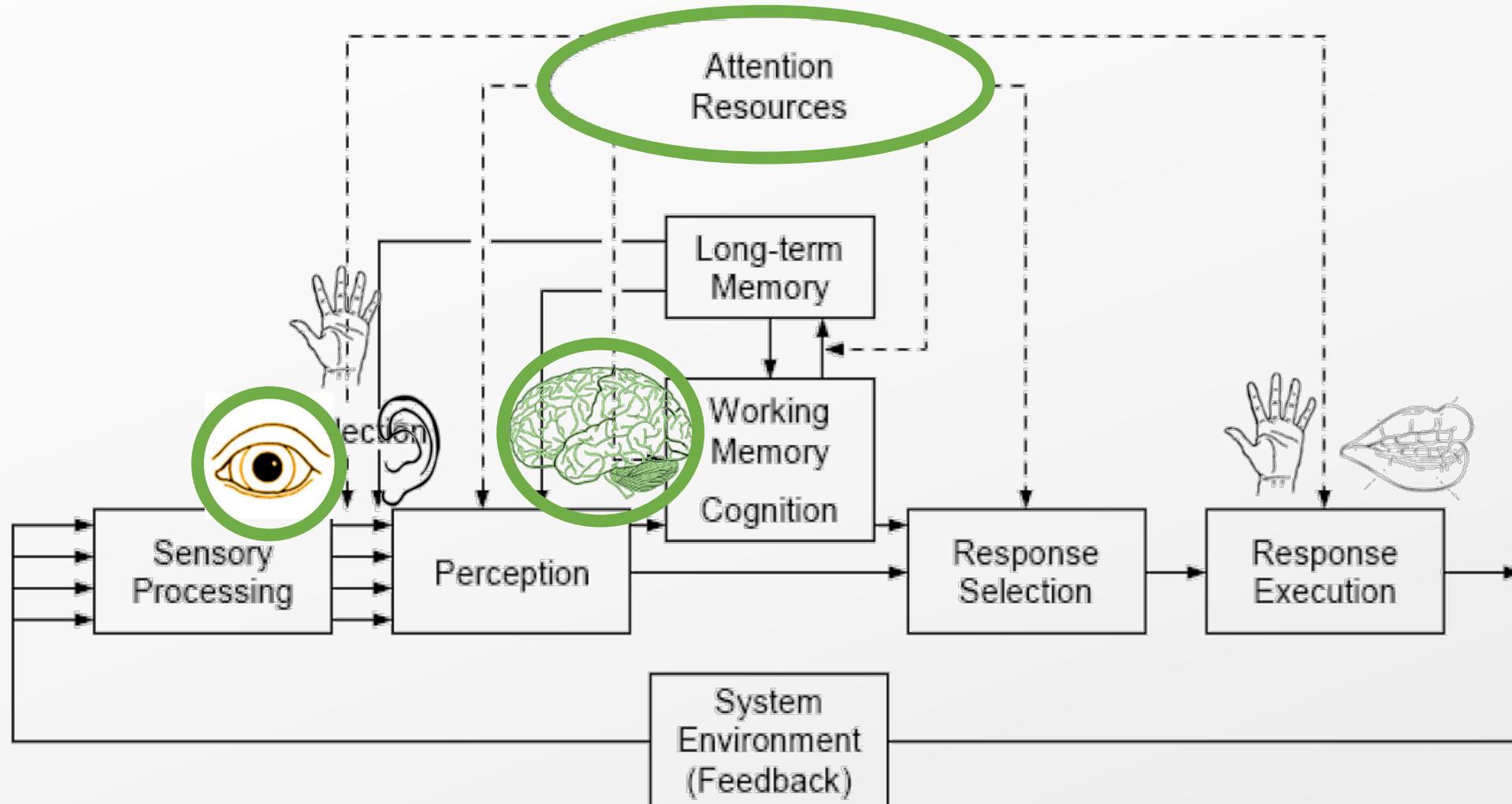
- Modelle der Informationsverarbeitung
- **Visuelle Wahrnehmung**
visuelles Denken, visuelle Abfragen, Apparat und Prozess des Sehens, Bottom-up-Prozesse, Gestaltgesetze, Top-down-Prozesse, Anwendung: Gestaltung und Informationsdarstellung
- **Aufmerksamkeit**
SEEV-Modell, Modell der Mehrfachressourcen
- **Angewandte kognitive Phänomene**
Workload, Situation Awareness



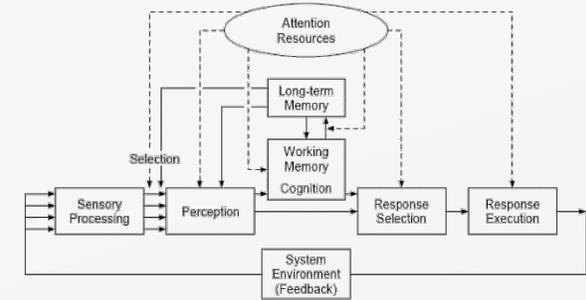
Modell der Informationsverarbeitung



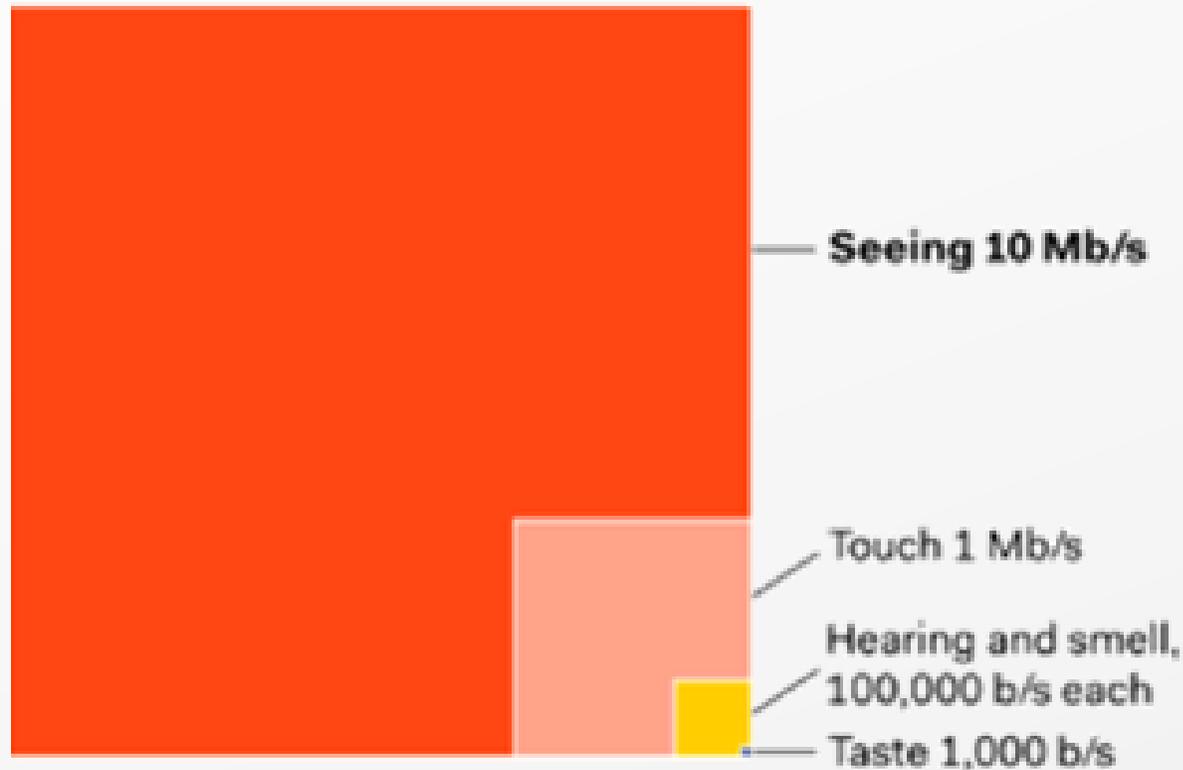
Modell der Informationsverarbeitung



Informationsverarbeitung



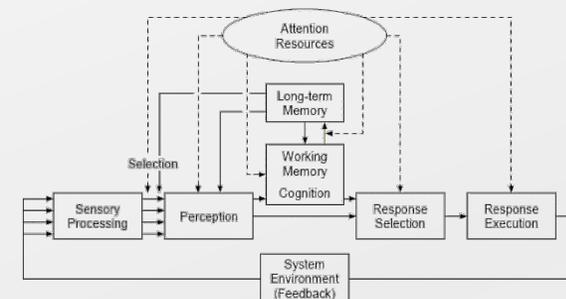
Informationsverarbeitung



Koponen, J., & Hildén, J. (2019). *Data visualization handbook*. Espoo: Aalto Arts Books.

We are able to visually perceive our environment, and changes in it considerably more quickly and precisely than using other senses. It is estimated that, each moment, our visual system sends our brains around eight times more information than all the other senses combined.

(p. 21)



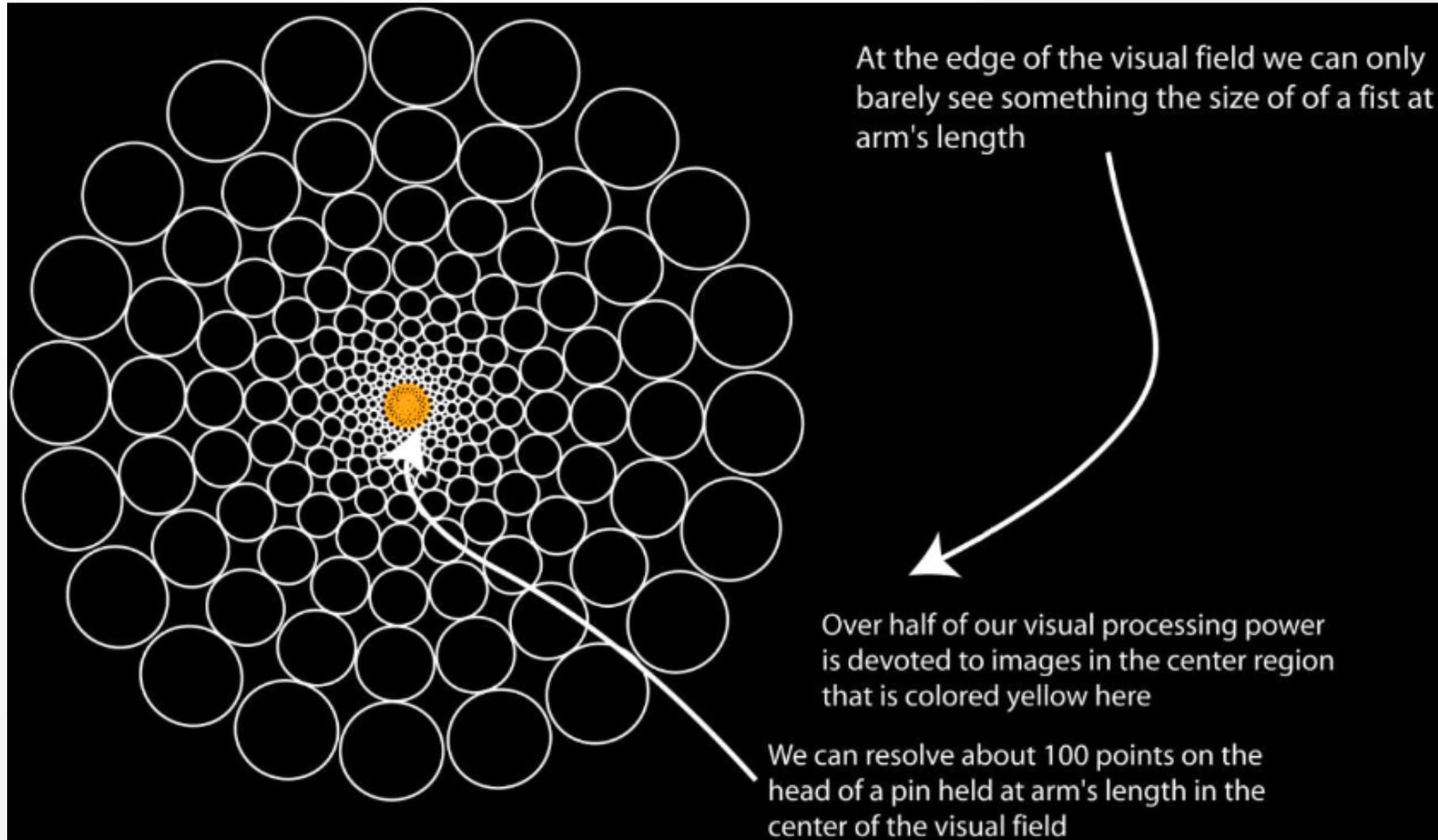
Video



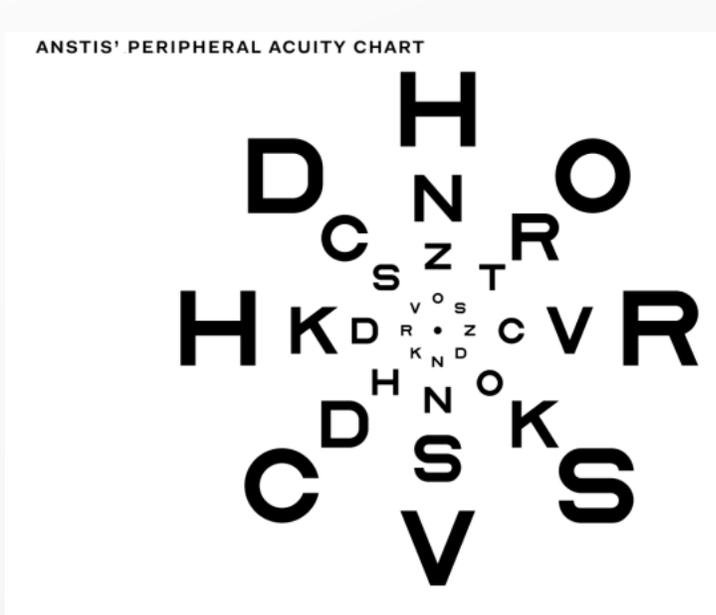
copyright (c) 1999 Daniel J. Simons. All rights reserved.

<https://www.youtube.com/watch?v=vJG698U2Mvo>

Wahrnehmung: Brain Pixels



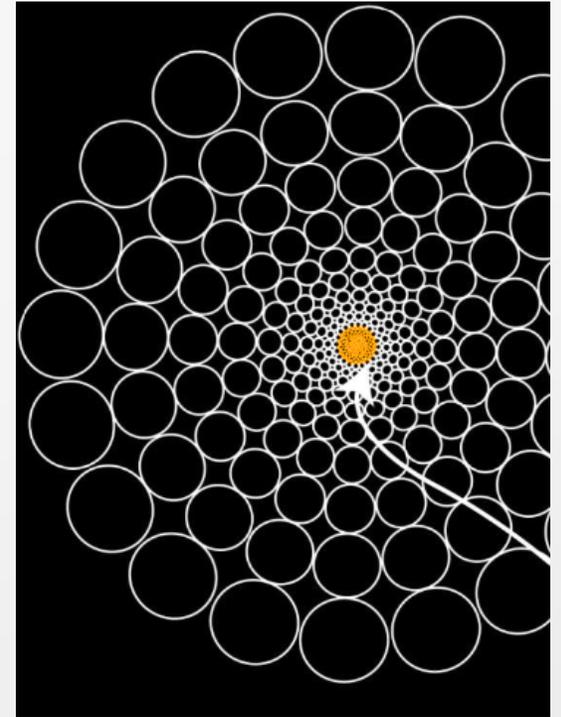
Wahrnehmung: Brain Pixels



The so-called Anstis chart, created by UC San Diego professor Stuart Anstis (Anstis 1972) demonstrates how rapidly visual acuity decreases towards the periphery of the visual field. When the gaze is fixated at its center all the letters should be equally readable. (p. 48)

Struktur → Sakkaden

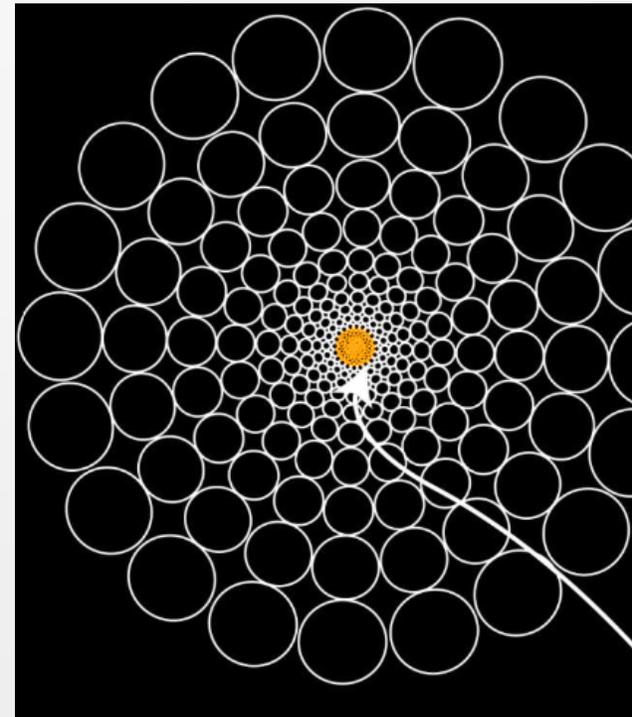
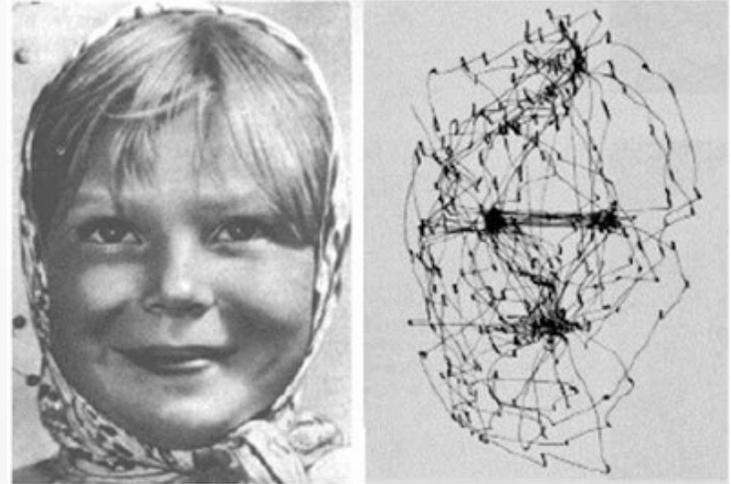
- Die visuelle Information von 100 Millionen **Rezeptoren** wird komprimiert und über eine Million **Nervenbahnen** in verantwortliche Hirnareale transportiert.
- 50 % der **Verarbeitungsleistung** (Fläche der Parafovea) entsprechen 5 % der sichtbaren **Umgebung**.
- Folge: Schnelle Augenbewegungen (**Sakkaden**) sind nötig, um interessante und nötige Details erfassen zu können: Sakkadengeschwindigkeit bis zu 900°/sec.
- Die Augen bewegen sich in einer Reihe von Sprüngen, die wir aber nicht als solche wahrnehmen. D. h.: Wir nehmen nicht das wahr, was uns die ersten Stufen der visuellen Informationsaufnahme anbieten, sondern ein **kohärentes Ganzes!**



Ware, C. (2008). *Information Visualization: Perception for Design*. San Francisco: Morgan Kaufmann.

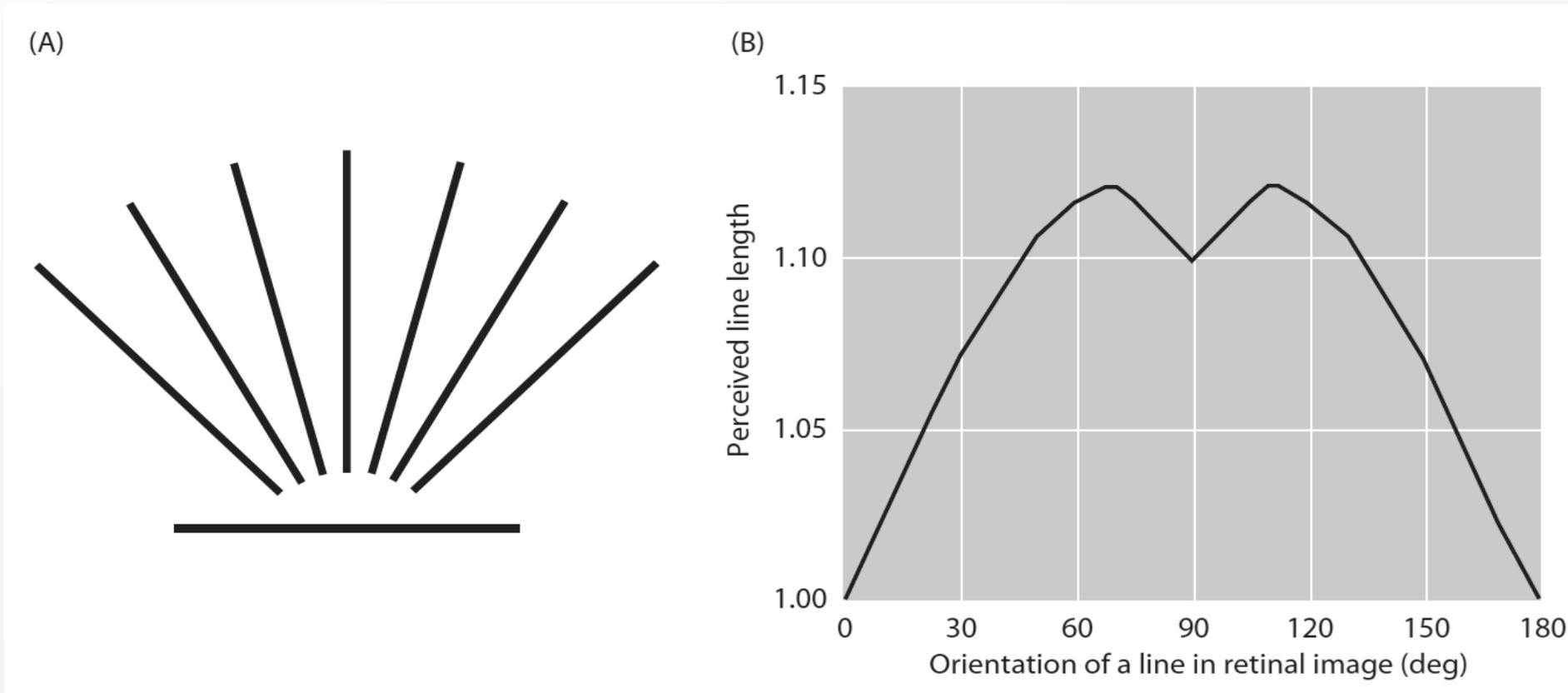
Sakkaden

- Wir nehmen **kein stabiles Abbild** der Umgebung wahr
- **Sakkadensprünge**: 3/sec
- **Ziel**: Interessantes auf die Fovea zentrieren
- **Konsequenz**: Effekte selektiver Wahrnehmung



Ware, C. (2008).
*Information
Visualization:
Perception for
Design*. San
Francisco: Morgan
Kaufmann.

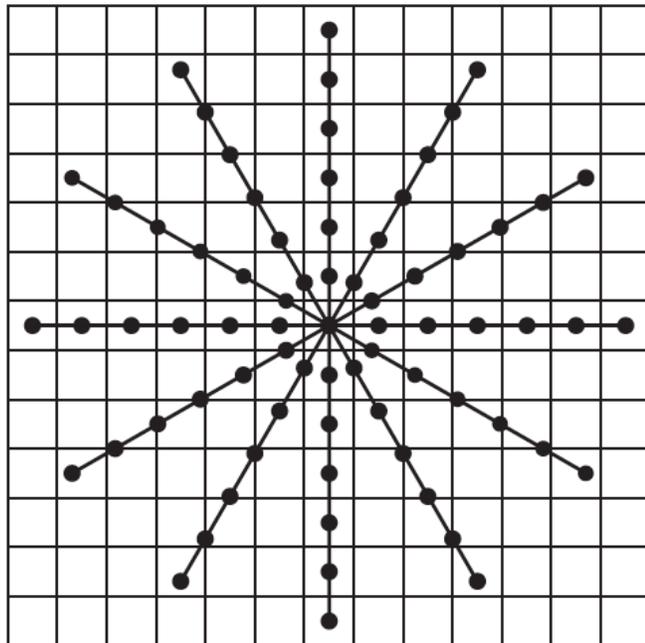
Wahrnehmung von Länge



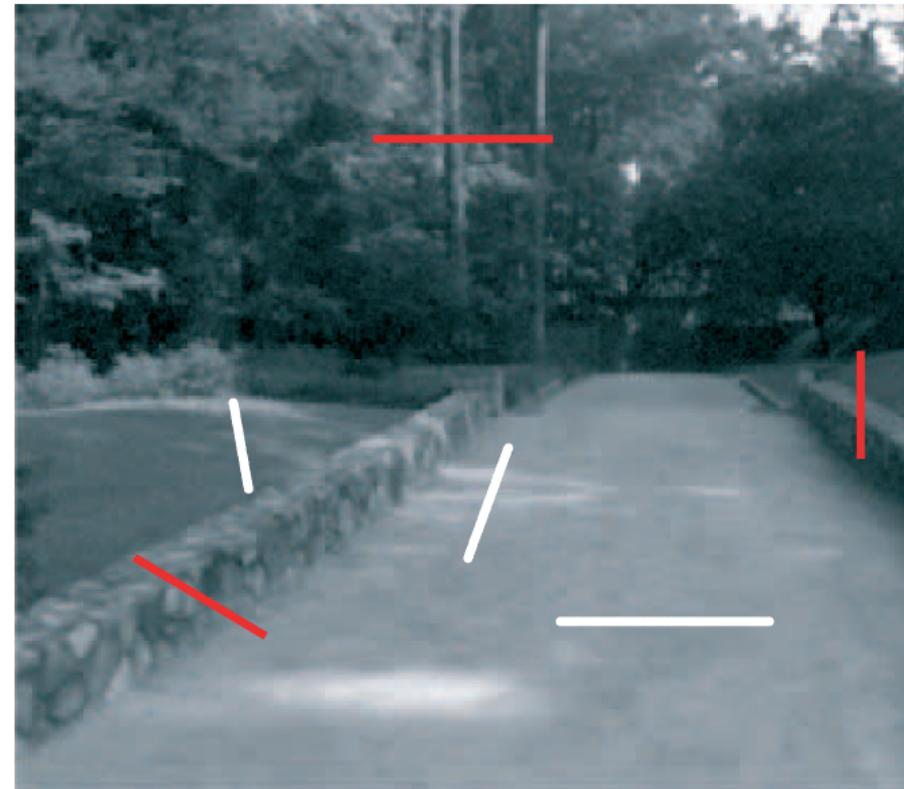


Wahrnehmung von Länge

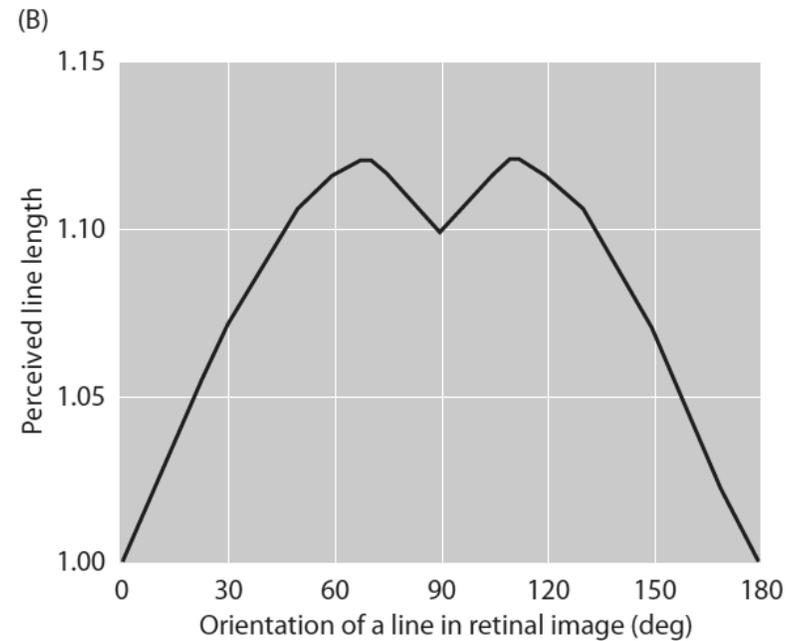
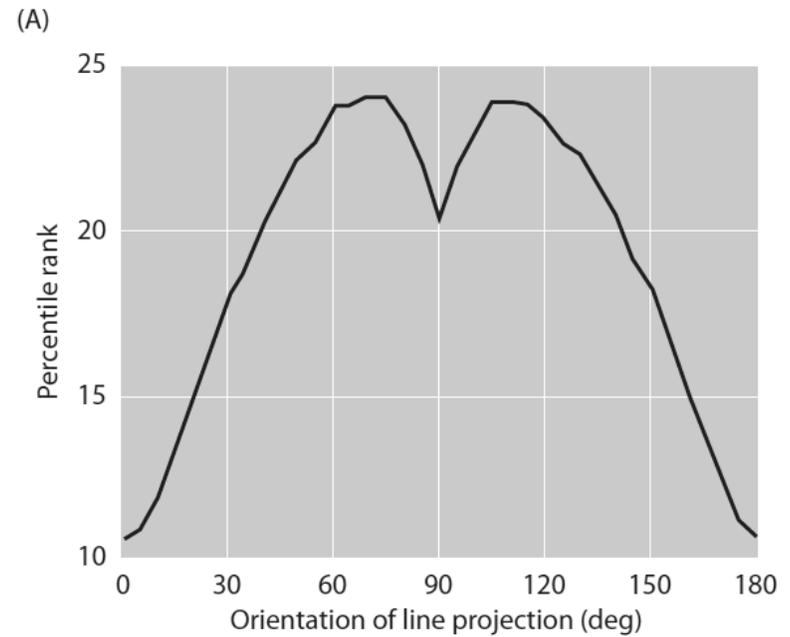
(A)



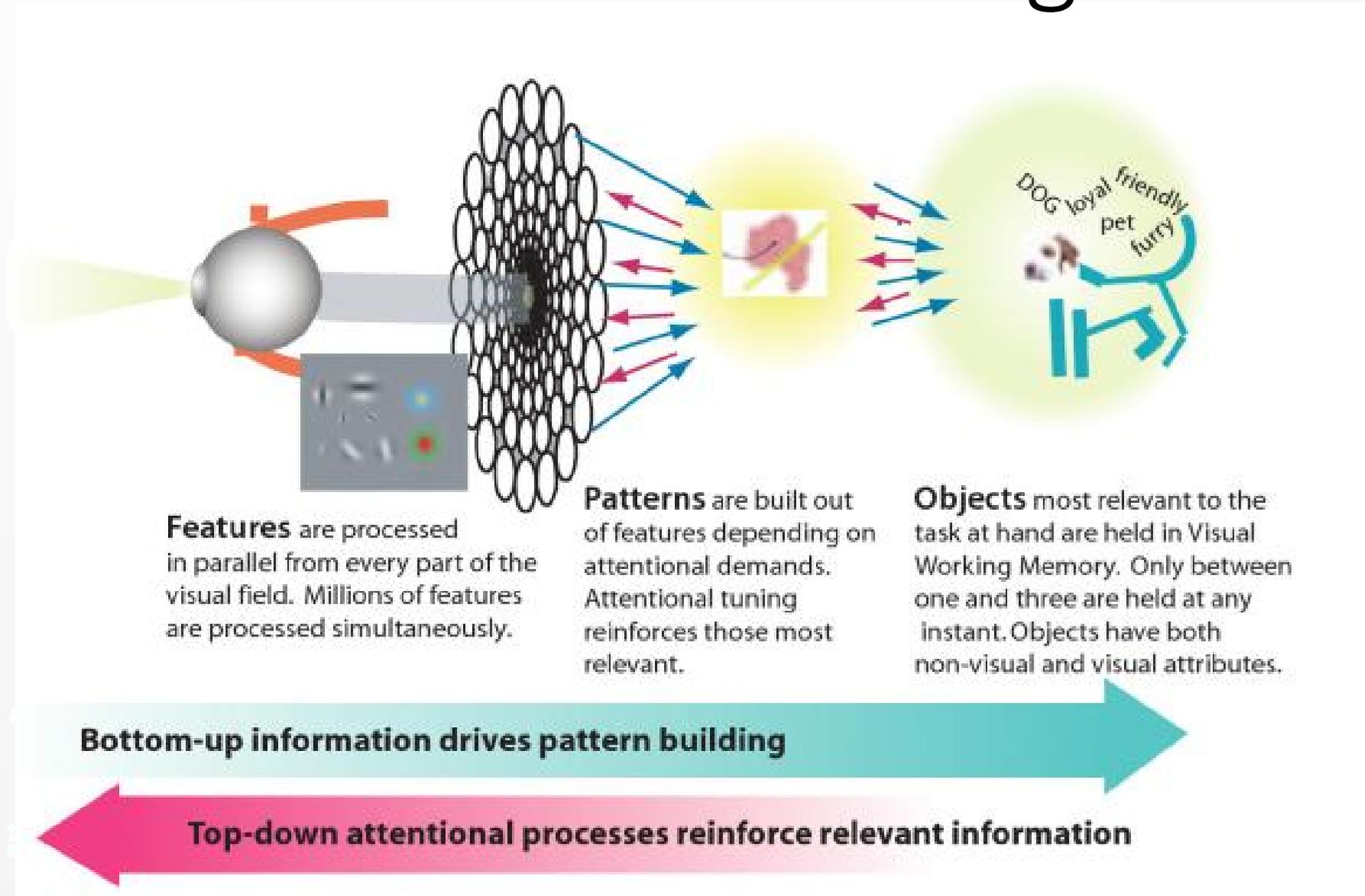
(B)



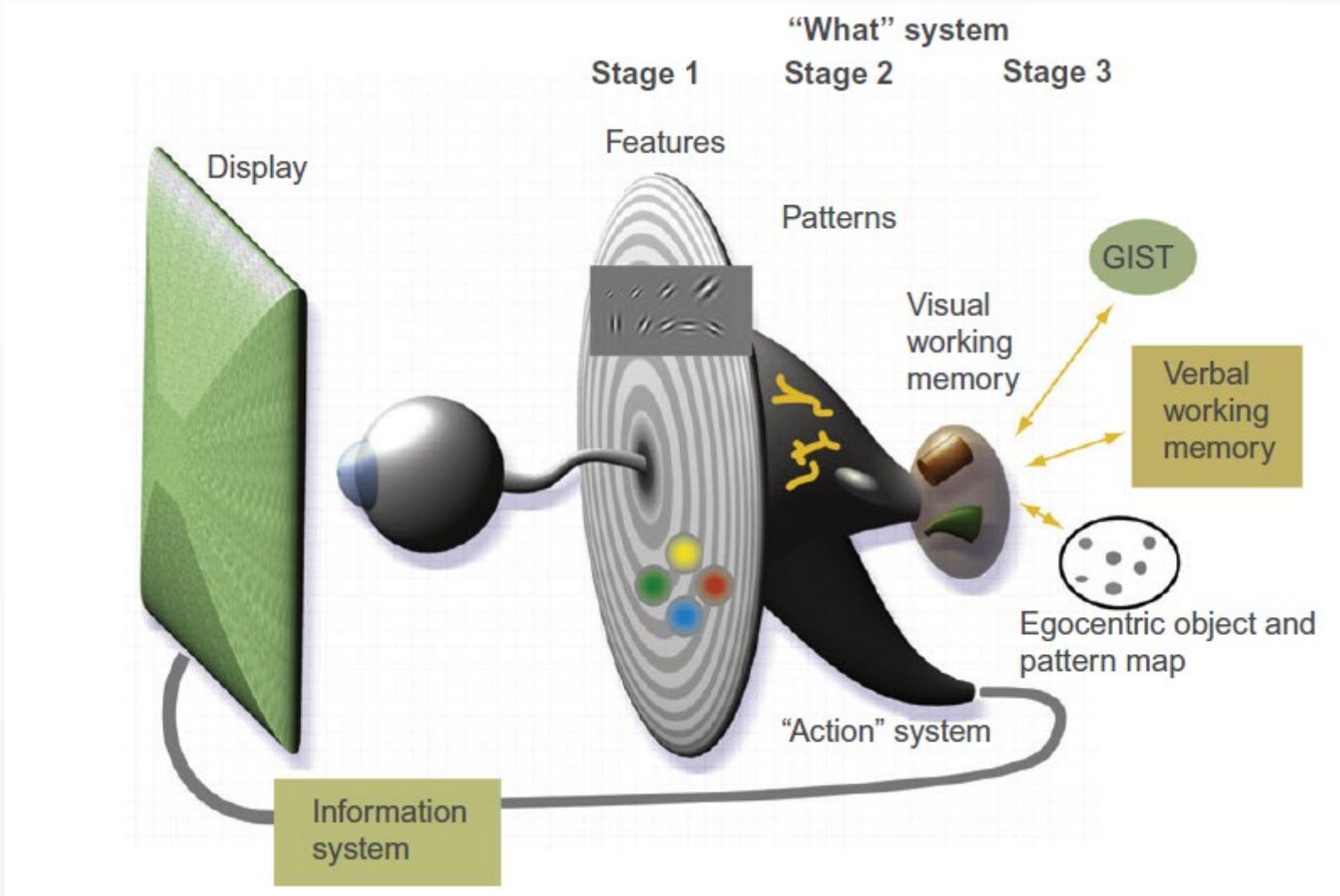
Wahrnehmung von Länge



Visuelle Wahrnehmung: Bottom Up

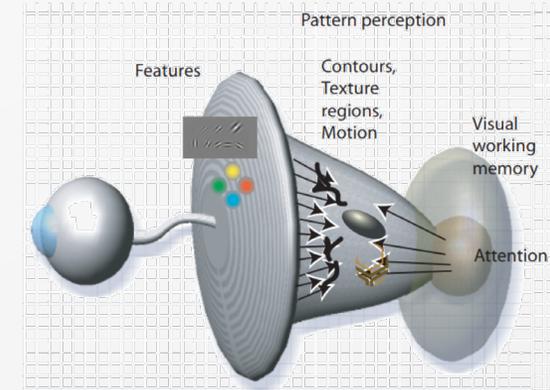


3-Stufen-Modell der visuellen Wahrnehmung



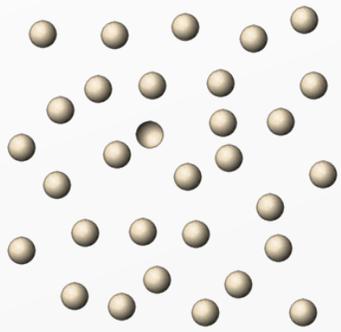
Visuelle Wahrnehmung: Bottom Up

- **Komprimierung:** Signale aus Rezeptoren → Visueller Cortex
- Fünf Milliarden Neuronen bilden einen **Parallelprozessor**, der die Informationen bearbeitet, die eine Million Nervenbahnen liefern.
- Spezialisierte Hirnareale kümmern sich um die Erkennung von **Merkmale**: Größe, Farbe, Form, Bewegung, ...
- Bei der **Mustererkennung** wird der visuelle Raum in Regionen, Konturen, Grenzen gleicher Textur o. Farbe gegliedert und organisiert (Gestalt-Gesetze).
- Die letzte Stufe der Informationsverdichtung ist die Bildung von **visuellen Objekten**, die im visuellen Arbeitsgedächtnis gespeichert werden.
- Anzahl: 3-5 Objekte; Dauer 0.1-2 sec. Die Kapazität des **visuellen Arbeitsgedächtnisses** ist stark begrenzt. Deshalb ist es auf externe visuelle Unterstützung angewiesen.

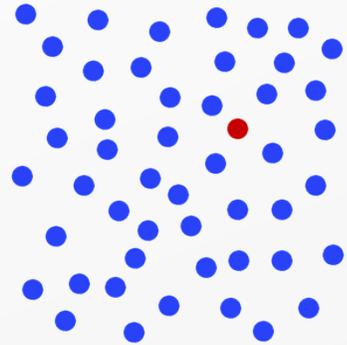


Visuelle Wahrnehmung: Merkmale

= **preattentive cues**; können zur Steuerung von Augenbewegungen eingesetzt werden (z. B. bei Unterstützung von Suchprozessen)



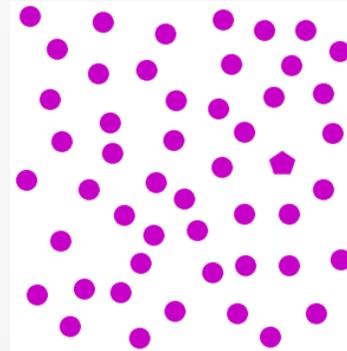
konvex/konkav



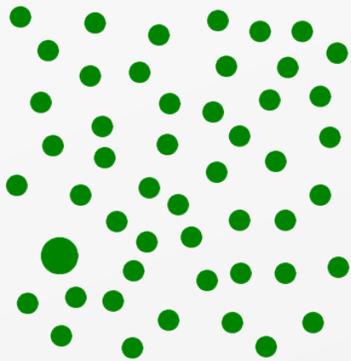
Farbton



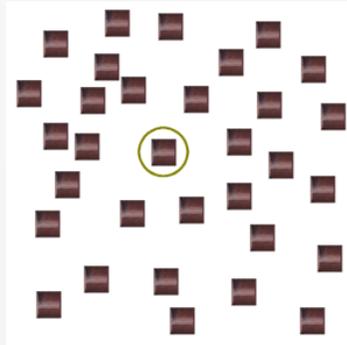
Intensität



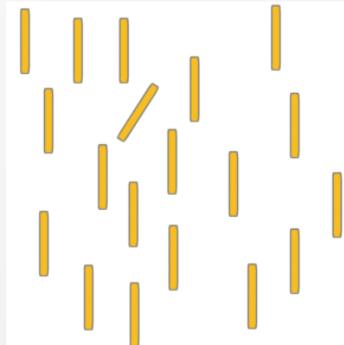
Form



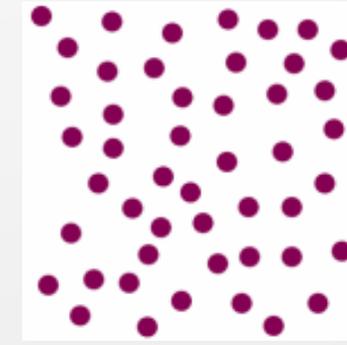
Größe



Marke

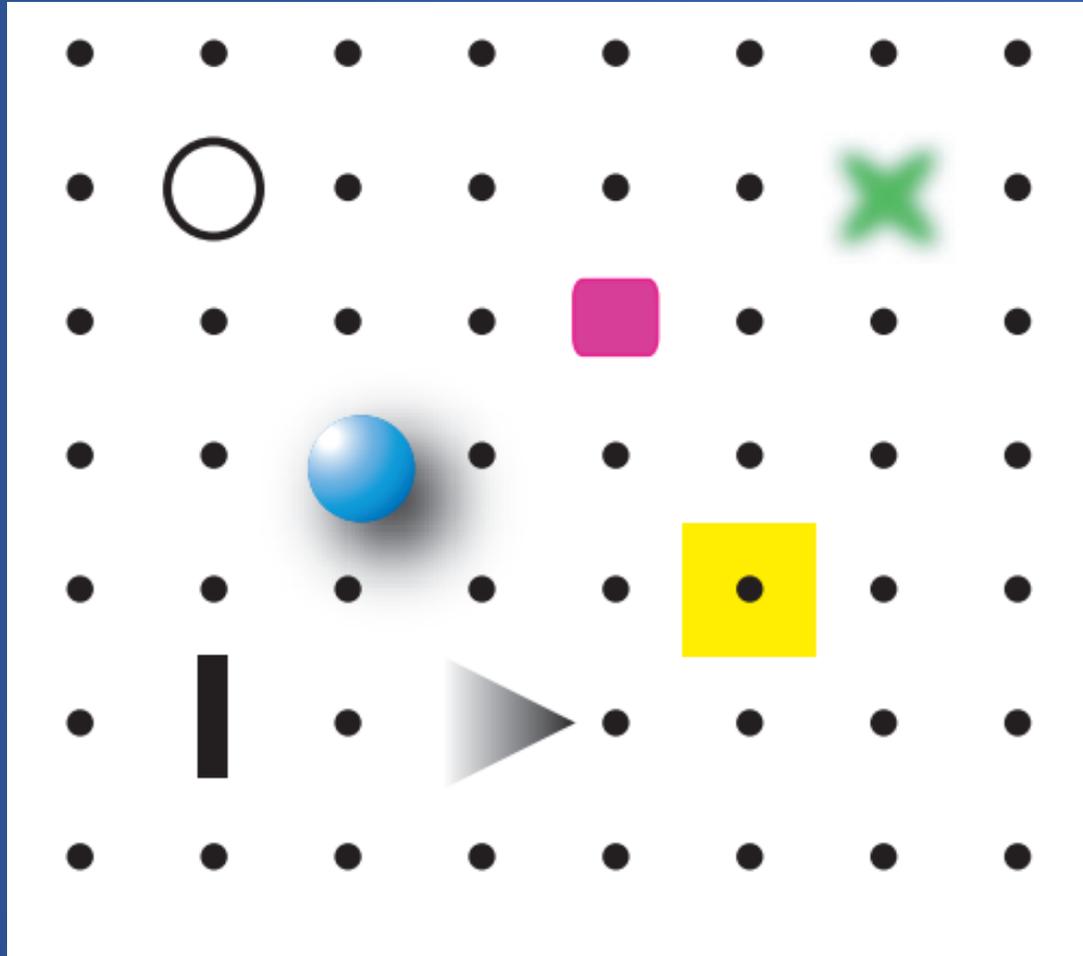


Orientierung



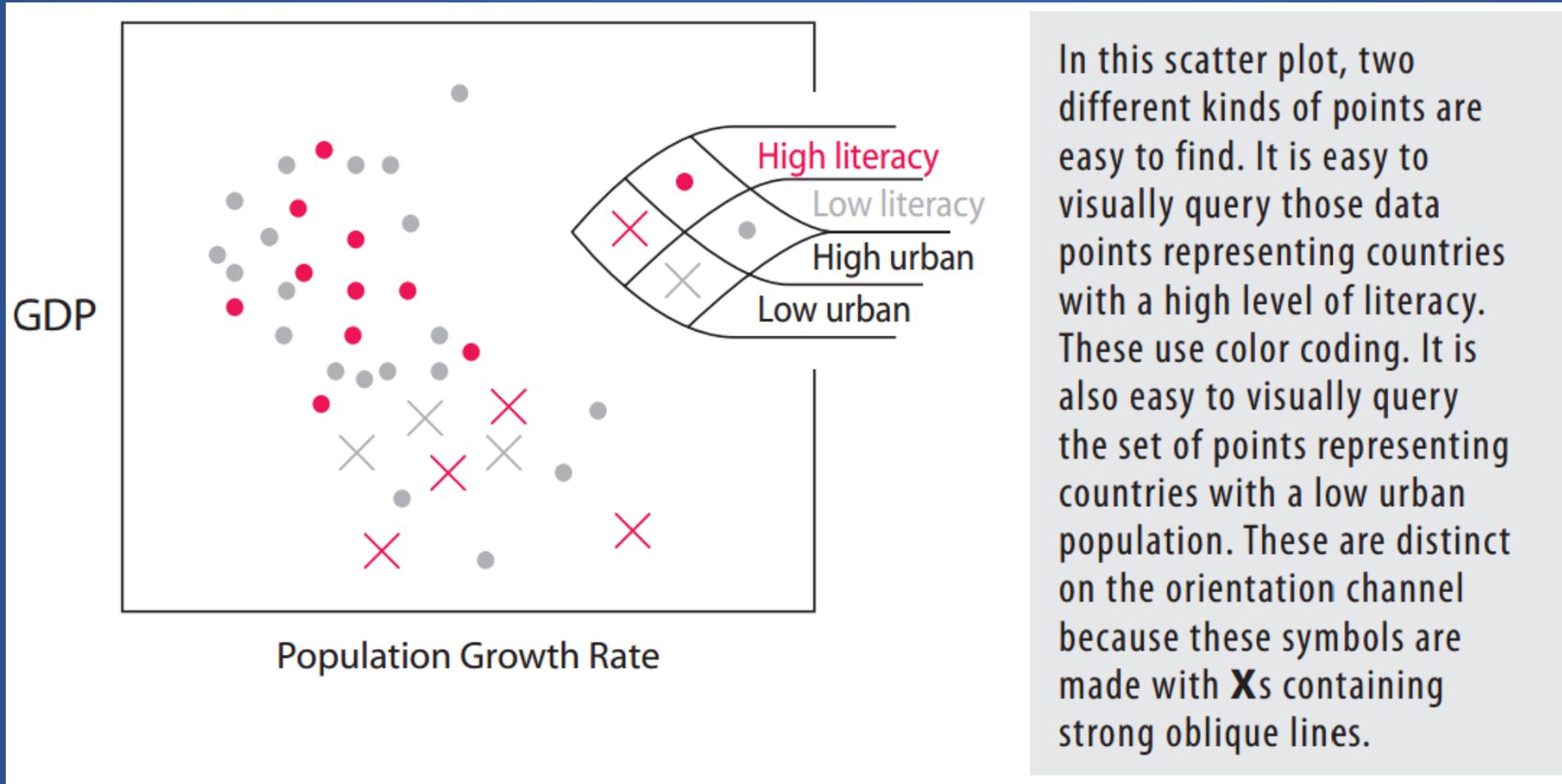
Bewegung

Visuelle Suche: Merkmale

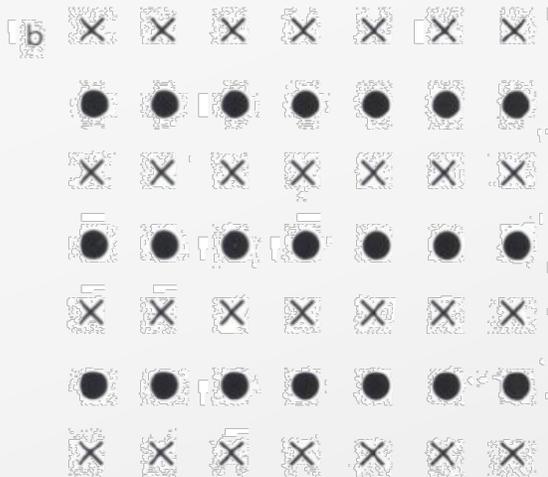
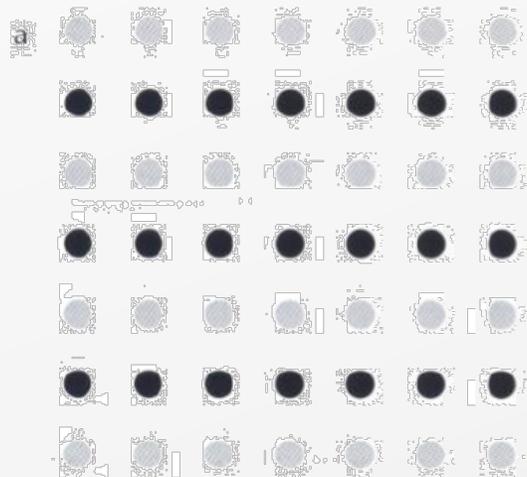
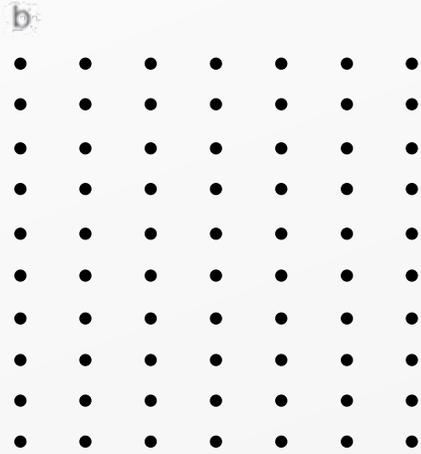
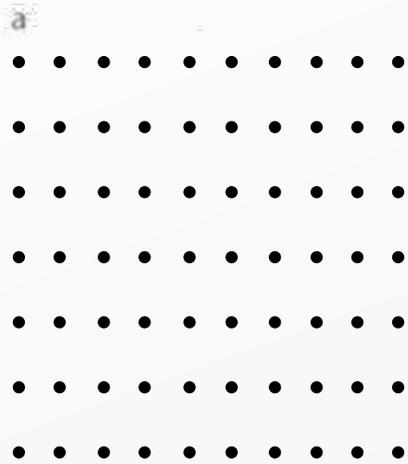


A set of symbols designed so that each would be independently searchable. Each symbol differs from the others on several channels. For example, there is only one green symbol; it is the only one with oblique lines and it is the only one with no sharp edges.

Visuelle Suche: Merkmale



Muster organisieren: Gestaltgesetze

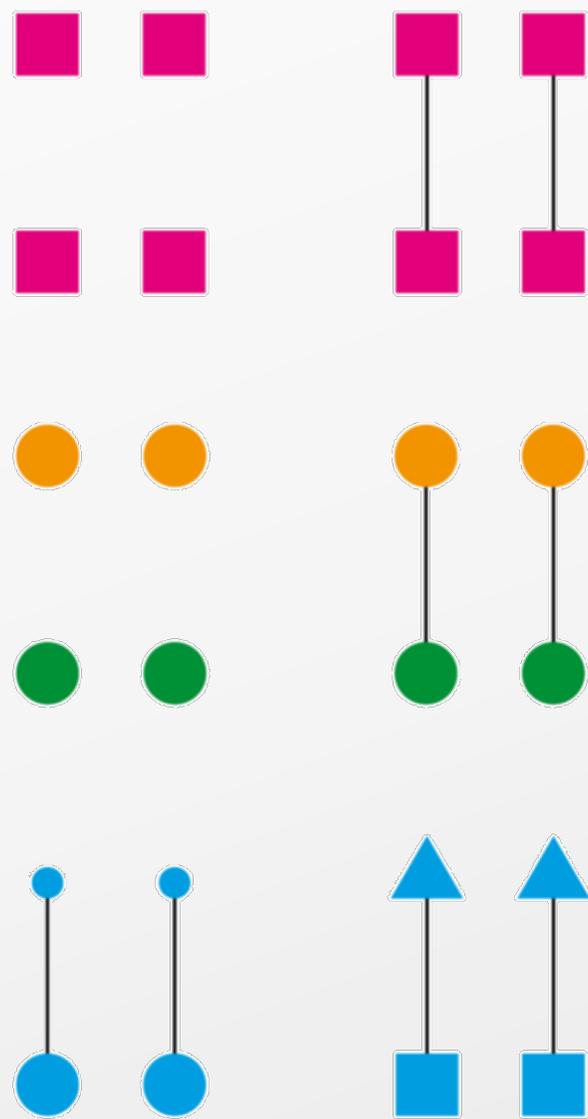


Ähnlichkeit

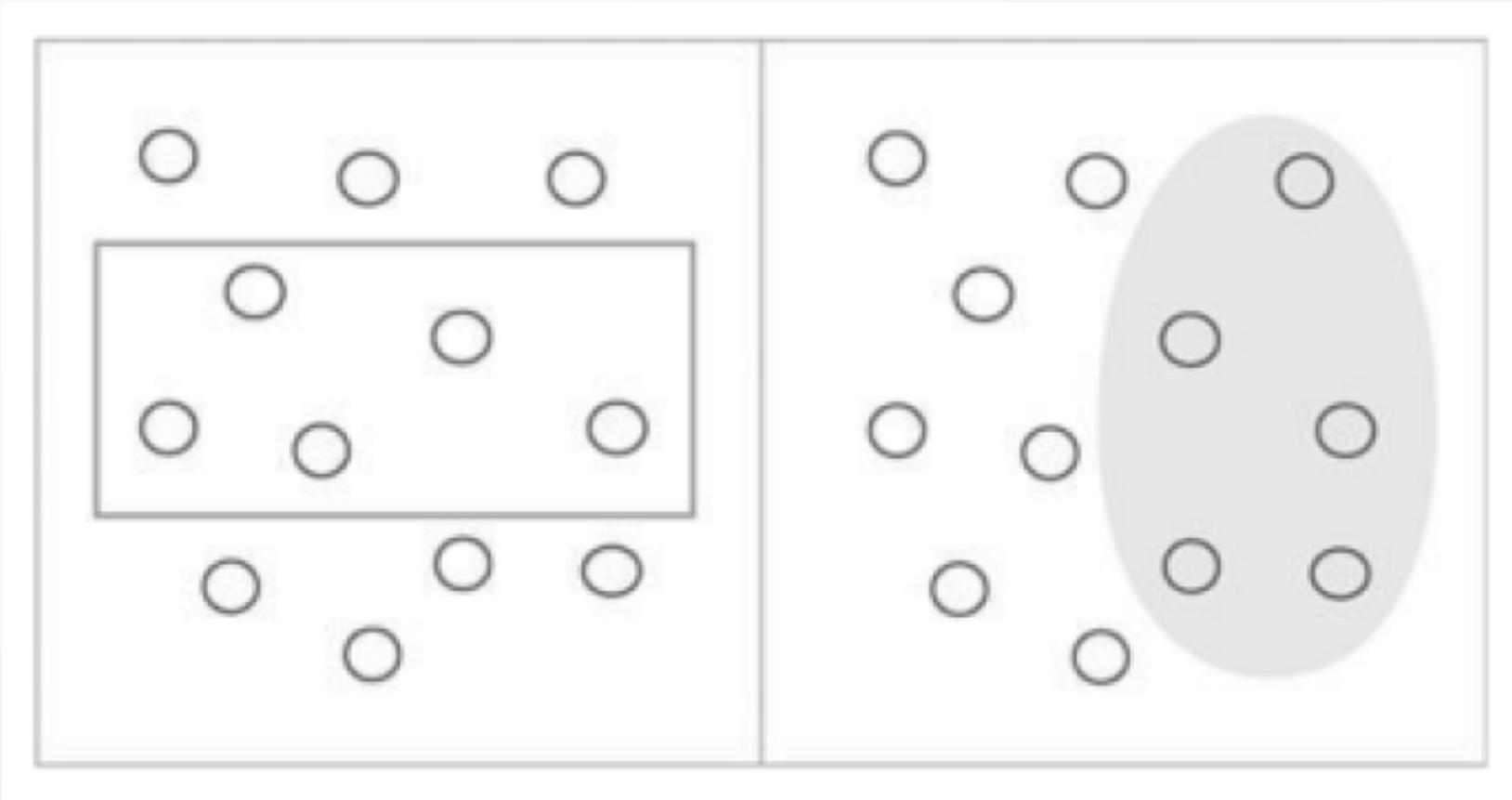
Gestaltgesetze

- **Ähnlichkeit**
- **Nähe**
- Geschlossenheit
- Prägnanz oder gute Gestalt
- Fortsetzung und Ergänzung
- Vertrautheit
- **Gemeinsames Schicksal**
- **Verbindungen**
- **Gemeinsame Region**

Gesetz der Verbindungen



Gestaltgesetze: Gesetz der Gemeinsame Region



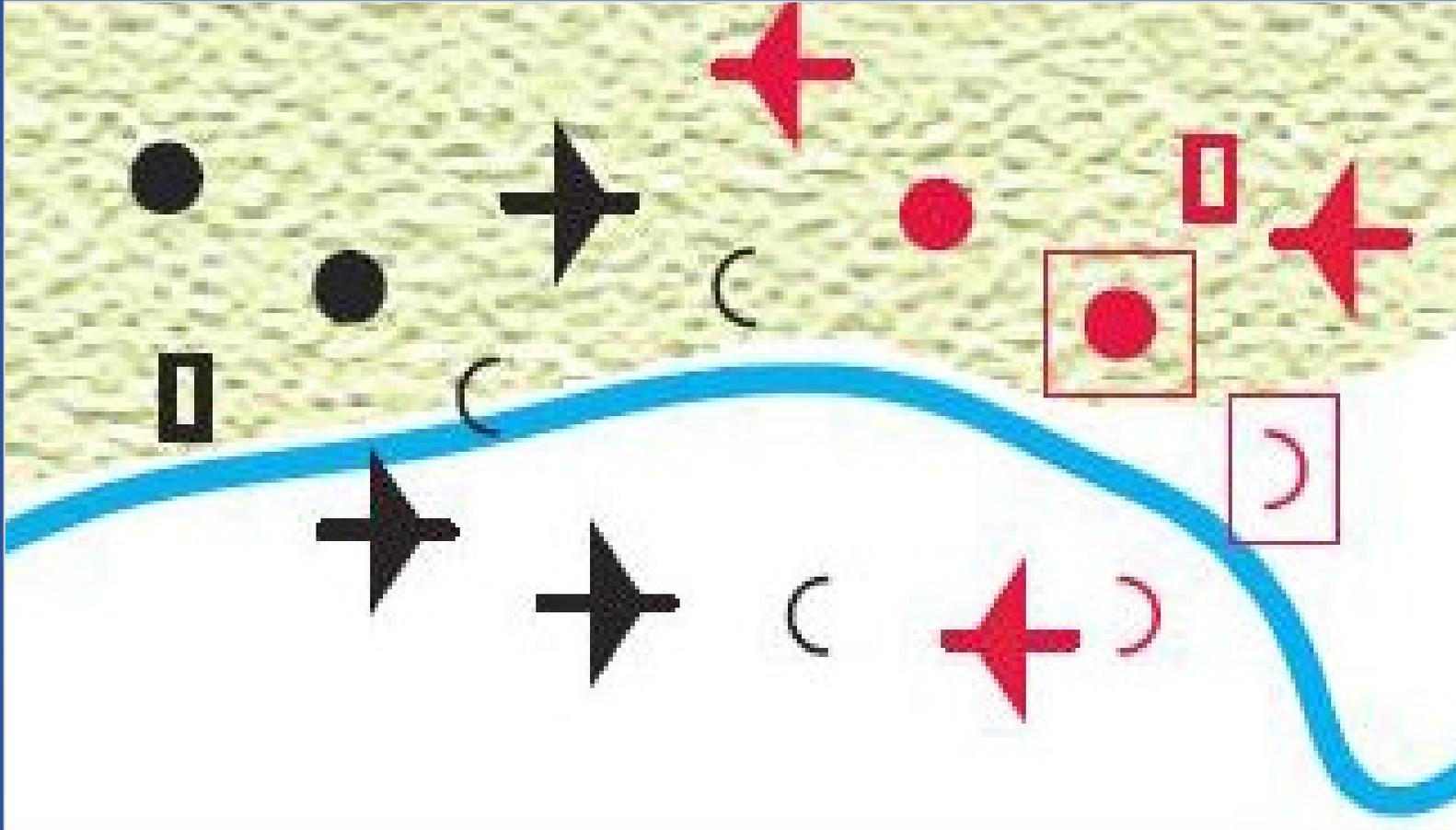
PRAXIS/ANWENDUNG

Gestaltgesetze



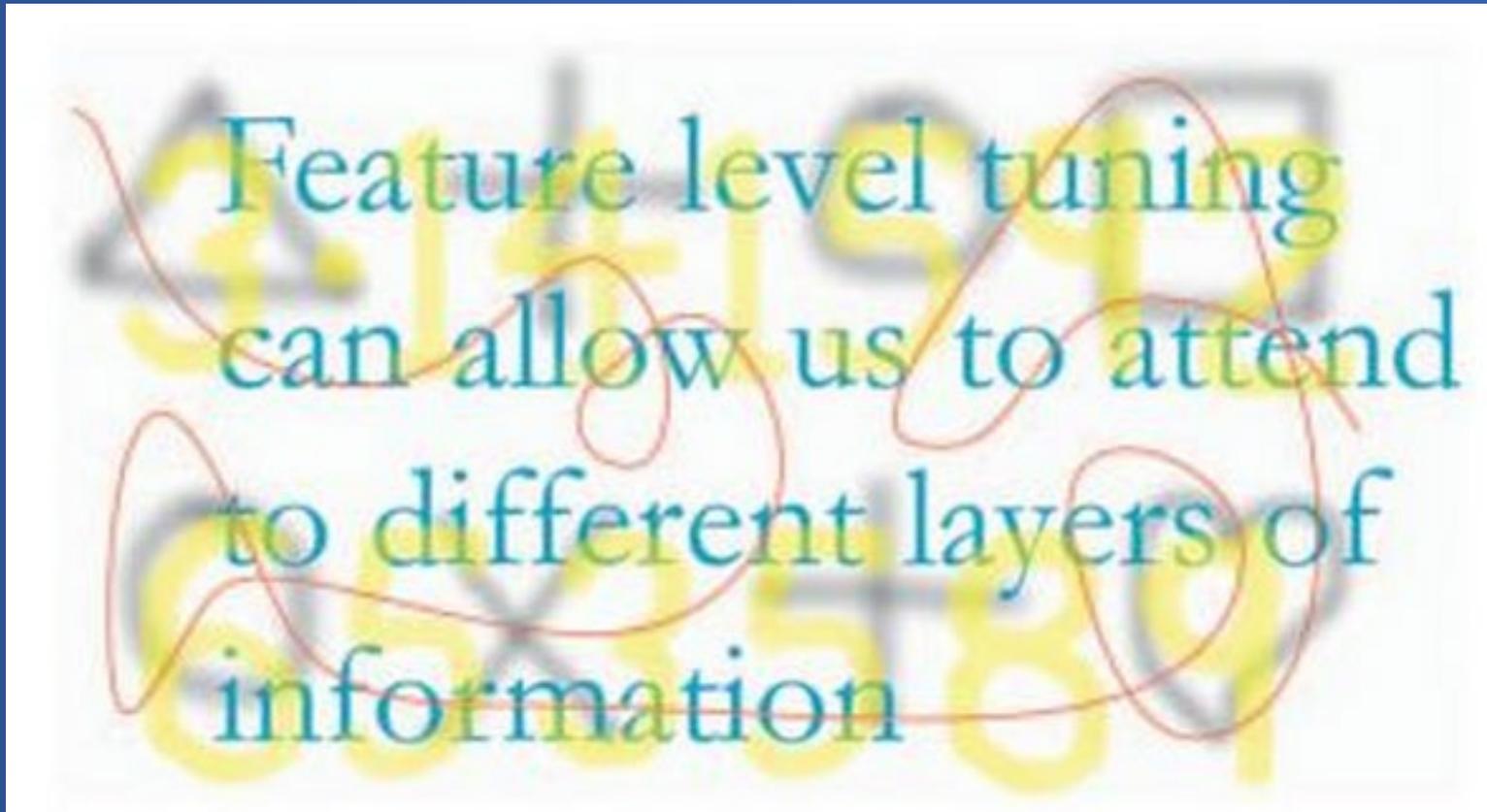
PRAXIS/ANWENDUNG

Merkmale + Gestaltgesetze



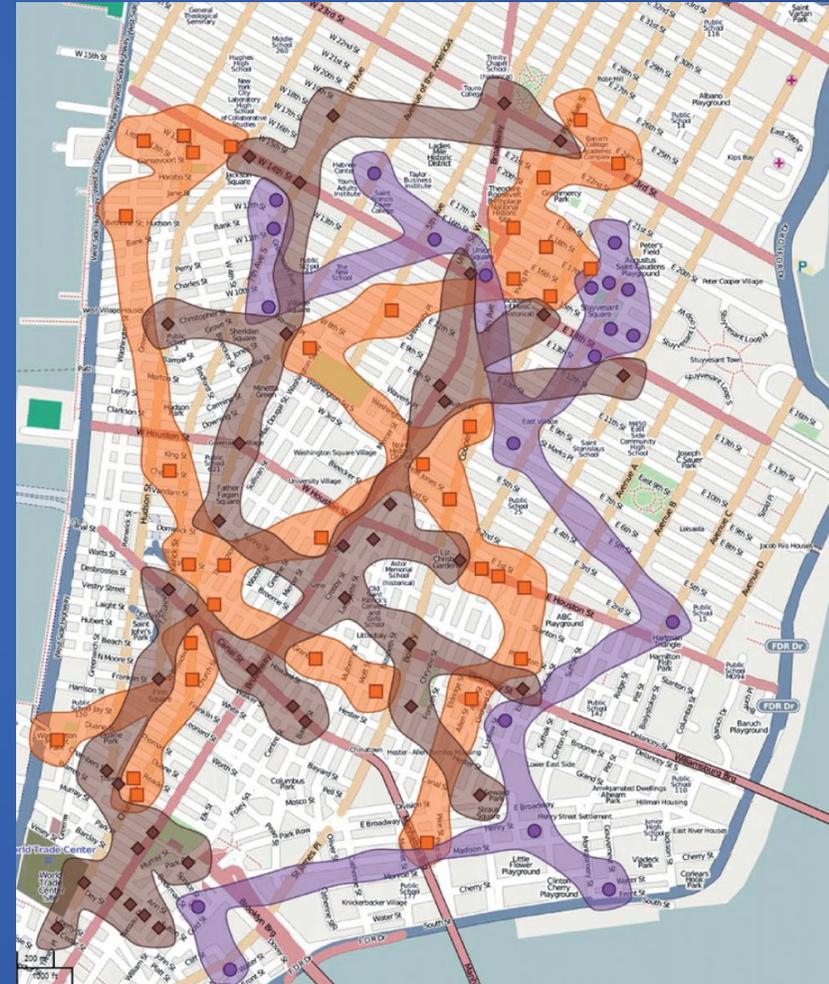
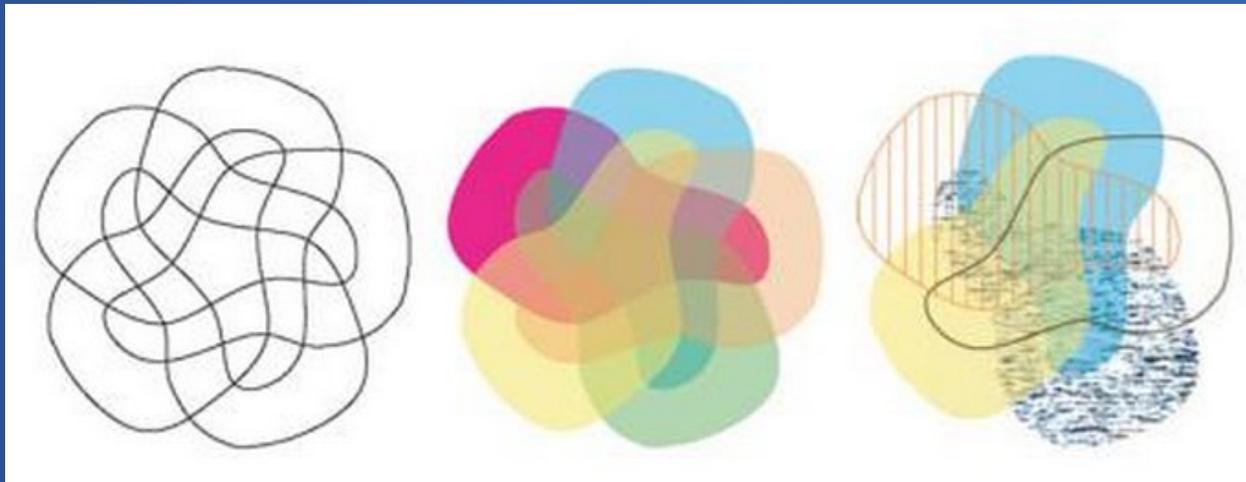
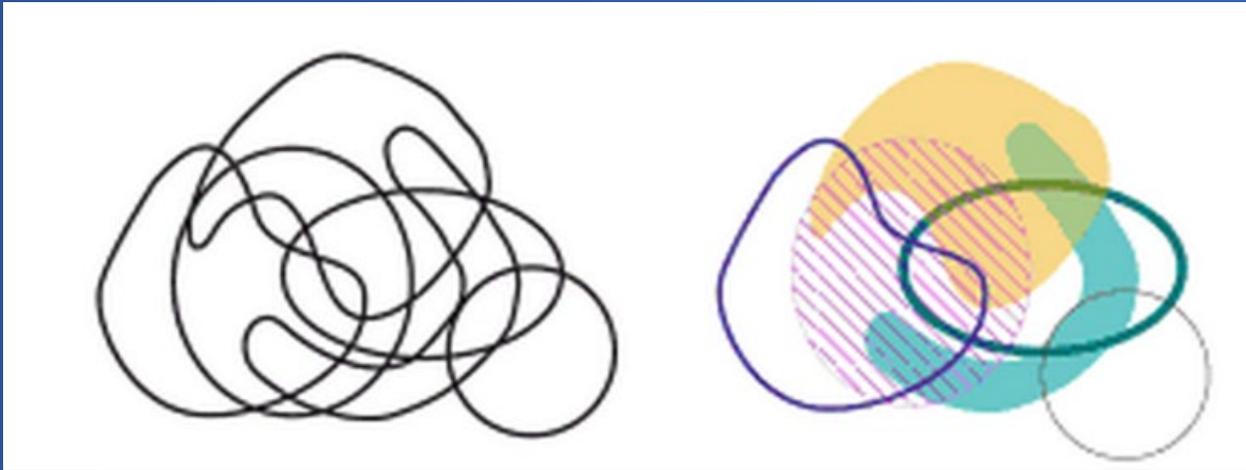
Ware, C. (2013). *Information visualization: perception for design*. Elsevier.

Merkmale + Gestaltgesetze: Feature Level Tuning



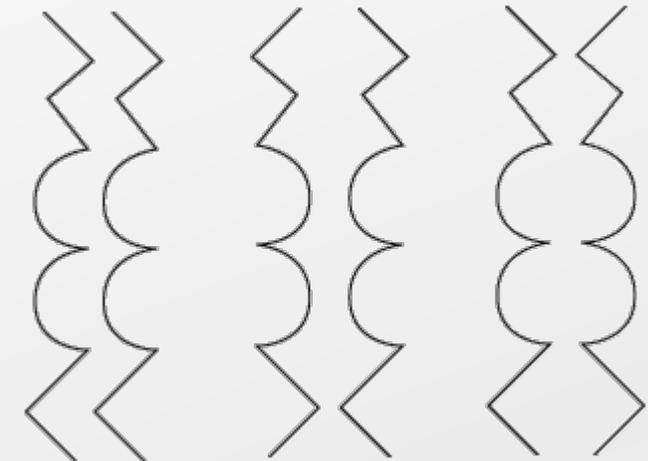
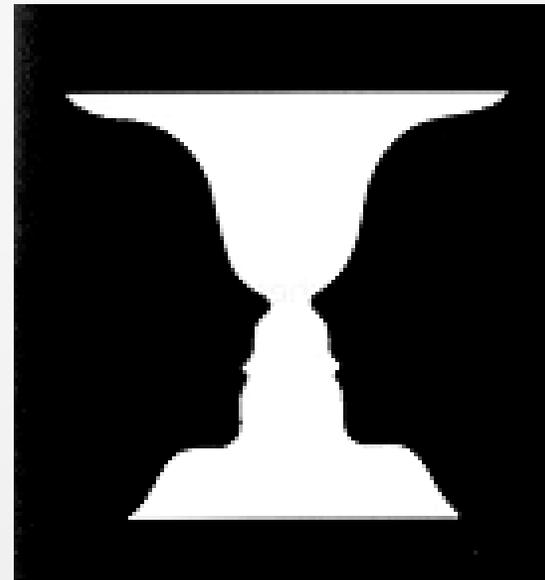
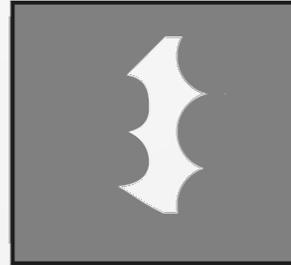
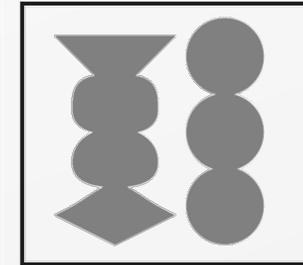
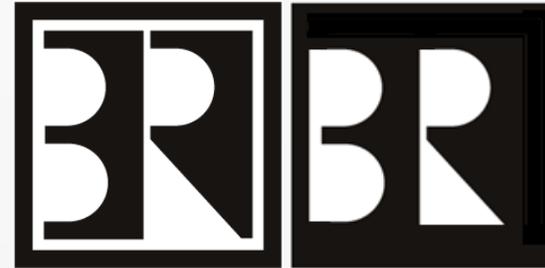
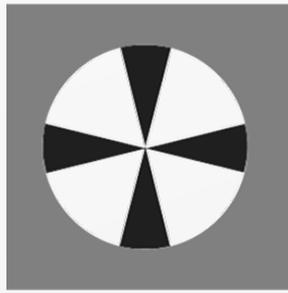
PRAXIS/ANWENDUNG

Merkmale + Gestaltgesetze



Perzeptuelle Gliederung

- **Objekte** werden als getrennt von der **Szenerie** wahrgenommen
- Problem der **Figur-Grund-Trennung**
- Entscheidende Faktoren für die Wahrnehmung einer **Figur**:
 - Symmetrie – symmetrische Objekte
 - Größe – kleinflächigere Objekte
 - Ausrichtung – vertikal oder horizontal ausgerichtete Objekte
 - Bedeutung – bedeutungshaltige Darstellungen
 - Nach außen gewölbte Formen

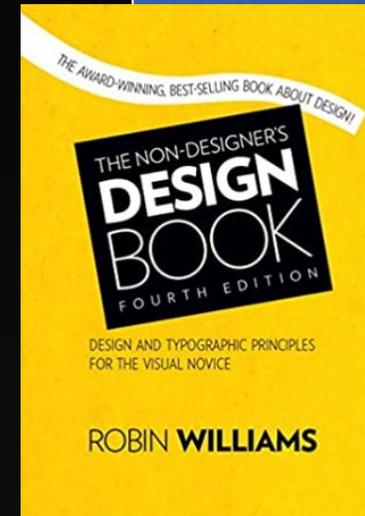


Gesichter oder Kelch?

C.R.A.P.

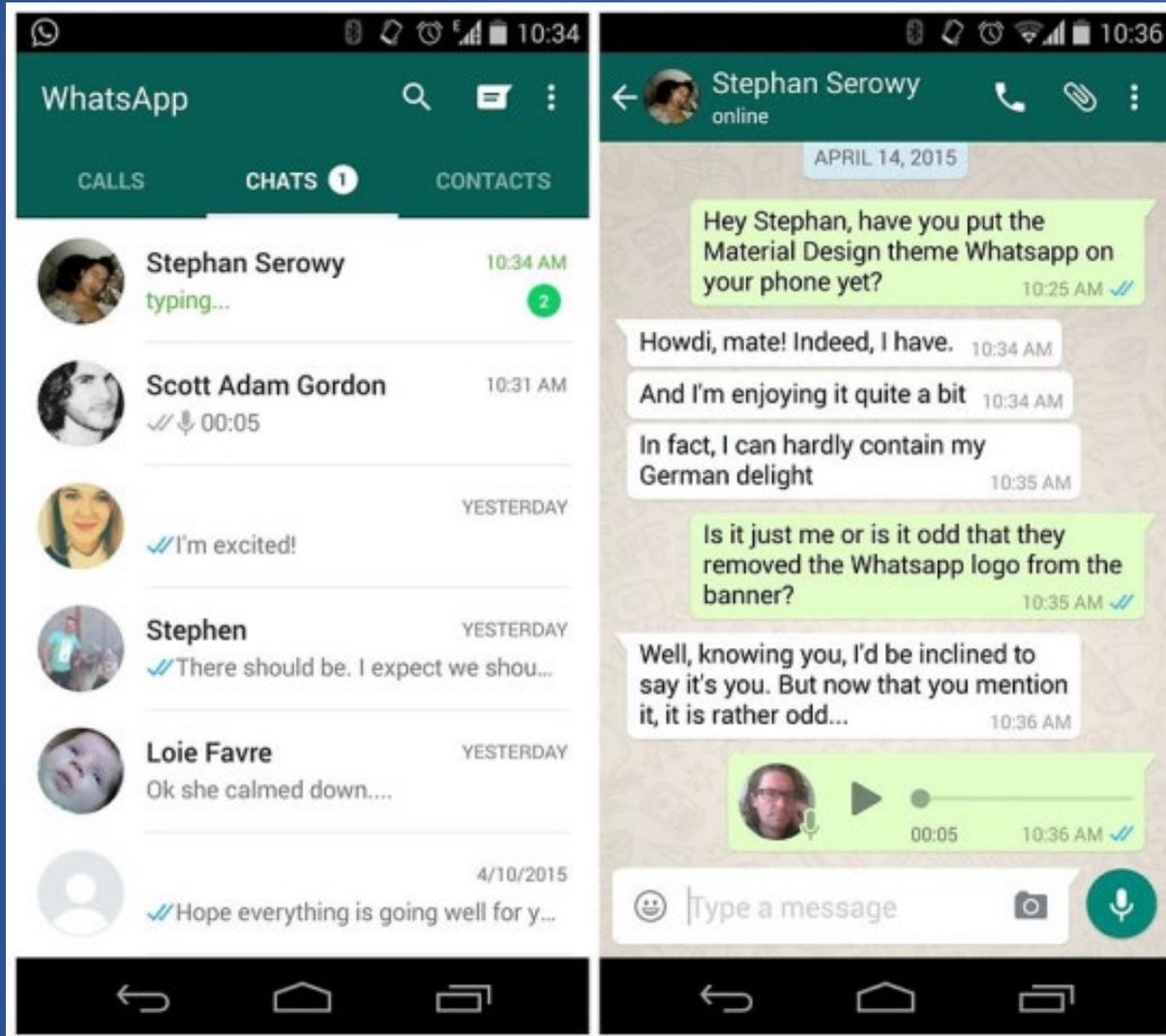
Today you will learn about C.R.A.P.

- C.R.A.P. : The 4 basic principles of design.
- Contrast
- Repetition
- Alignment
- Proximity
- "...the basic principles of design that appear in every well-designed piece of work."
 - - Robin Williams,
 - *The Non-Designer's Design Book*



PRAXIS/ANWENDUNG

C.R.A.P. & Gestaltgesetze



C.R.A.P. : The 4 basic principles of design.

Contrast

Repetition

Alignment

Proximity

PRAXIS/ANWENDUNG

C.R.A.P. & Gestaltgesetze

Clothes

Shirts

Skirts

Heels

Boots

Belts

Tights

Jewelry

Gear

Cameras

Memory cards

Chargers

Card reader

Flash

Tripod

Clothes

Shirts

Skirts

Heels

Boots

Belts

Tights

Jewelry

Gear

Cameras

Memory cards

Chargers

Card reader

Flash

Tripod

C.R.A.P. : The 4 basic principles of design.

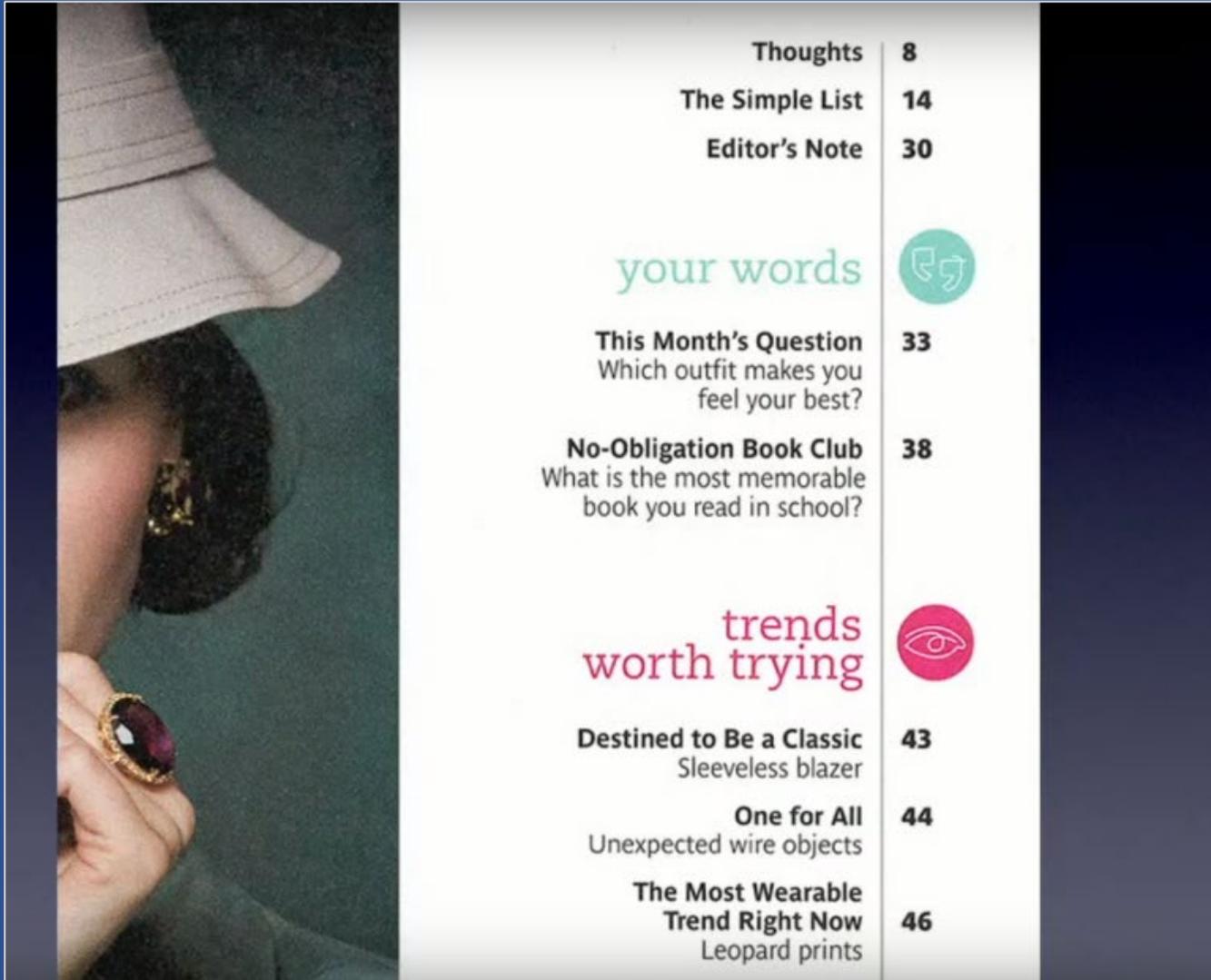
Contrast

Repetition

Alignment

Proximity

C.R.A.P. & Gestaltgesetze



C.R.A.P. : The 4 basic principles of design.

Contrast

Repetition

Alignment

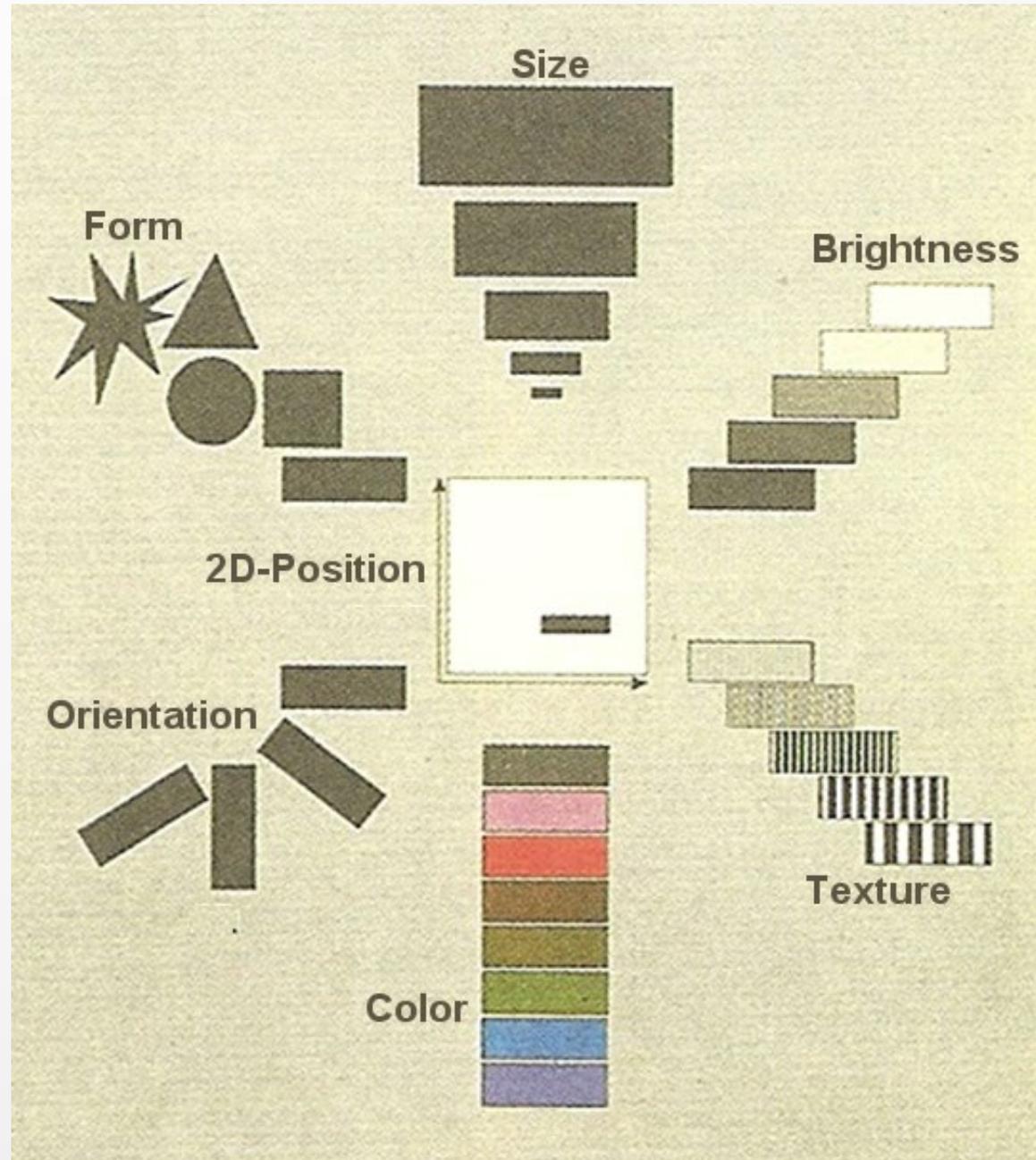
Proximity

Grafische Variable

Jacques Bertin

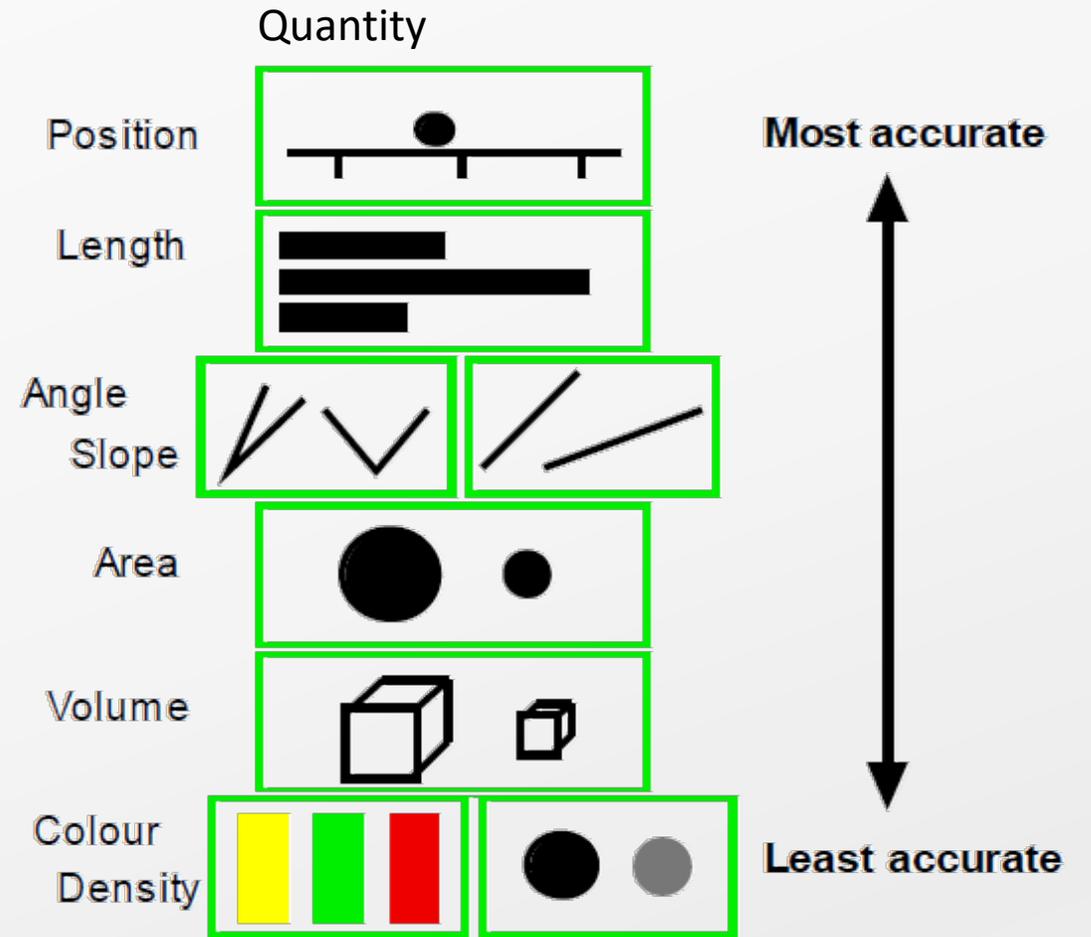


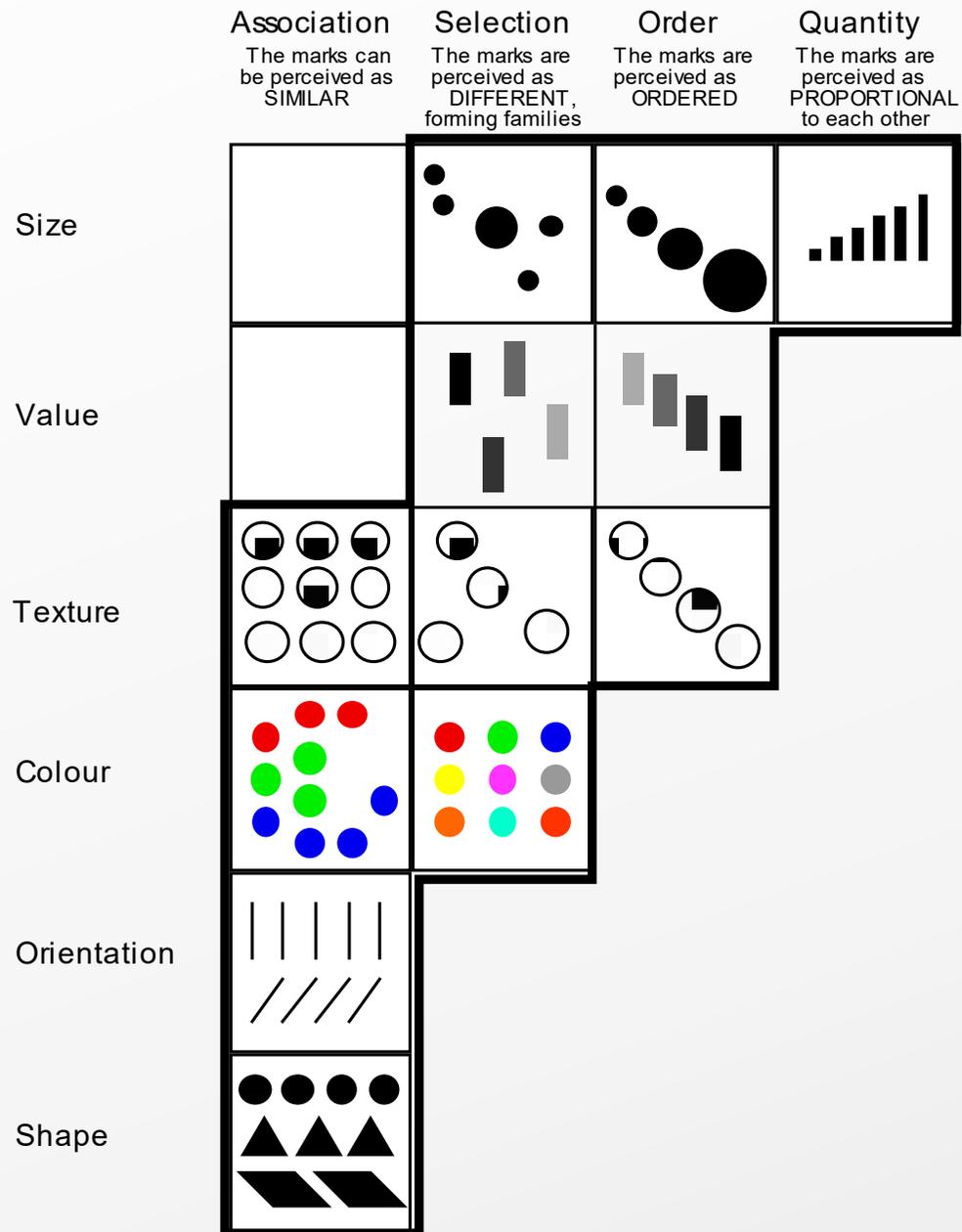
Quelle: Wikipedia



Anwendung: Informationsdarstellung

	Association The marks can be perceived as SIMILAR	Selection The marks are perceived as DIFFERENT, forming families	Order The marks are perceived as ORDERED	Quantity The marks are perceived as PROPORTIONAL to each other
Size				
Value (Helligkeit)				
Texture				
Colour				
Orientation				
Shape				



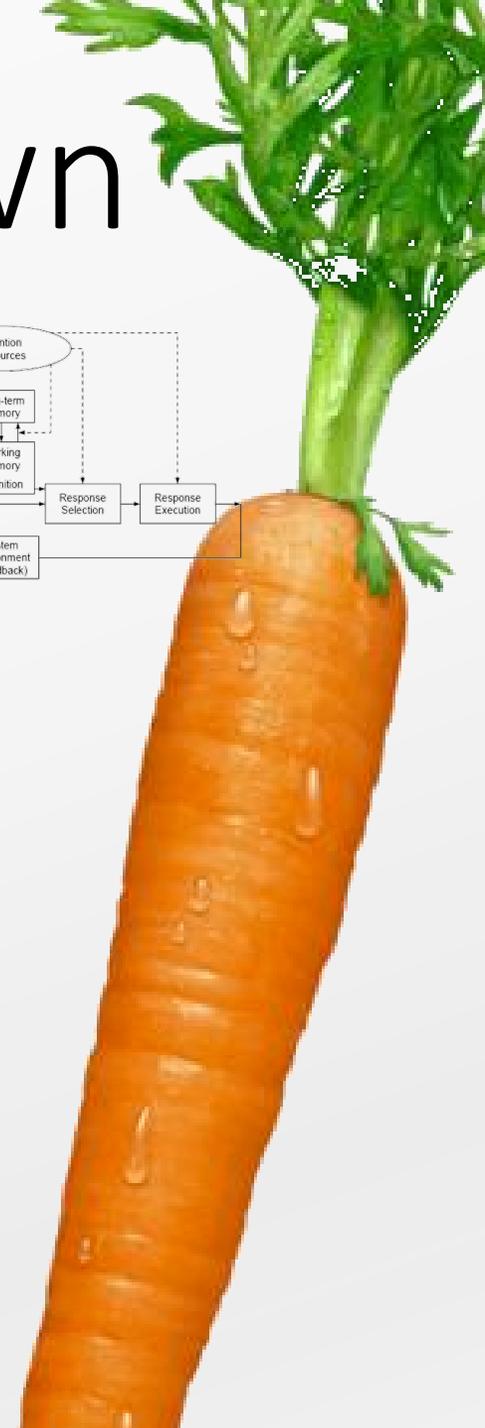
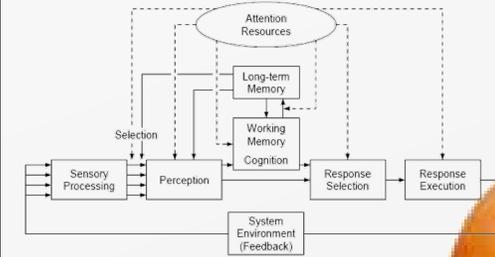
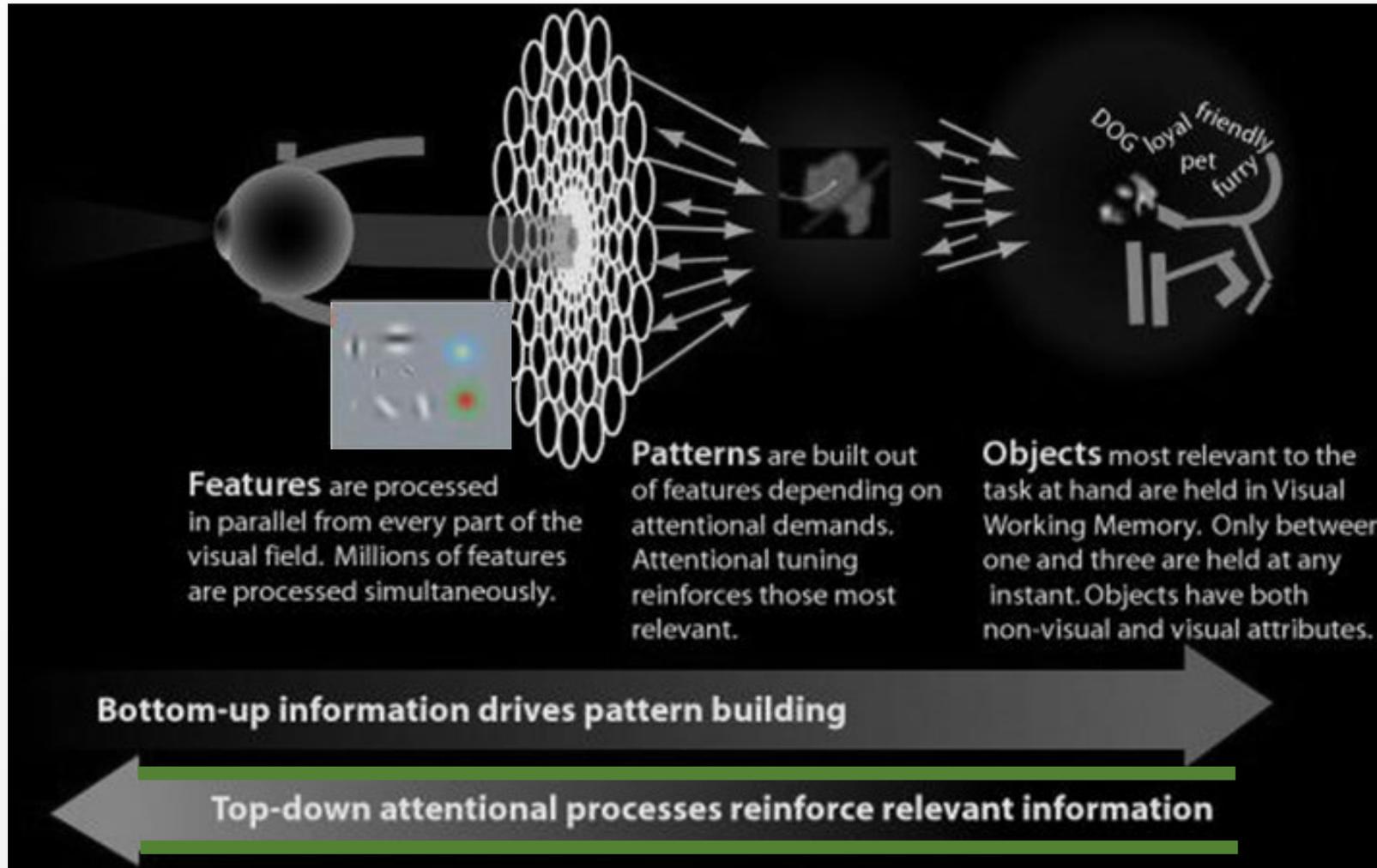


Variable	Eigenschaften				darstellbares Skalierungsniveau
	A	S	O	Q	
Größe	—	●	●	●	metrisch
Helligkeit	—	●	●	—	ordinal
Muster (Korn)	●	●	●	—	ordinal
Farbe	●	●	—	—	nominal
Richtung	●	●	—	—	nominal
Form	●	—	—	—	nominal

Erläuterung:
A - assoziativ; S - selektiv; O - geordnet; Q - quantitativ
● - graphische Variable besitzt diese Eigenschaft
— - graphische Variable besitzt diese Eigenschaft nicht

http://www.geog.fu-berlin.de/de/Karto/umn_karten/graphvar.shtml

Visual Perception: Top Down



Visuelle Wahrnehmung: Top Down

- Stufe 2-3: *proto-object flux*
- Stufe 3: Laufende **Verknüpfung** visueller und nicht-visuelle Informationen
- **Aufmerksamkeit** beeinflusst Merkmals- und Musteranalyse. Sie **verstärkt** so Signale, nach denen wir suchen. Die Rezeptoren „schreien lauter“.
- Diese Verstärkung erfolgt auf **jeder Stufe** der Informationsverarbeitung.
- Einfluss von links nach rechts zunehmend ($1 < 2 < 3$)
- Folge: Was wir sehen, ist stark davon beeinflusst, was wir erreichen wollen (**Ziele**).

→ **Attentional Tuning**



Visuelle Wahrnehmung: Top Down



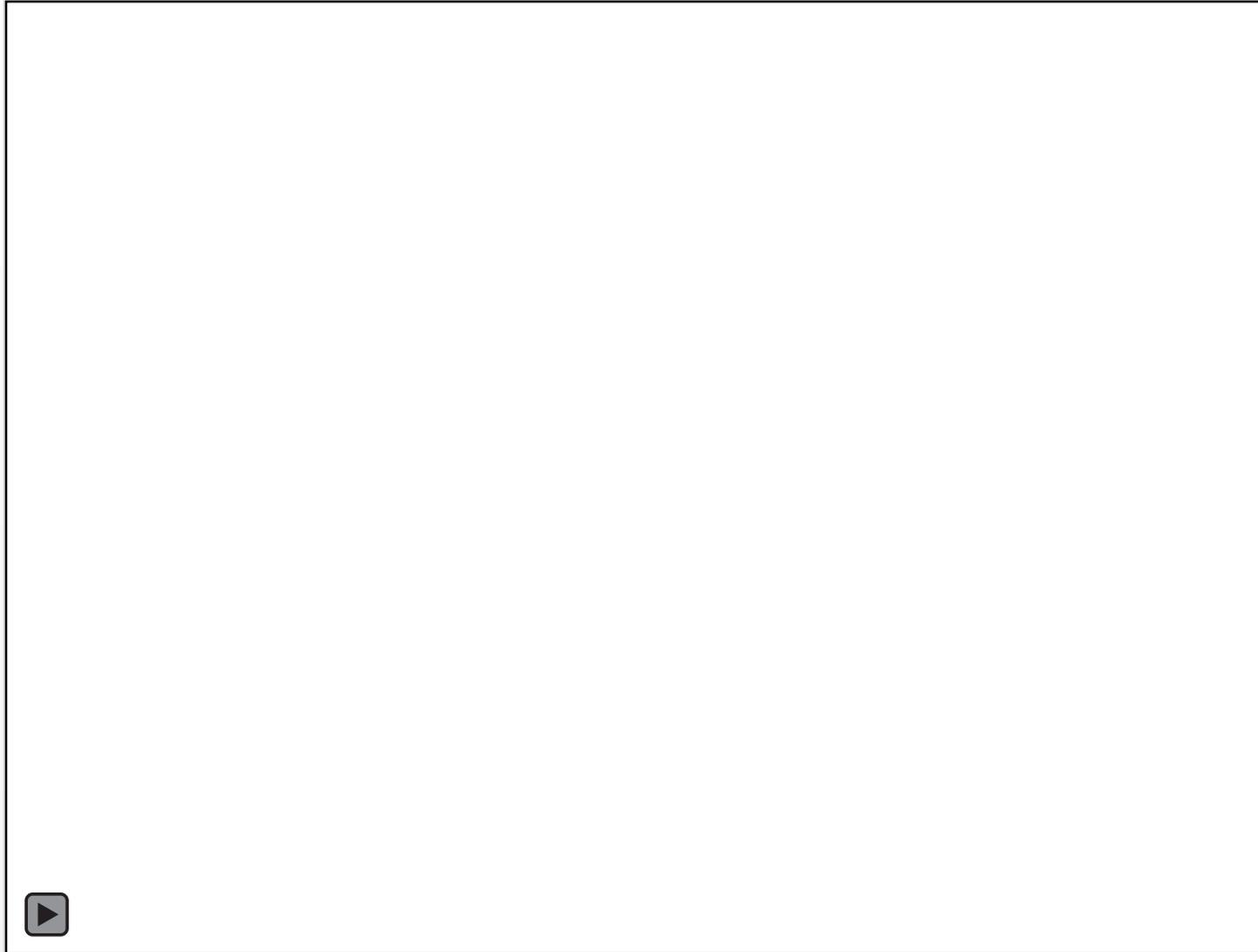
Change Blindness

Video



Change Blindness

Video



https://www.youtube.com/watch?v=vBPG_OBgTWg

Change Blindness Blindness

A: Notice Plates Switch?

Survey:
Y = 76.3% N = 24.7%
(229/300)

Actual:
Y = 0% N = 100%
(0/10)



C: Notice Actor Change?

Survey:
Y = 69.5% N = 30.5%
(203/292)

Actual:
Y = 0% N = 100%
(0/10)



B: Notice Scarf?

Survey:
Y = 90.5% N = 9.5%
(269/297)

Actual:
Y = 0% N = 100%
(0/10)



D: Notice Person Change?

Survey:
Y = 97.6% N = 2.4%
(288/295)

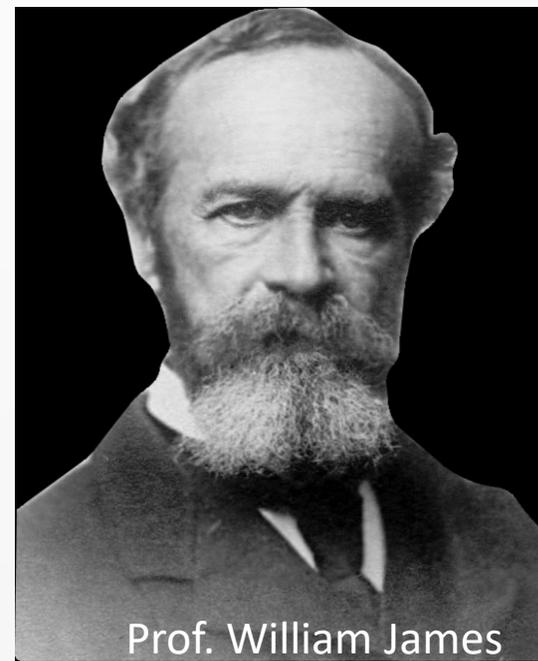
Actual:
Y = 46%² N = 54%
(5.5/12)



Levin, D. T., Momen, N., Drivdahl, S. B. & Simons, D. J. (2000) Change blindness blindness: The metacognitive error of overestimating change-detection ability. *Visual Cognition* 7:397–412.

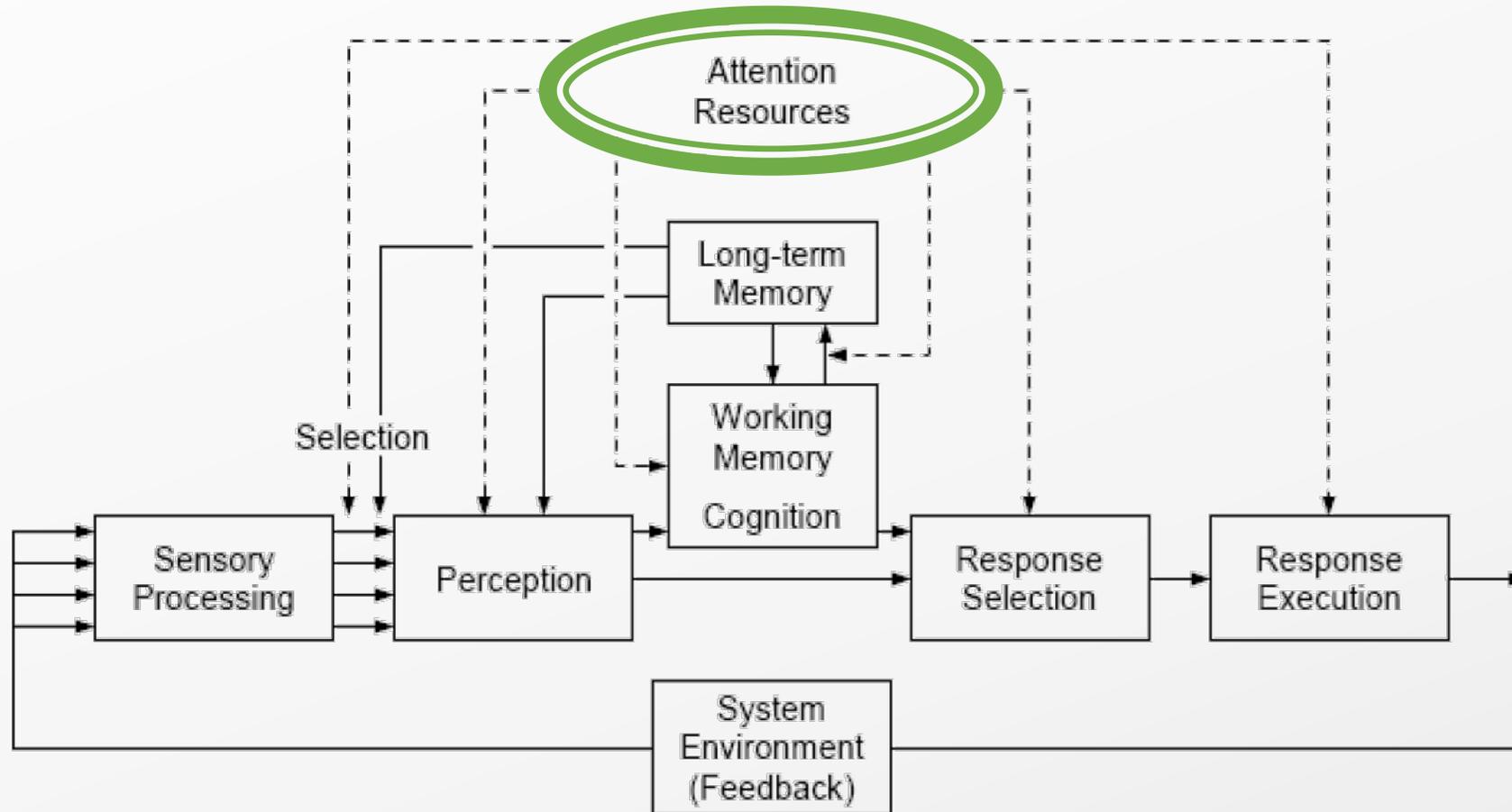
Aufmerksamkeit

William James (1890): »*Everyone knows what attention is*«



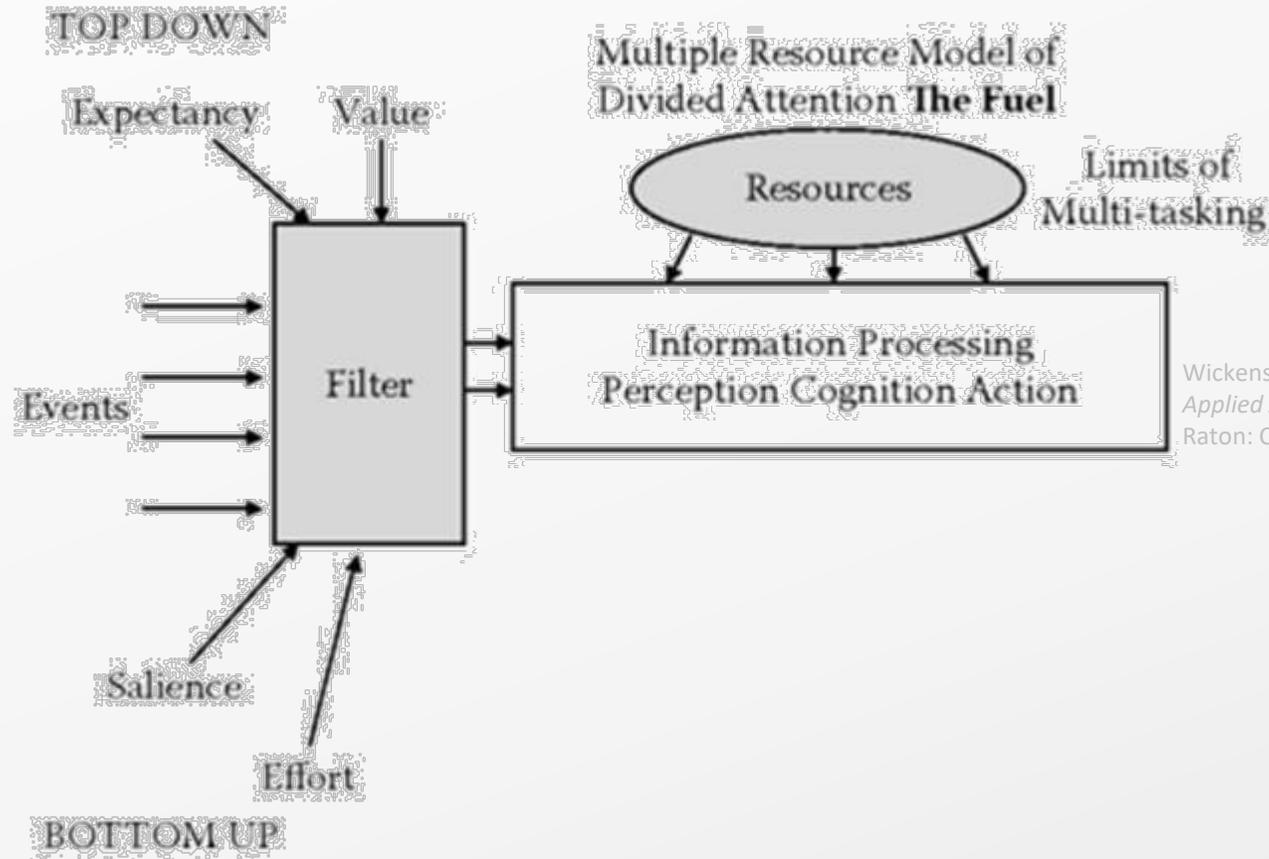
Elizabeth Styles (2006): »*Despite William James's oft-quoted remark it would be closer to the truth to say that ›Nobody knows what attention is‹ or at least not all psychologists agree*«

Information Processing



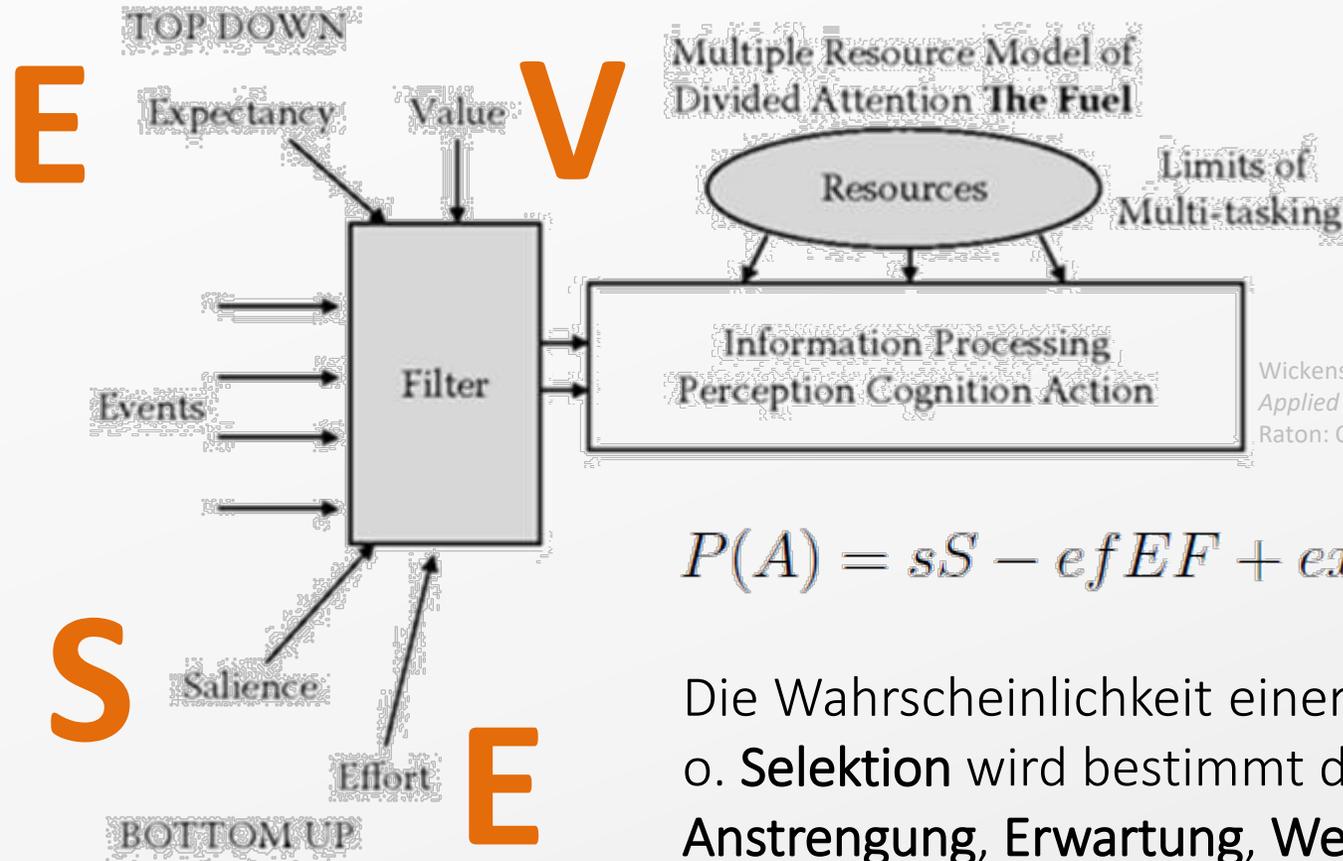
Wickens, C. & Carswell, C. (2006). Information Processing. In G. Salvendy (Hrsg.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (S. 111-149). Hoboken: John Wiley.

Attention: Filter & Fuel



Wickens, C. & McCarley, J. (2008).
Applied Attention Theory. Boca
Raton: CRC Press.

Selective Attention: SEEV-Model



$$P(A) = sS - efEF + exEX + vV$$

Die Wahrscheinlichkeit einer Blickzuwendung o. **Selektion** wird bestimmt durch **Auffälligkeit**, **Anstrengung**, **Erwartung**, **Wert**

SEEV-Modell

Wir haben ein Modell zur selektiven Aufmerksamkeit (bzw. Blickzuwendung) kennengelernt, das vier Einflussgrößen beschreibt.

a) Welche Einflussgrößen sind das (einfache Nennung genügt)?

1. _____

2. _____

3. _____

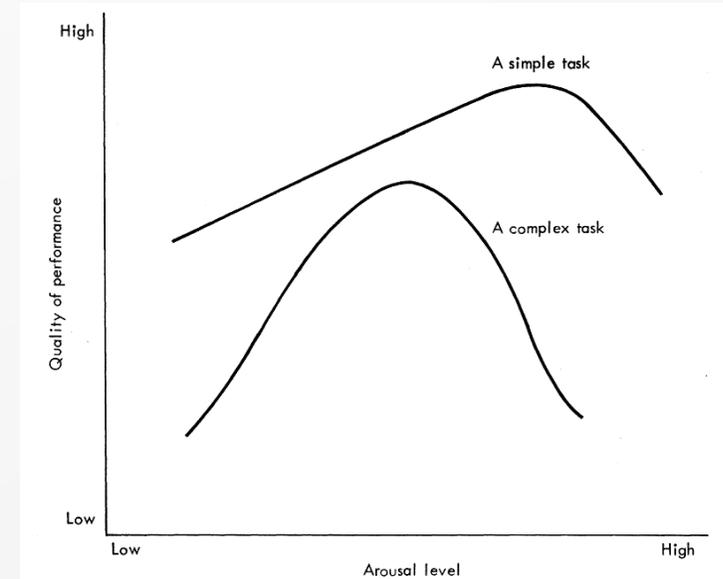
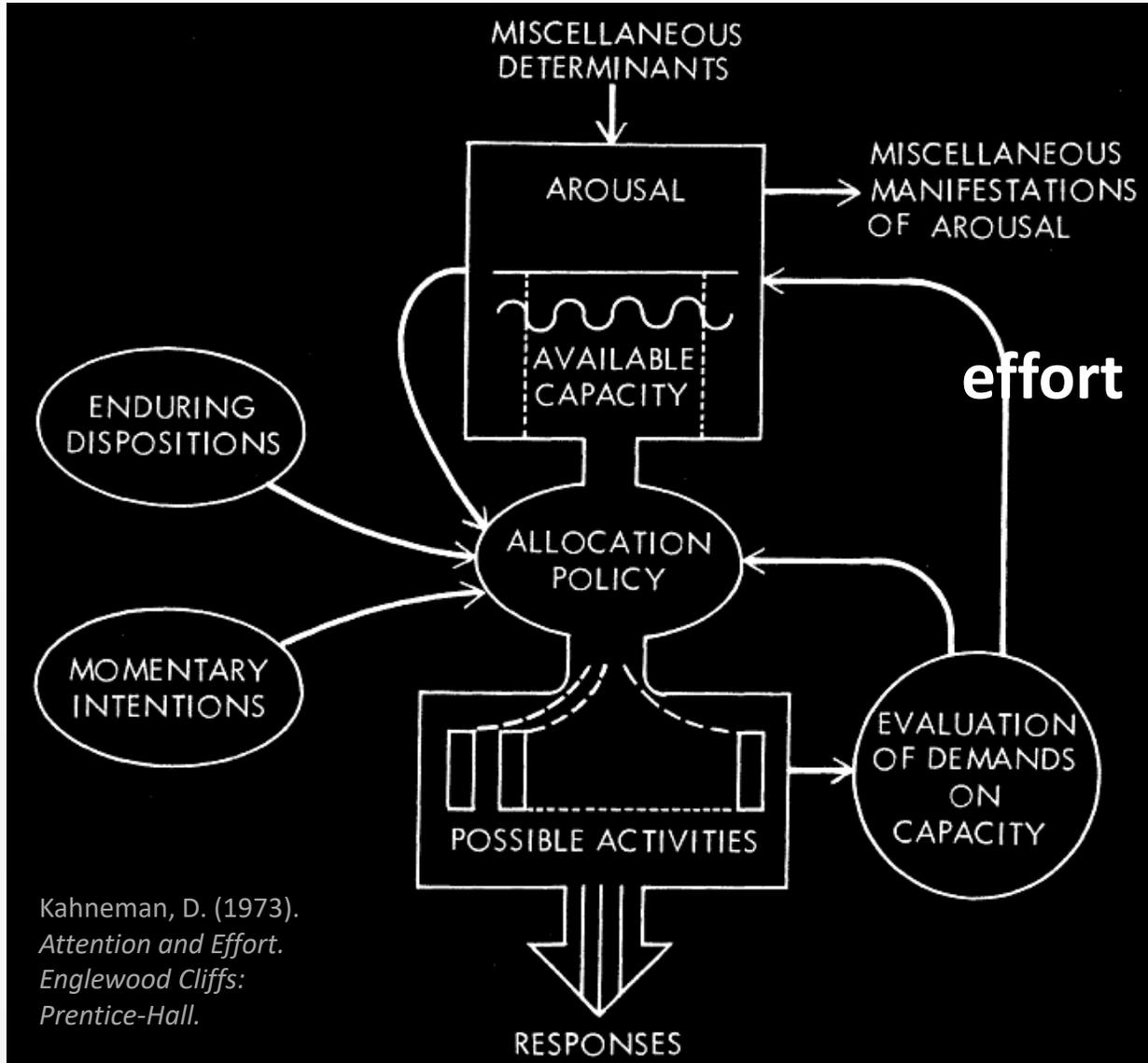
4. _____

b) Gegeben sei folgendes Szenario:

Auf einem Großflächendisplay zur Wartung einer industriellen Anlage existiert eine Warnanzeige im rechten unteren Bildschirmbereich (). Der Benutzer sitzt mittig vor dem Monitor. Seine normale Blickachse kreuzt den Bildschirmmittelpunkt. Die Warnanzeige erscheint, wenn eine bestimmte Prozessvariable außerhalb des normalen Bereichs liegt. Das ist sehr selten der Fall (). Der Benutzer hat aber sofort darauf zu reagieren, da dann ein kritischer Systemzustand befürchtet () werden muss. Die Anzeige ist so gestaltet, dass das Wort "Warnung" in kleiner dunkelgrauer Schrift auf hellgrauem Hintergrund () angezeigt wird.

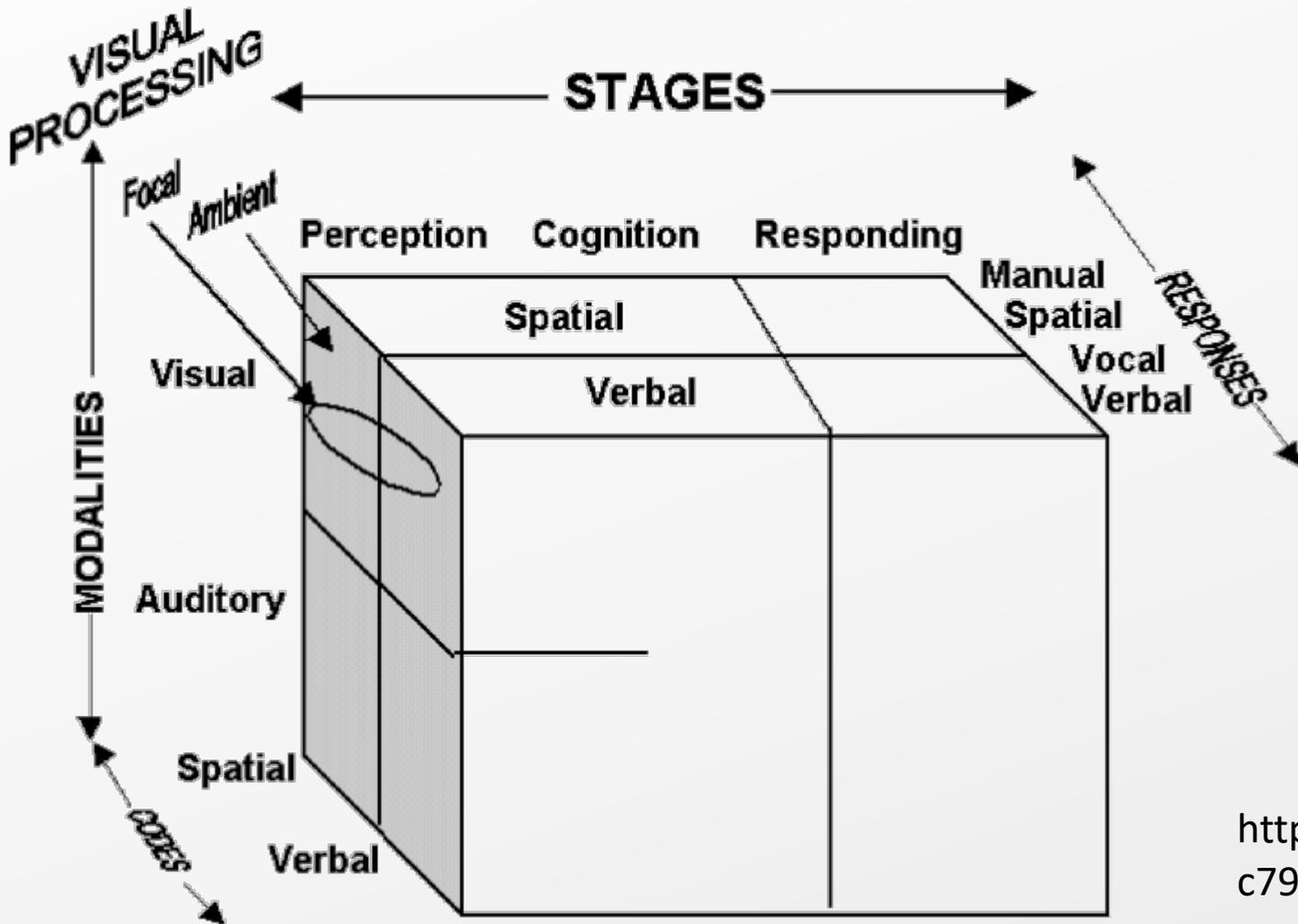
Ordnen Sie die Antworten aus (a) den Abschnitten des Szenarios zu. Beschriften Sie dazu die unterstrichenen Passagen mit den Ziffern 1. bis 4.

Kapazitätsmodell



Yerkes & Dodson

Multiple Resource Theory



<http://apps.usd.edu/coglab/schieber/psych792/workload/Wickens2002b.pdf>

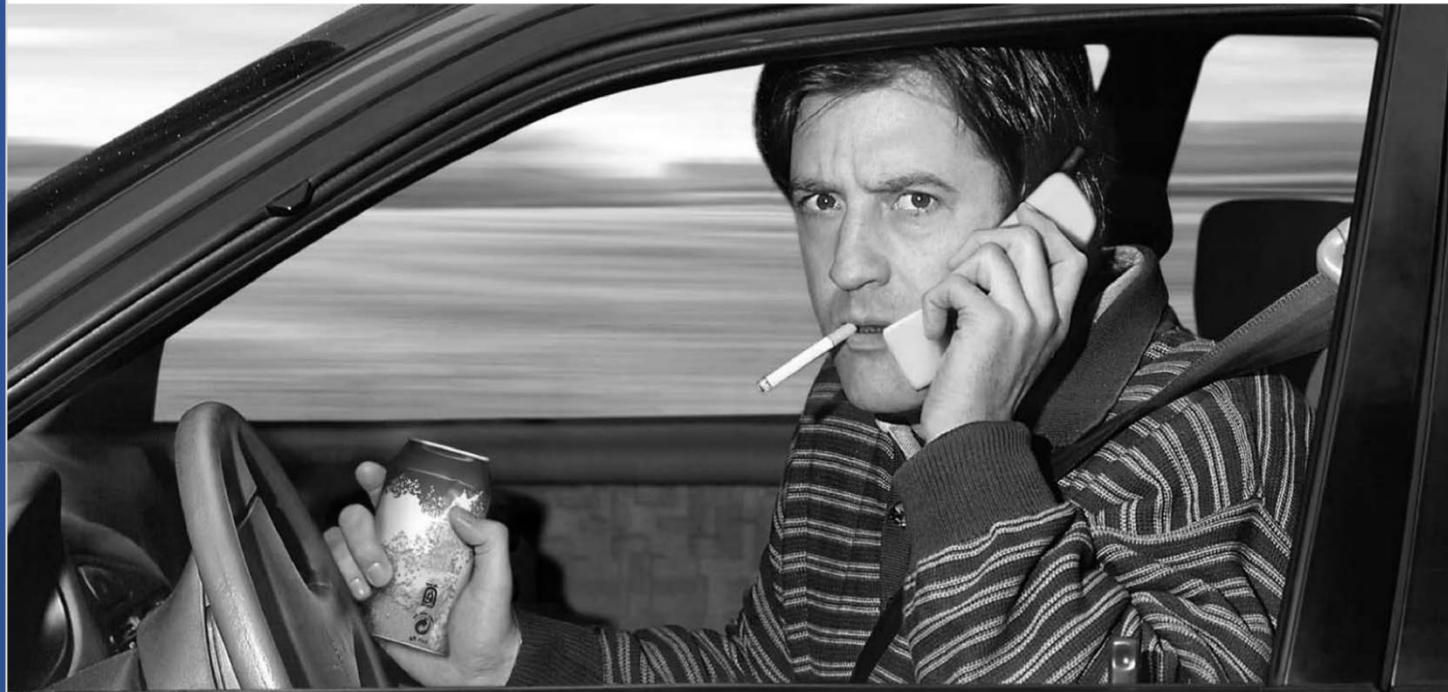
Workload



PRAXIS/ANWENDUNG

Workload

... und wer fährt?



Bundesministerium
für Verkehr, Bau-
und Wohnungswesen



Workload Definitions



Workload is a general term used to describe the **cost of accomplishing task requirements** for the human element of man-machine systems

Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA TLX (Task Load Index): Results of experimental and theoretical research. In P.A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Human mental workload* (pp. 139–183). Amsterdam: North-Holland.

Workload is a hypothetical construct intended to capture **limitations on the operator's information processing apparatus** as these are viewed from the perspective of some assigned task

Gopher, D. & Donchin, E. (1986). Workload – An examination of the concept. *Handbook of Perception and Human Performance*, 2, 1–49.

Workload is the specification of the amount of **information processing capacity** that is used for task performance

De Waard, D. (1996). *The Measurement of Drivers' Mental Workload*. Haren, Traffic Research Centre VSC: University of Groningen, Ph.D. Thesis.

Messung von Workload

- **Warum?**

- Bezug zu Leistung
- Identifikation der Verarbeitungs-**Bottlenecks**
- **Evaluation** neuer Designs

- **Wie?**

- Verhalten
- Physiologie
- Subjektiv



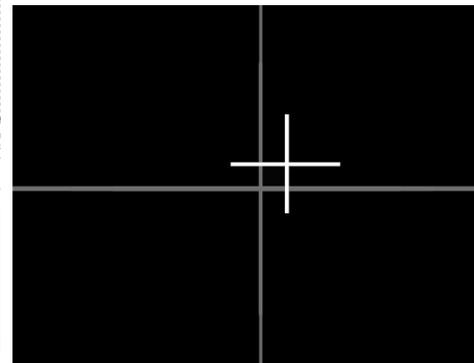
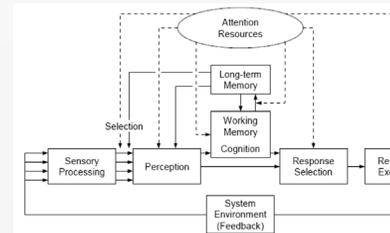
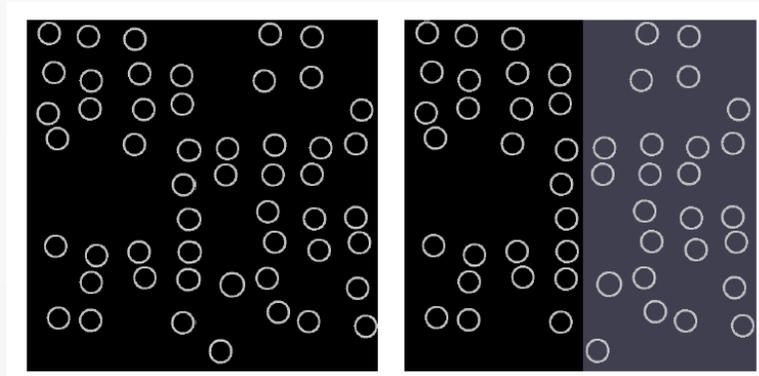
Workload-Messung: Verhalten

- Abweichung von einem Normkurs
- RMSE: Root Mean Square Error
- Künstliche Fahraufgabe:
Lane Change Task



Workload-Messung: Verhalten

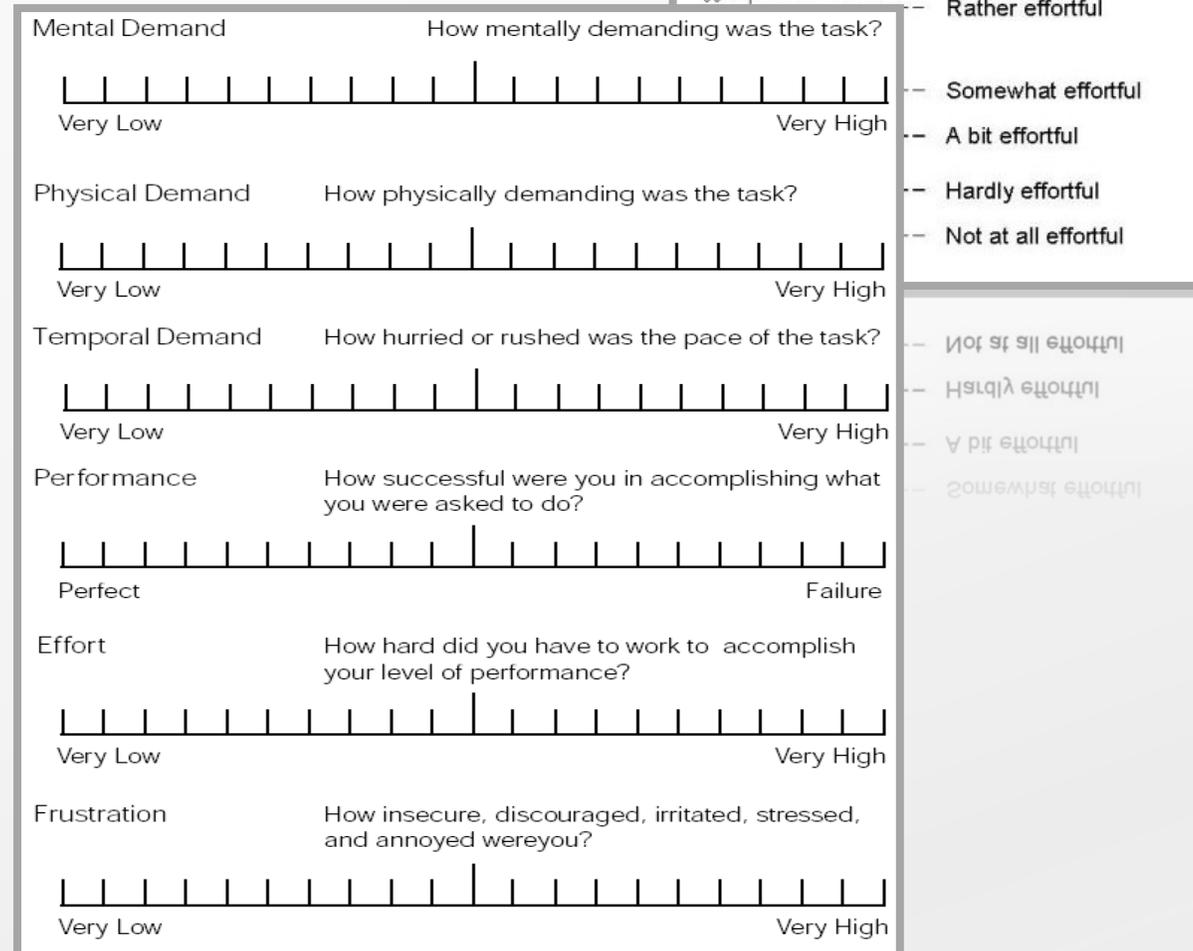
- Zusatzaufgabe
 - Zweitaufgabe
 - Loading task
- Visuelle Aufgabe
- Motor-Aufgabe
- Kognitive Aufgabe



Workload-Messung: Subjektiv

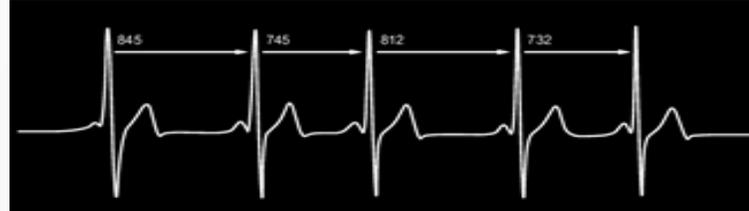
Fragebögen

- NASA TLX
- Rating Scale
Mental
Effort - RSME

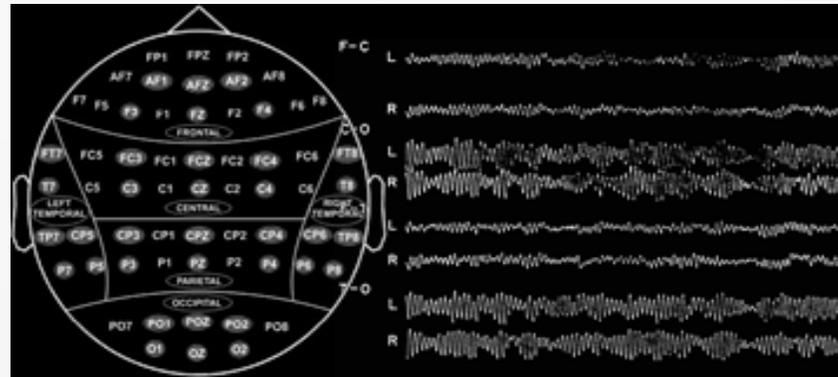


Workload-Messung: Physiologie

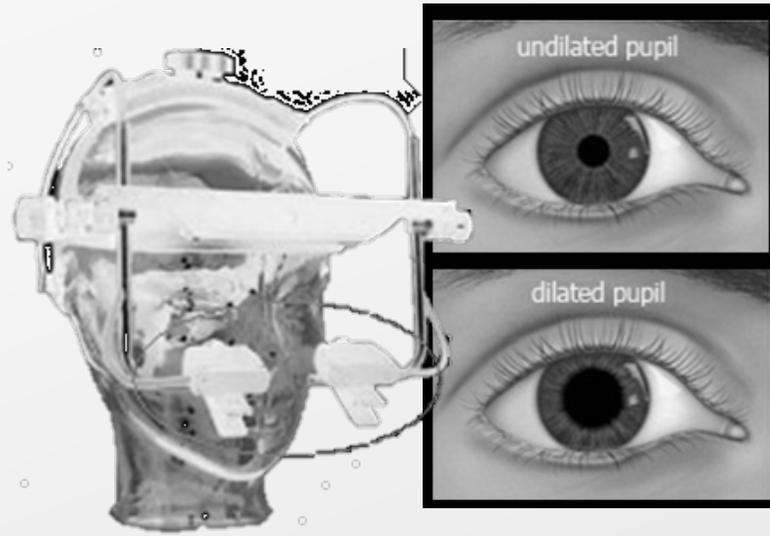
*Herzraten-
variabilität*



EEG

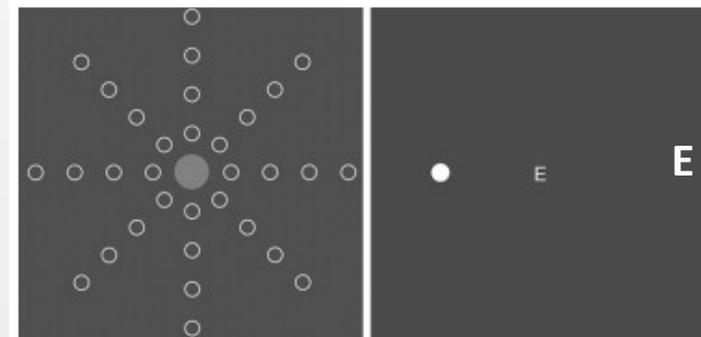


*Pupillen-
durchmesser*



Useful Field of View: UFOV

- = visueller Ausschnitt, für den innerhalb einer Sakkade Information aufgenommen werden kann
- Grenzgänger zwischen Wahrnehmung und Kognition
- UFOV < Blickfeld
- UFOV: 1°– 15°
- verkleinertes UFOV
 - im Alter
 - unter starker Beanspruchung
- Indikator für Workload/Aufmerksamkeit
PDT: peripheral detection task
- UFOV als Unfallprädiktor



Aufmerksamkeit & Smartphone

17-jähriger Nichtschwimmer untergegangen

Jugendlicher fällt beim Tippen auf Smartphone in Donau

Nach dem dramatischen Unfall in Regensburg, bei dem ein 17-jähriger in die Donau gefallen und untergegangen ist, geht die Suche heute weiter. Der Jugendliche hatte anscheinend am Smartphone herumgetippt und die Kaimauer übersehen.

Von: Sebastian Grosser

Stand: 30.08.2017 | [Bildnachweis](#)



<https://www.br.de/nachrichten/oberpfalz/inhalt/jugendlicher-faellt-beim-herumtippen-auf-smartphone-in-donau-100.html>

Smartphone & Auto

- Eine Stunde Telefonieren pro Monat erhöht Unfallrisiko um **400-900%**
- Kollisionsrisiko **vervierfacht** sich
- **Reaktionszeit** erhöht sich um ca. $\frac{1}{4}$ Sekunde
- Fehleinschätzung von Verkehrslücken und Kurvengeschwindigkeit; Rückspiegelnutzung nimmt ab
- Unabhängig ob **Freisprechanlage** oder nicht (Horrey and Wickens, 2006; Matthews et al., 2003; Patten et al., 2004)
- Interferenzen stammen von den **kognitiven Anforderungen** – nicht von denen an die motorische Manipulation

