

A vertical blue decorative bar with a gradient, wider at the top and bottom, is located on the left side of the slide.

# Usability Engineering

## Kognition

Prof. Dr. Ludger Martin

# Gliederung

---

- ★ Kognitive Psychologie
- ★ Menschliche Informationsspeicher
- ★ Visuelle Wahrnehmung
- ★ Auditives System
- ★ Arm-Hand-Finger-System
- ★ Aufmerksamkeit
- ★ Einflussfaktoren
- ★ Adaptive Control of Thought
- ★ Fehler bei geübten Handlungen

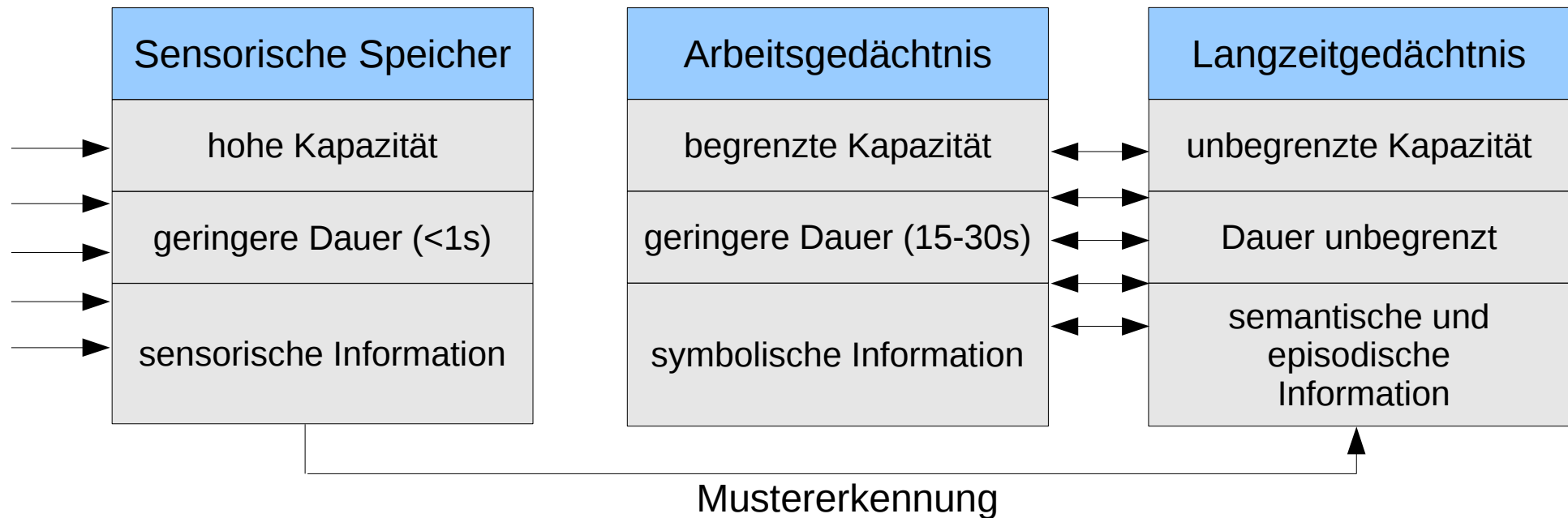
# Kognitive Psychologie

---

- ★ „Von der Art der **Präsentation**, von der **Zeit** und dem umgebenen **Einflüssen** hängt es ab, wie aufmerksam Informationen **wahrgenommen**, **verarbeitet** und **behalten** werden.“  
*[Preim und Dachzelt, 2010]*
- ★ *Kognitive Psychologie* befasst sich physikalischen Ereignissen im Nervensystem und im Gehirn, bei denen Informationen physisch übertragen werden.

# Menschliche Informationsspeicher

- ★ Drei Speicher sind die Basis der menschlichen Informationsverarbeitung



- ★ Man nimmt vorrangig das wahr, wonach man aktuell sucht (Arbeitsgedächtnis)

# Menschliche Informationsspeicher

---

## ★ Arbeitsgedächtnis

- ★ Ist Teil des Langzeitgedächtnisses
- ★ Ein „Spotlight“ markiert diesen Bereich aufgrund der aktuellen Ziele und Intentionen
- ★ Ein Kurzzeitgedächtnis soll nicht existieren
- ★ Junge Erwachsenen können sich 3-4 Informationseinheiten merken (Komplexität einer Einheit unbegrenzt)

# Menschliche Informationsspeicher

---

- ★ Arbeitsgedächtnis – Informationsformen
  - ★ **Superzeichenbildung:** Zusammenfassung von Buchstaben zu Wörtern, Wahrnehmung komplexer Gegenstände oder Lebewesen als Ganzes
  - ★ **Symbolische Namen:** Internetadressen statt IP-Adressen; „*Eselsbrücken*“ bauen

# Menschliche Informationsspeicher

---

## ★ Arbeitsgedächtnis

- ★ Informationen werden im Laufe der Zeit immer weniger „zugreifbar“
- ★ **primacy**-Effekt: zuerst präsentierte Informationen kann man sich besser merken
- ★ **recency**-Effekt: zuletzt präsentierte Informationen kann man sich auch besser merken
- ★ ähnliche Informationen kann man sich schlechter merken als solche, die sich weniger ähnlich sind

# Menschliche Informationsspeicher

---

## ★ Struktur Arbeitsgedächtnis

- ★ getrennt gespeichert:

  - ★ räumlich-visuelle Informationen

  - ★ sprachliche Informationen (phonologische Schleife)

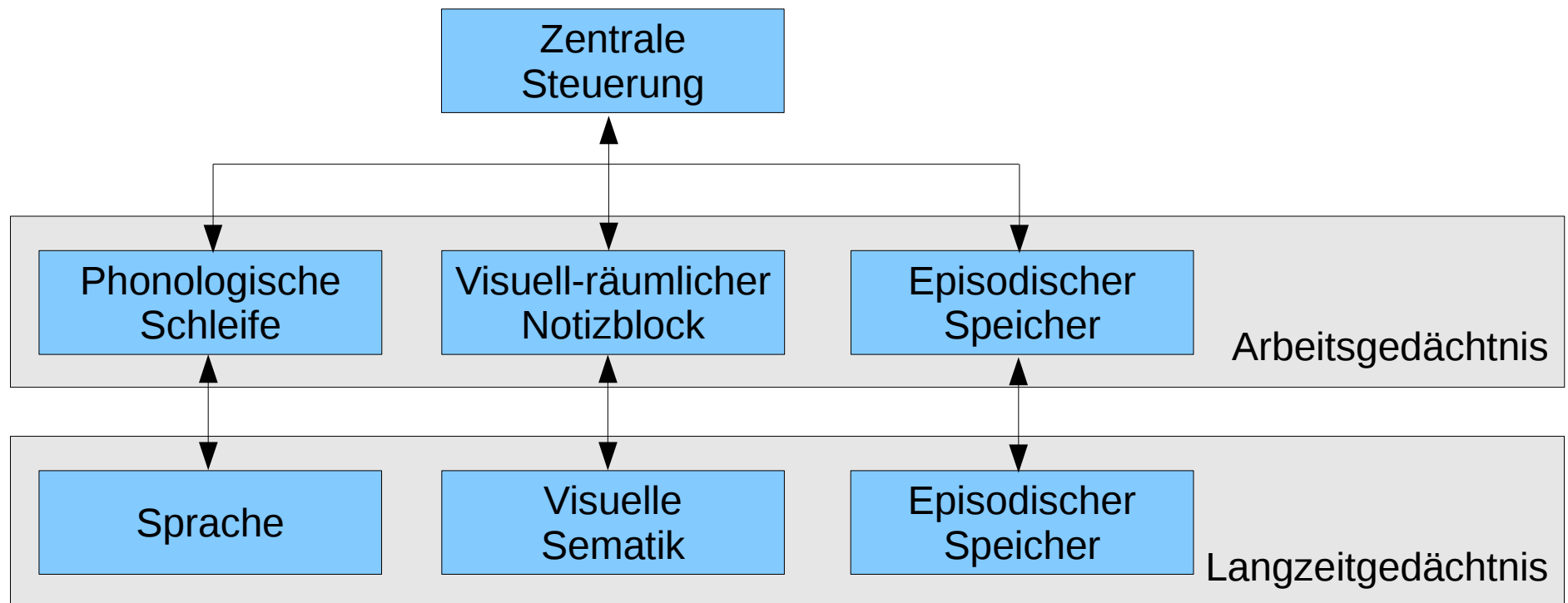
- ★ Behalten visueller Informationen wird nicht durch sprachliche Informationen beeinträchtigt

- ★ **Episodischer Speicher** speichert räumlich-visuelle und sprachliche Informationen temporär (Kapazität und Dauer begrenzt)



# Menschliche Informationsspeicher

## ☆ Arbeits- und Langzeitgedächtnis nach Baddeley, 2000



# Menschliche Informationsspeicher

---

- ★ Arbeitsgedächtnis und HCI – Regeln
  - ★ Gruppieren von Informationen in bekannten Formen
  - ★ Benutzer nicht von der Aufgabe ablenken
    - nach Suchen oft vergessen, was man tun wollte
  - ★ Es dürfen nicht zu viele Varianten existieren, wie eine Aufgabe erledigt werden kann
    - Entscheidungen belasten das Arbeitsgedächtnis
  - ★ Benutzer muss erkennen, wann Aufgabe erledigt
    - Entfernen aus Arbeitsgedächtnis
  - ★ Programme sollten zügig informatives Feedback geben, aber nicht zu schnell
    - Arbeitsgedächtnis verliert Informationen aber ggf. auch Rückfragen an Langzeitgedächtnis nötig

# Menschliche Informationsspeicher

---

## ★ Langzeitgedächtnis

- ★ Praktisch unbegrenzter Speicher
- ★ Speicherung abhängig von Qualität und Intensität
- ★ Wiederholungen uninteressant, sondern Tiefe
- ★ Tiefe Verarbeitung
  - ★ Informationen semantisch verarbeitet
  - ★ Inhalt verstanden
  - ★ Reflexion in Relation zu bekannten Informationen
- ★ Vergessen: Information kaum verknüpft zu anderen, die häufig aktiviert werden
  - Fehlen von Zugriffsmöglichkeiten

# Menschliche Informationsspeicher

---

## ★ Langzeitgedächtnis

- ★ Lernprozesse zielen darauf ab, existierende Verknüpfungen zu stärken
- ★ Menschen vergessen oder verlernen kaum etwas, sie können nur nicht drauf zugreifen
  - wird neues gelernt, kann es zu Überlagerungen oder Verwechslungen kommen
- ★ Behalten von Informationen
  - ★ Informationen selbst aktiv einbringen
  - ★ Emotionaler Zustand
  - ★ Räumliches Umfeld

# Menschliche Informationsspeicher

---

## ★ Langzeitgedächtnis

### ★ Erinnern und Erkennen

- ★ Erinnern an exakte Telefonnummer schwierig, Auswahl aus einer Liste führt zum Erkennen
- ★ Auch beim Erkennen müssen Informationen im Langzeitgedächtnis vorhanden sein

# Menschliche Informationsspeicher

---

- ★ Langzeitgedächtnis und HCI – Regeln
  - ★ Mechanismus von Erkennen nutzen  
(Suchmöglichkeit, Lesezeichen AutoComplete, ...)
  - ★ Sicherheitsaspekt, Passwörter und PINs vergessen-Funktion
  - ★ Menüeinträge müssen Hinweise auf damit kombinierte Dialoge bieten
  - ★ Hintergrundinformationen zu Dateien mit anzeigen  
(Thumbnail)

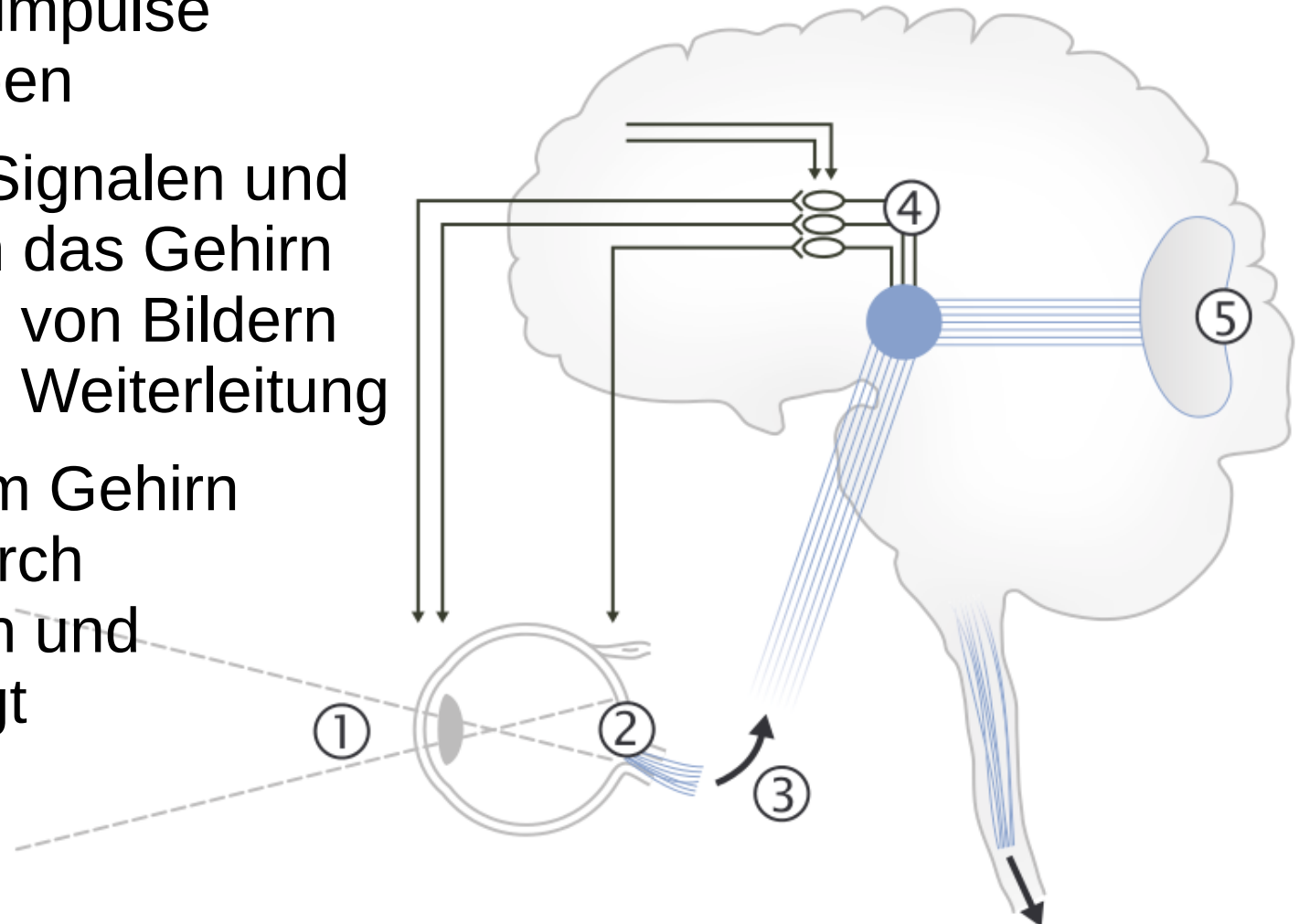
# Menschliche Informationsspeicher

---

- ★ Arbeits-/Langzeitgedächtnis und HCI – Regeln
  - ★ Meldungen auf Bildschirm schnell vergessen
    - Informationen unmittelbar verwenden
  - ★ Bei langen Antwortzeiten ( $> 0,5s$ ) kann Benutzer Ziele vergessen
    - Benutzer wird vorsichtiger und langsamer
  - ★ Fortschrittsanzeige erinnert, welche Kommandos getätigt wurden und welche fehlen
    - verringert kognitive Probleme

# Visuelle Wahrnehmung

- 1-2 Umwandlung von Licht in Nervenimpulse  
→ datengetrieben
- 2-3 Trennung von Signalen und Weiterleitung in das Gehirn  
→ Kombination von Bildern und gepulste Weiterleitung
- 4-5 Interpretation im Gehirn  
→ langsam, durch Erwartungen und Ziele geprägt





# Visuelle Wahrnehmung

## ★ Fovale Sehen

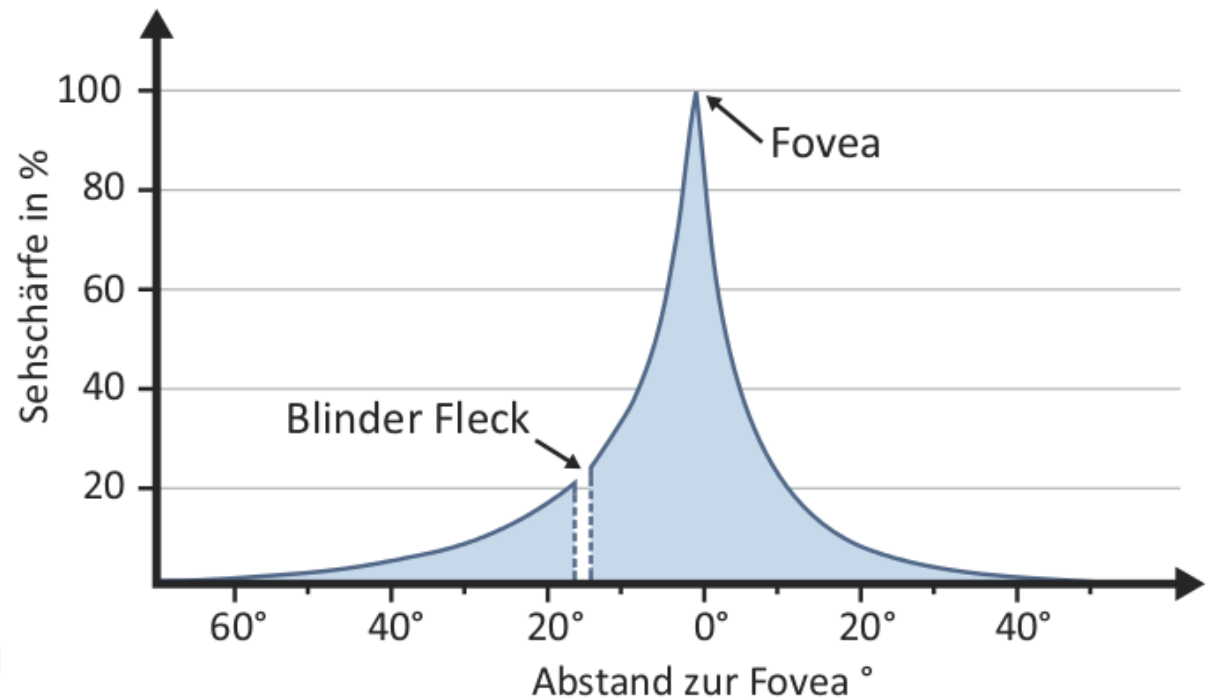
- ★ Scharfes Sehen
- ★ Hohe Auflösung
- ★ Sehwinkel  $1^\circ - 2^\circ$

## ★ Peripheres Sehen

- ★ Unscharfes Sehen
- ★ Auflösung fällt stark ab, nicht symmetrisch

★ Ca. 10 Buchstaben können erfasst werden

★ Bewegung des Auges notwendig



# Visuelle Wahrnehmung

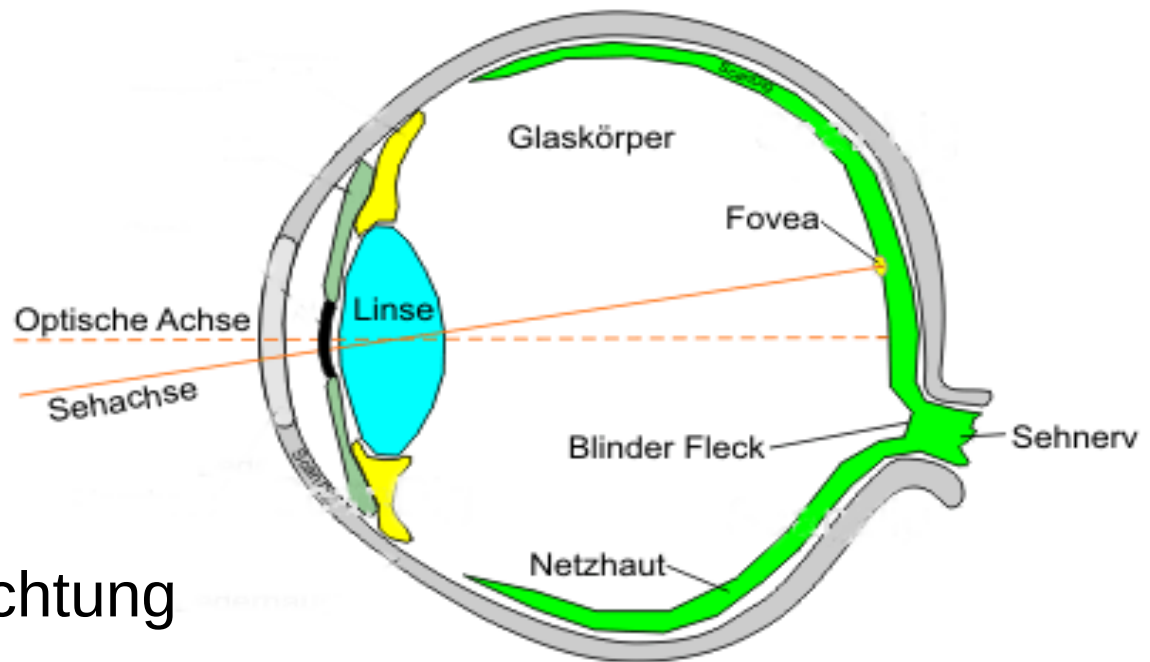
## ★ Auge

### ★ Zapfen

- ★ Konzentrieren sich in der Fovea
- ★ Farbempfindlich
- ★ Benötigen ausreichende Beleuchtung
- ★ Ca. 6,5 Millionen, 80ms Wahrnehmung

### ★ Stäbchen

- ★ Grauwertunterschiede
- ★ Detailwahrnehmung stark reduziert
- ★ Ca. 120 Millionen, 300ms Wahrnehmung



# Visuelle Wahrnehmung

---

## ★ Betrachtungen

- ★ Zyklus der Informationsaufnahme ca. 230ms (zwischen 70ms und 700ms)
- ★ Augenbewegung ca. 50ms
- ★ Information fixieren ca. 180ms
- ★ Zwei Objekte weiter als 30° auseinander, so muss Kopf bewegt werden (bei 20" Bildschirm und 50cm Augenabstand ist Kopfbewegung nur notwendig, wenn Objekte in entgegengesetzter Position)
- ★ Zeitlich Auflösung ca. 100ms (blinkend)

# Visuelle Wahrnehmung

## ★ Visuelle Suche

★ wie schnell werden Bedienelemente oder Informationen gefunden

## ★ Faktoren

★ Suchmenge  $S$  (Menge der dargebotenen Informationen)

★ Zielobjekt  $Z$  (gesuchte Information)

★ Absenker  $S/Z$  (Suchmenge ohne Zielobjekt)

★ Beispiel: Finden einer Straße im Stadtplan

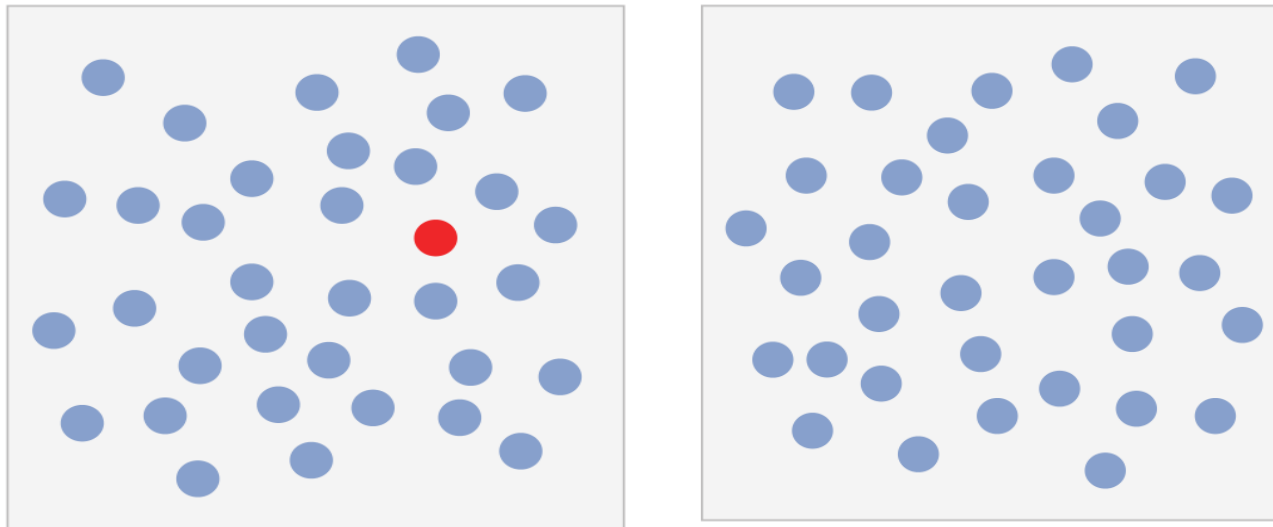


# Visuelle Wahrnehmung

## ★ Präattentive Wahrnehmung

★ Schnelle und unbewusste Wahrnehmung ( $< 0,25s$ )

★ Beispiel:

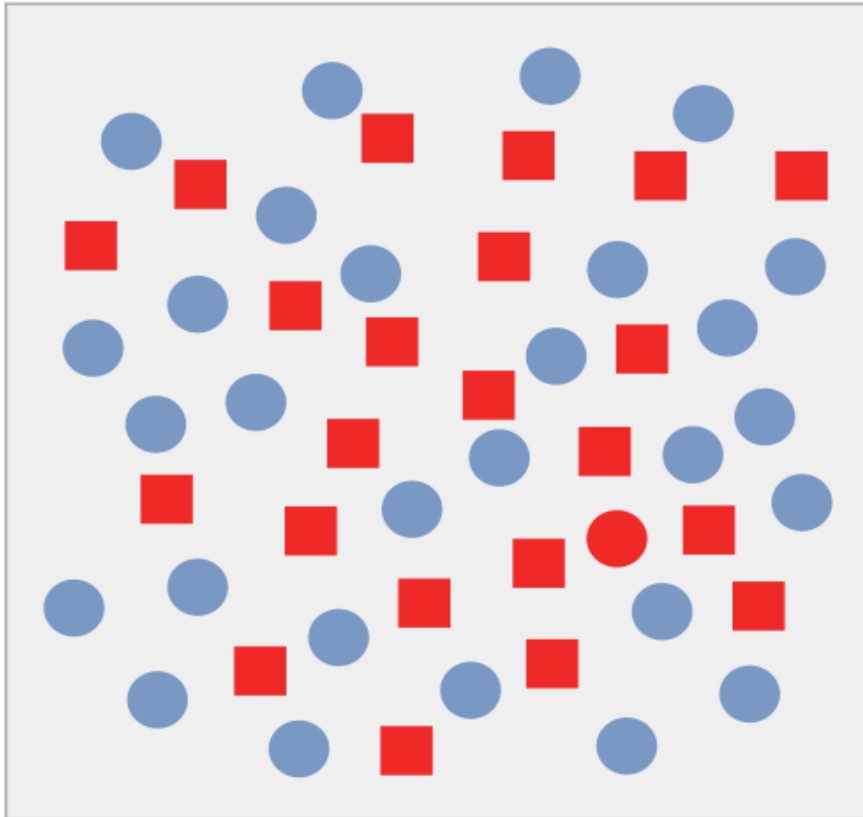


★ Haben Sie einen roten Kreis gesehen?

★ Für große Mengen möglich

# Visuelle Wahrnehmung

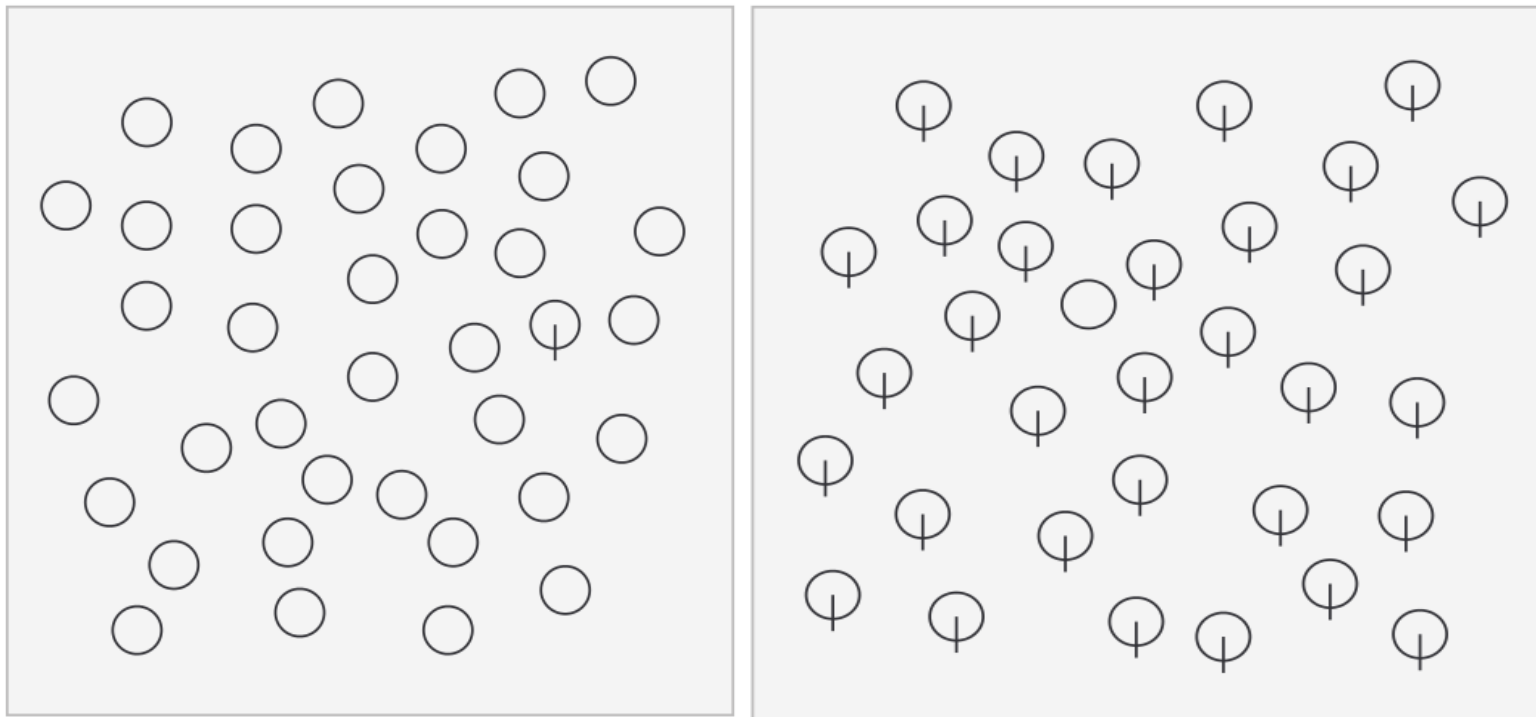
★ Befindet sich im Bild ein roter Kreis?



★ Es ist nicht möglich eine Kombination individueller Merkmale zu erkennen.

# Visuelle Wahrnehmung

- ★ Gibt es einen Kreis mit einer Linie?
- ★ Gibt es einen Kreis ohne eine Linie?

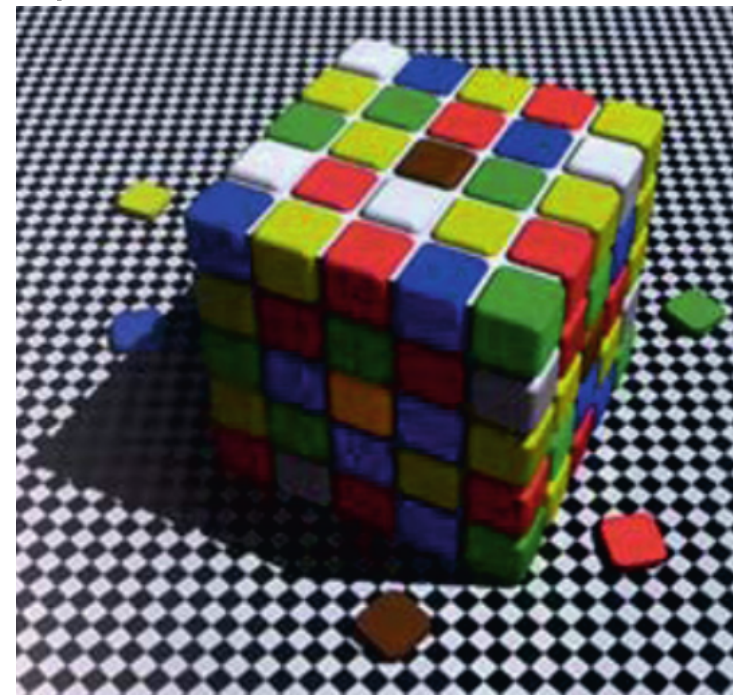


- ★ Das Vorhandensein eines Merkmals wird leichter wahrgenommen als das Fehlen.

# Visuelle Wahrnehmung

## ★ Farbwahrnehmung

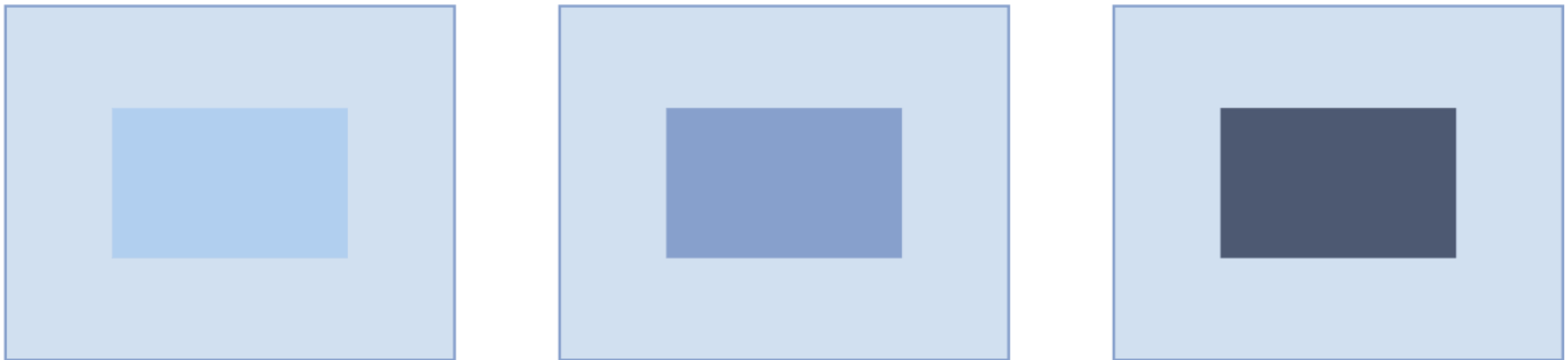
- ★ Wir erkennen Farbton, Helligkeit und Sättigung
- ★ 3 Arten von Zapfen, die Rot, Grün, Blau erkennen
- ★ Rot am stärksten wahrgenommen, 64% der Sehzellen; Grün 34% der Sehzellen; Blau 2% der Sehzellen
- ★ Unterschiede im Blauton werden schlecht erkannt
- ★ Gleiche Farben können unterschiedlich wirken (Mitten oben/vorne)





# Visuelle Wahrnehmung

- ★ Farben erscheinen auf dunklen Hintergrund weniger gesättigt als auf hellem
- ★ Farbkontrast zwischen Vorder- und Hintergrund beeinflussen die wahrgenommene Größe



- ★ Aufgrund des hohen Farbkontrasts rechts wirkt dieses Rechteck am kleinsten

# Visuelle Wahrnehmung

- ★ Helle, stark gesättigte Farben erscheinen vorn zu liegen, dunkle, wenig gesättigte Farben hinten



- ★ Kleine Rechtecke scheinen vor großen schwarzen Rechteck zu liegen

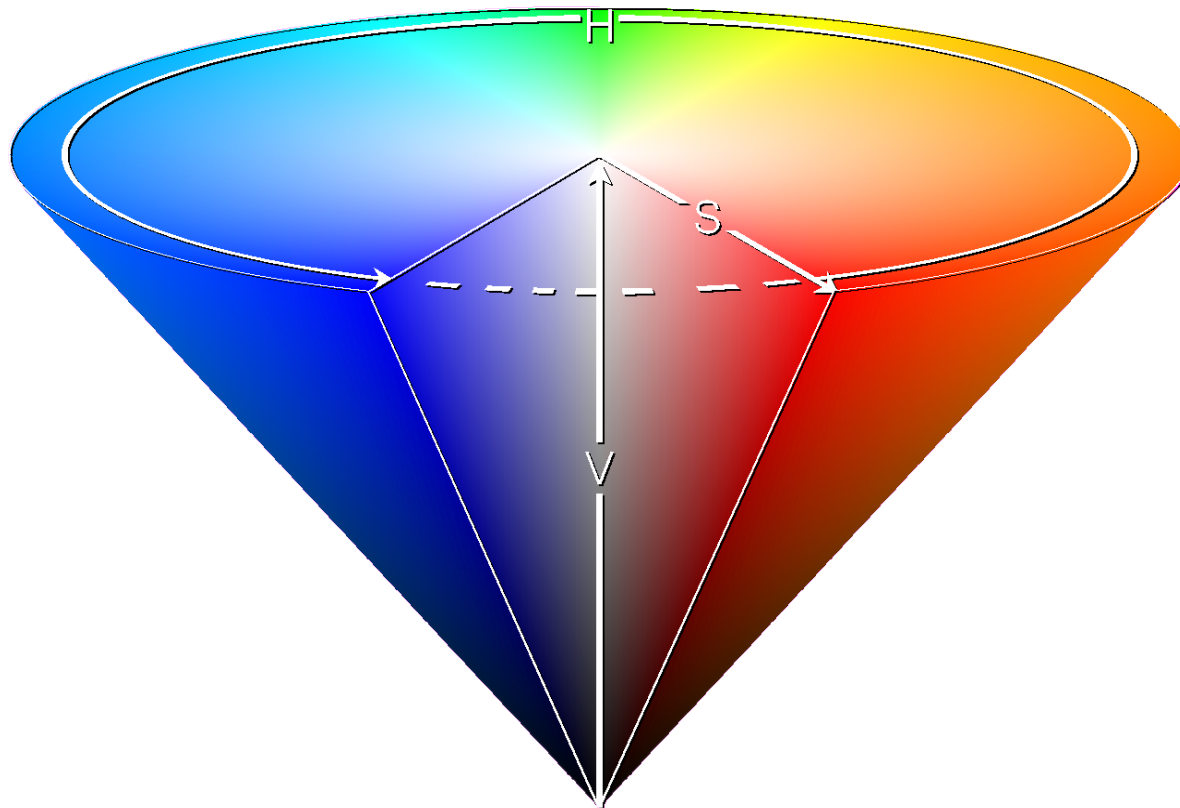
# Visuelle Wahrnehmung

---

- ★ Farbwahrnehmung und HCI – Regeln
  - ★ Mit Farben sind bestimmte Assoziationen verbunden
  - ★ Stark gesättigte Farben sparsam einsetzen (aufmerksamkeitslenkend)
  - ★ Vorwiegend ungesättigte Pastellfarben nutzen
  - ★ Blau für Text, dünne Linien und kleine Formen vermeiden
  - ★ HSV Farbraum entspricht unserer Wahrnehmung ist günstig zu nutzen

# Visuelle Wahrnehmung

## ★ HSV Farbraum

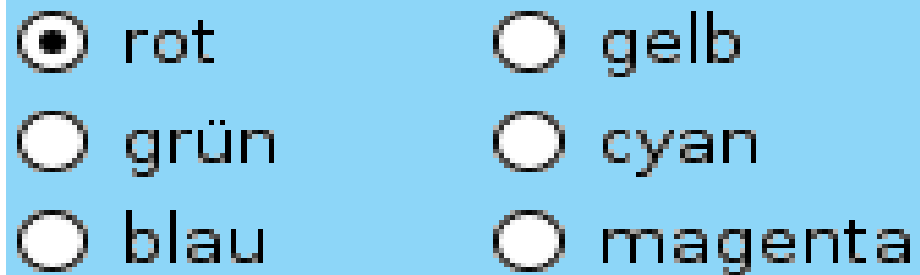


Farbton (hue), Farbsättigung (saturation), Hellwert (value)

# Visuelle Wahrnehmung

## ★ Gestaltwahrnehmung

### ★ Prinzip der Nähe (räumlich)



Abstand vertikal geringer

→ spaltenweise Bearbeitung

# Visuelle Wahrnehmung

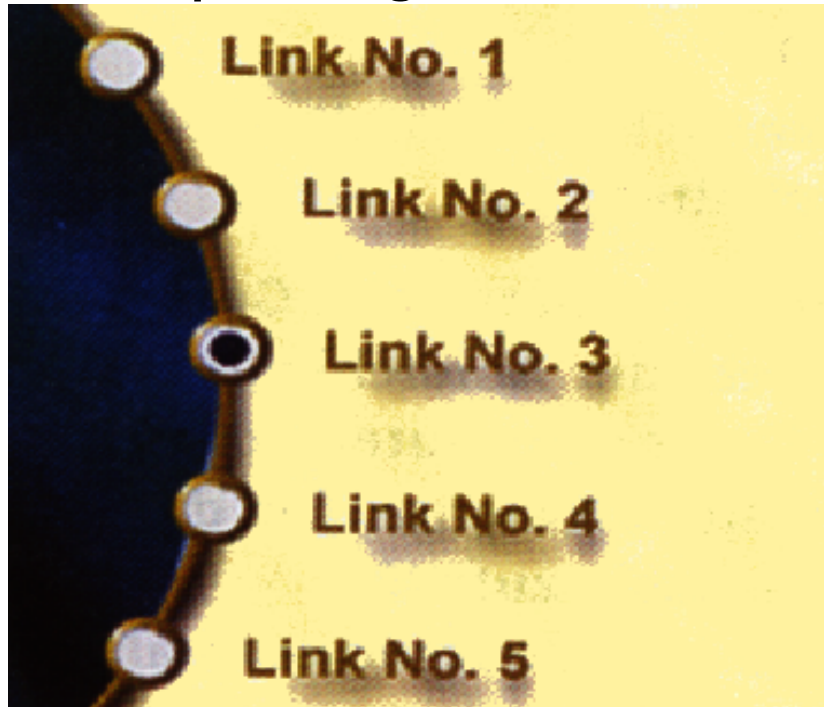
- ★ Prinzip der Ähnlichkeit bzw. Gleichartigkeit (Farbe, Helligkeit, Größe und Orientierung vor Form)

Anrede	<input checked="" type="radio"/> Herr	<input type="radio"/> Frau
PLZ/Ort	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tätigkeit	<input type="checkbox"/> Selbständig	<input type="checkbox"/> Vertrieb

- Ähnlichkeit überwiegt, deshalb zeilenweise Bearbeitung

# Visuelle Wahrnehmung

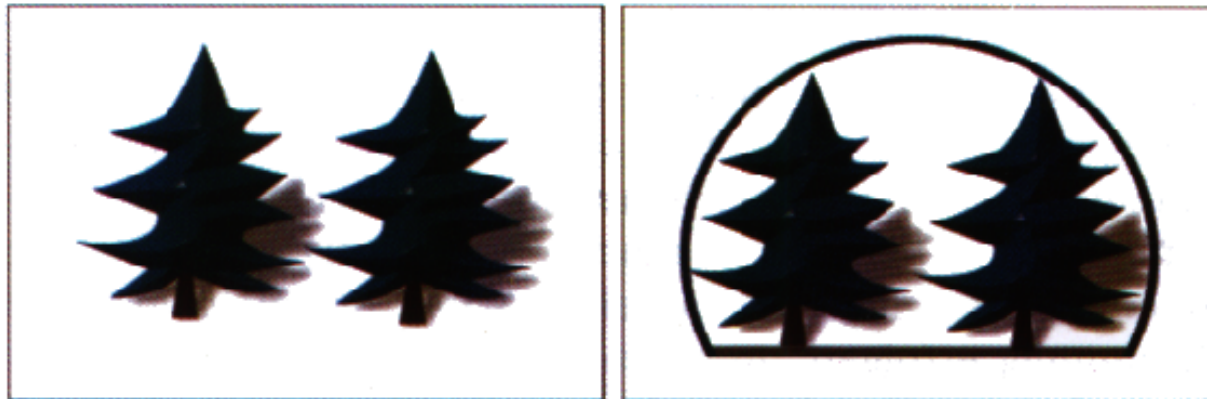
## ★ Prinzip der guten Fortsetzung



- Elemente in einfacher, gesetzmäßiger oder harmonischer Kontinuität

# Visuelle Wahrnehmung

- ★ Prinzip des gemeinsamen Schicksals
  - Elemente mit gleicher Entwicklung oder Veränderung (Lauftext)
- ★ Prinzip der Geschlossenheit



- Geschlossene Figuren erscheinen als zusammengehörig



# Visuelle Wahrnehmung

---

- ★ Gestaltwahrnehmung und HCI – Regeln
  - ★ Berücksichtigung der Regeln bei Dialogen und Formularen gewährleistet
    - ★ Verbesserung der Wahrnehmung
    - ★ Erleichtern des Suchens und Erkennens von Daten
    - ★ Entstehen eines ausgewogenen, symmetrischen Layouts
    - ★ bewusste Hervorhebung von Zusammenhängen bzw. Vermeidung von fälschlicherweise wahrgenommenen Zusammenhängen

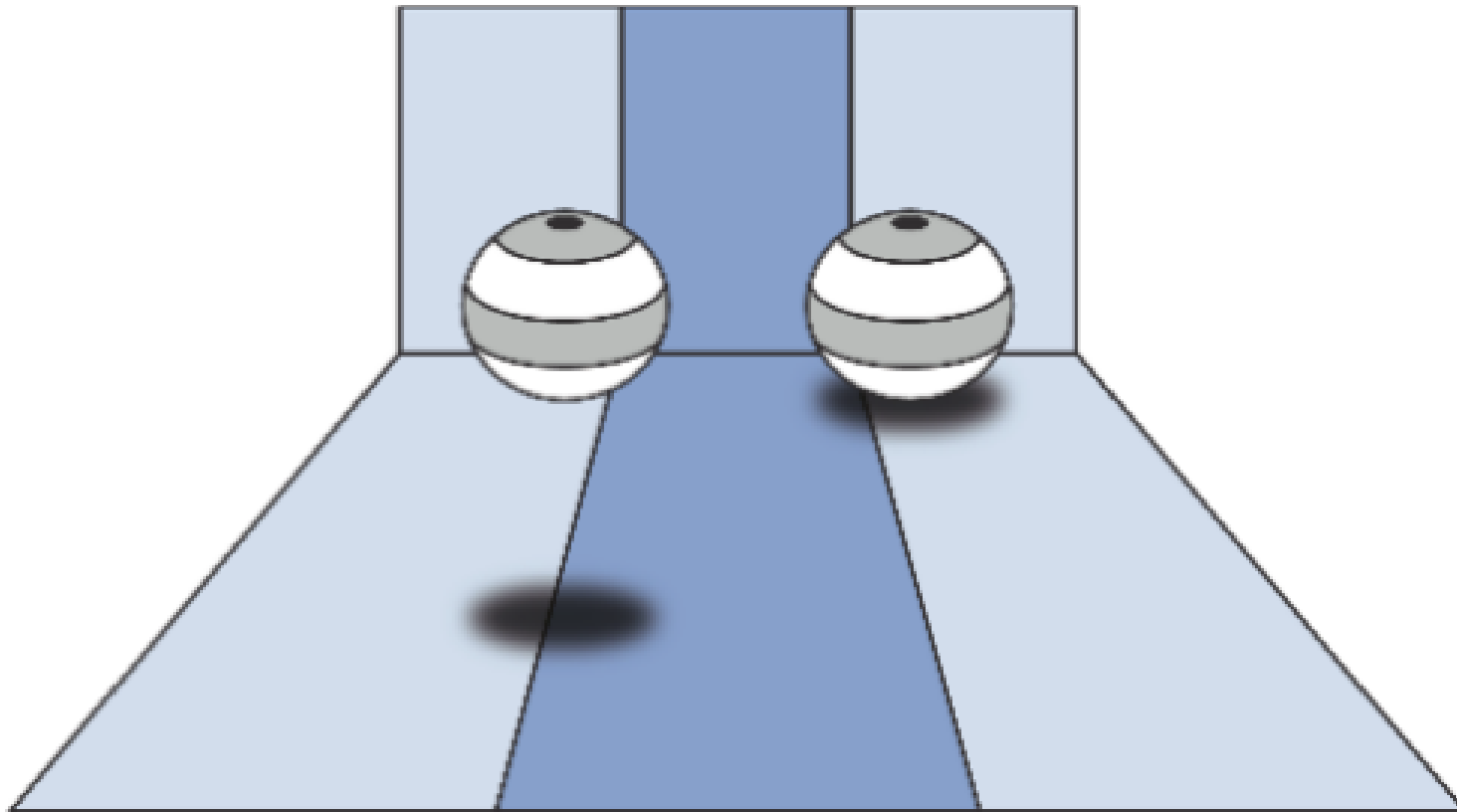
# Visuelle Wahrnehmung

---

- ★ Mensch ist bestrebt, visuelle Informationen als 3D-Formen zu interpretieren
- ★ Erfahrungen aus der Natur
  - ★ Entfernte Objekte erscheinen kleiner als näher liegende
  - ★ Schatteneffekte, die sich durch Beleuchtung ergeben
  - ★ Objekte im Vordergrund überdecken diejenigen im Hintergrund
  - ★ Farben entfernter Objekte werden als ungesättigt wahrgenommen

# Visuelle Wahrnehmung

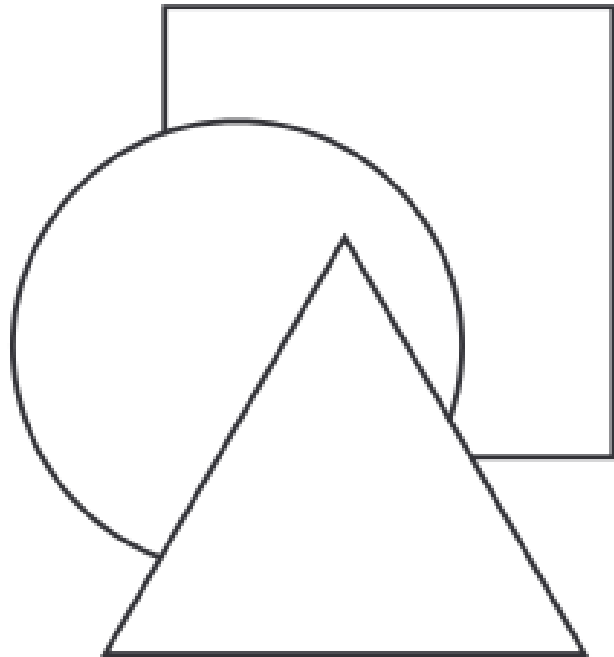
---



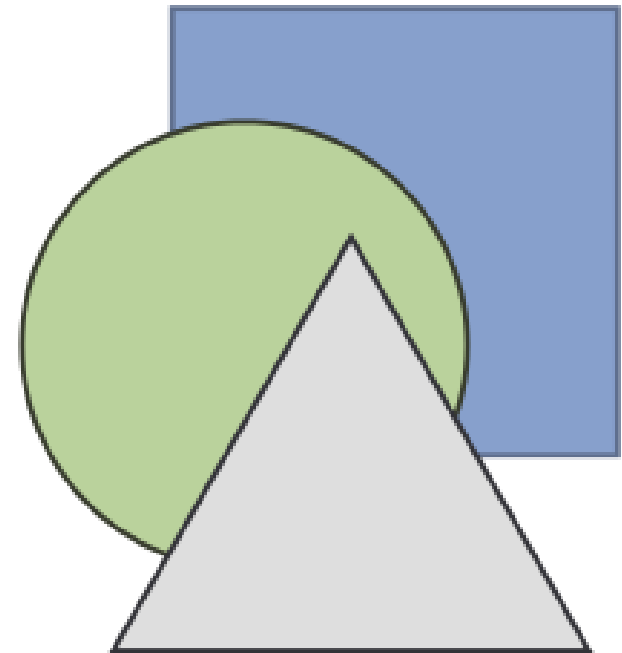
ohne Schatten könnte nichts über die Kugeln gesagt werden

# Visuelle Wahrnehmung

---



Wie sind die Figuren  
angeordnet?



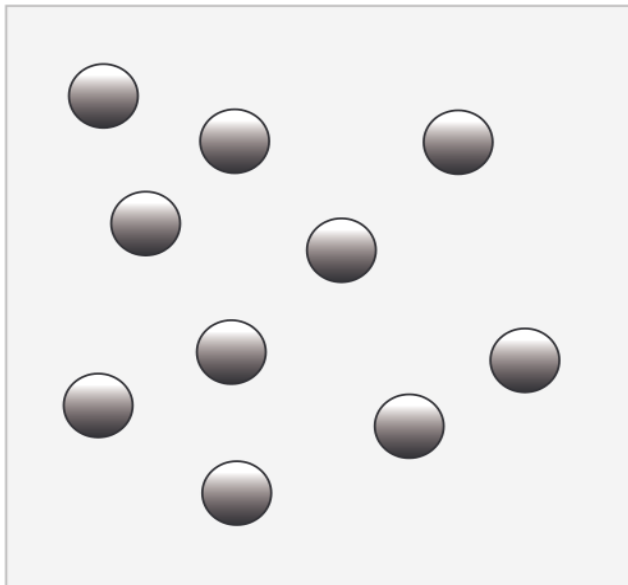
mit geeigneten Farben  
ist es leichter zu erkennen

# Visuelle Wahrnehmung

## ☆ Interpretation durch Erfahrung

☆ **Gravitation:** Rekonstruktion von Bewegungen – Hinabrollen auf Ebene

☆ **Lichtquelle:** durch Schatten bzw. Helligkeitsverteilung lässt sich auf Position der Lichtquelle schließen



konkave Einbuchtungen oder  
konvexe Wölbungen?

Wenn Lichtquelle von oben,  
in der Natur gegeben,  
dann konkave Wölbung

# Visuelle Wahrnehmung

---

## ★ Bewegung

- ★ Fähigkeit Bewegungen wahrzunehmen und vorherzusagen sehr gut entwickelt
- ★ Bewegungen lenken die Aufmerksamkeit  
→ Überwachungsaufgaben
- ★ Blinkende Icon können nicht ignoriert werden
- ★ Bis zu fünf gleichzeitig stattfindende Bewegungen können interpretiert werden
- ★ Animierte Veränderungen sind sicherer und schneller zu erkennen
- ★ Besonders ausgeprägt, wenn nicht im Fokus des visuellen Feldes

# Visuelle Wahrnehmung

---

## ★ HCI-Regeln

- ★ Visuelle Elemente sollten so gestaltet werden, dass eine mentale 3D-Rekonstruktion unterstützt wird
- ★ Bei länderübergreifenden Anwendungen sind kulturabhängige Aspekte sorgfältig zu prüfen
- ★ Bewegung hat aufmerksamkeitslenkende Wirkung – kann auch Fluch sein, nicht ignorierbar
- ★ Wartezeit bei animierten Fortschrittsbalken werden als nicht so störend wahrgenommen

# Auditives System

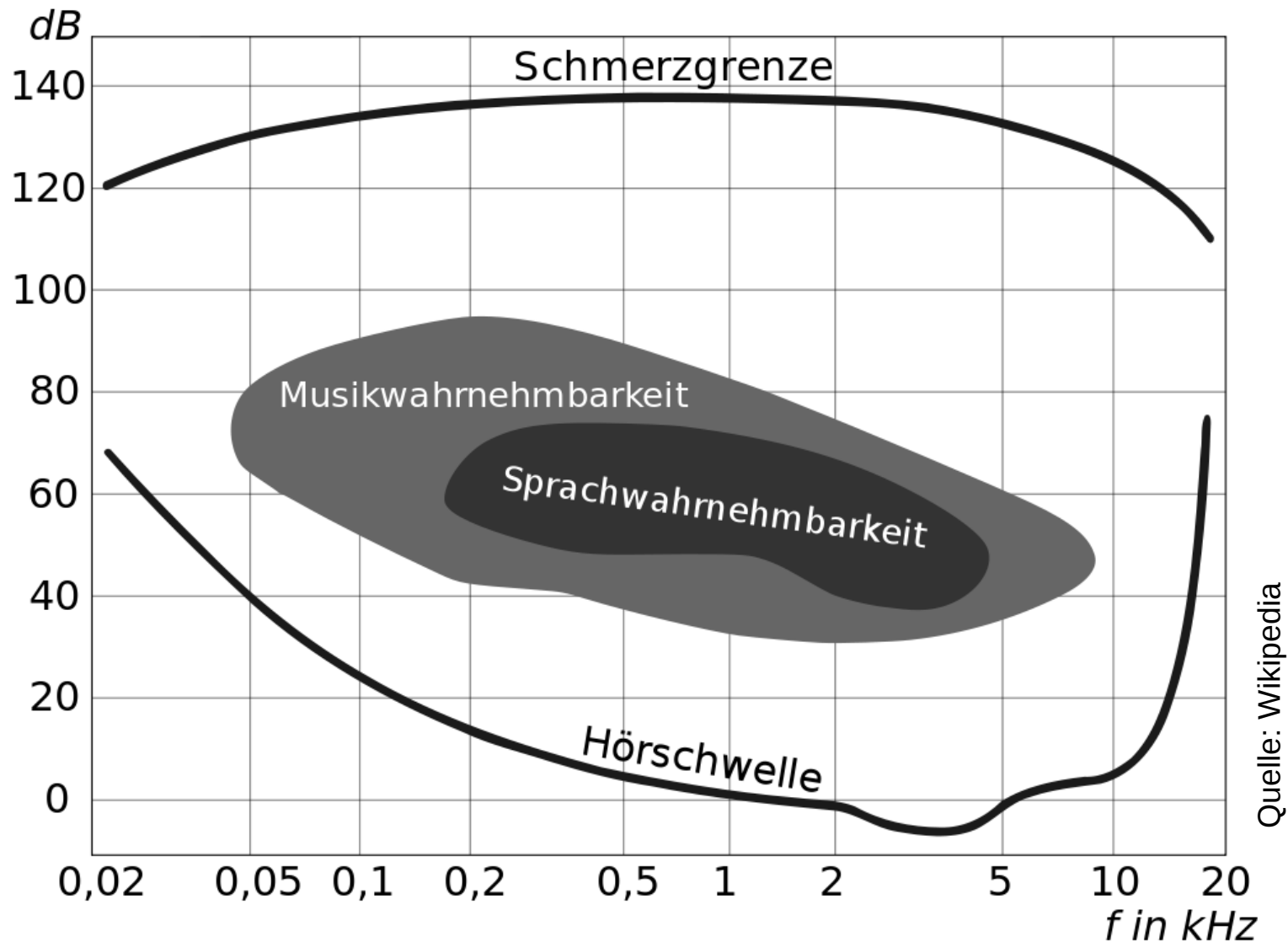
---

- ★ Wahrnehmung und Verarbeitung von akustischen Informationen ähnelt den der Lichtstrahlen
- ★ Frequenzbereich Mensch: 16-21Hz bis 16-19kHz
- ★ Frequenz beeinflusst die Höhe des Tons
- ★ Schalldruckpegel: logarithmisches Maß für die Stärke in deziBel (1/10 eines Bels)
- ★ Normale Unterhaltung 40-60dB
- ★ Akustisches Signal bei 3kHz am besten wahrgenommen



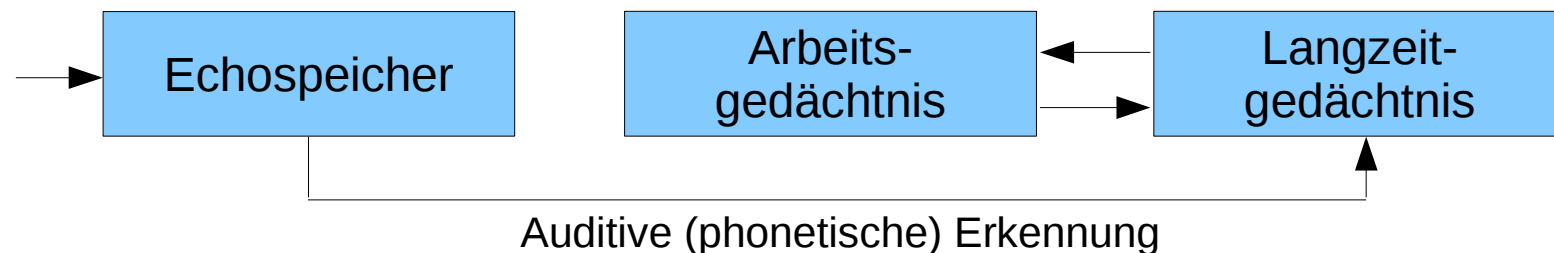
# Auditives System

Ab 85dB Gehörschutz tragen  
In Discos bis zu 130dB gemessen



# Auditives System

- ★ Akustische Information kurzzeitig in **Echospeicher** geschrieben
  - ★ 1500ms gehalten
  - ★ Fünf einzelne Buchstaben, Ziffern oder einfache Wörter
  - ★ Auf Grundlage von Lauten (Vokale dominant)
  - ★ Wird zur Erkennung genutzt



# Auditives System

---

- ★ Aufmerksamkeitslenkende Wirkung
- ★ Für Warnungen und kritische Informationen
- ★ Akustische Wahrnehmung von Sprache ist redundant → Satz wird richtig verstanden, auch wenn einzelne Silben verschluckt werden
- ★ Position von Geräuschquelle

# Arm-Hand-Finger-System

---

- ★ Wie lange benötigt ein Mensch um Selektionsaufgaben durchzuführen
- ★ Beispiel Auto:
  - ★ Fensterheber, Radio einschalten, Sitz verstellen
  - ★ Wie lang ist Autofahrer durch Handlung abgelenkt
- ★ Es wird angenommen, dass Benutzer Bedienung sehr gut kennt
  - wie schwierig ist es für erfahrene Benutzer
- ★ Zur Abschätzung von alternativen Selektionstechniken

# Arm-Hand-Finger-System

---

## ★ Drei Teilaufgaben

- ★ Suche des Zielobjekts → visuelle Suche

- ★ Vorbereitung Bewegung zum Ziel

  - ★ Je weniger Ziele und je stärker unterschieden, desto schneller ist Vorbereitung und Entscheidung

  - ★ Hick-Hyman-Gesetz (1952)

$$t = b \log_2(n+1)$$

$t$  – mittlere Zeit;  $n$  – Alternativen;

$b$  – empirisch bestimmte Konstante

- ★  $b$  abhängig von Erfahrung des Benutzers und Präsentation der Informationen

- ★ In jedem Schritt werden ca. die Hälfte der Ablenker ausgeschlossen

# Arm-Hand-Finger-System

## ★ Drei Teilaufgaben (Fortsetzung)

### ★ Durchführung der Bewegung

#### ★ Fitts' Law (1978)

$$t = a + b \log_2(d/s + 1)$$

$t$  – mittlere Zeit;  $d$  – Anfangsdistanz;

$s$  – Ausdehnung Zielobjekt;

$a$  – Zeit zum Aufnehmen des Zielobjekts (typisch  $a = 50\text{ms}$ )

★  $a$  abhängig von Größe, Gewicht des Zielobjekts und Alter der Testperson

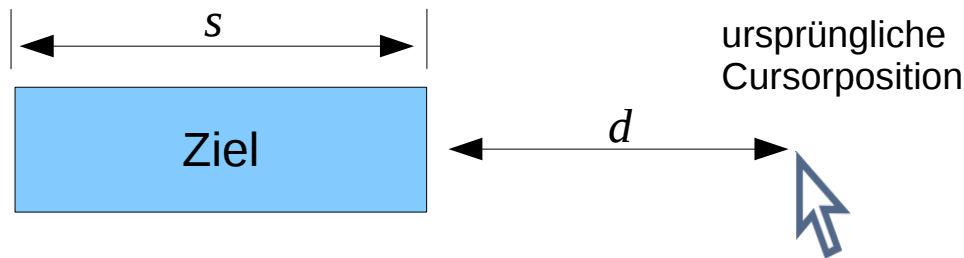
$b$  – Performance des Eingabegeräts

★  $1/b$  – index of performance

★  $\log_2(d/s + 1)$  – index of difficulty

# Arm-Hand-Finger-System

## ★ Durchführung der Bewegung (Fortsetzung)



- ★ Gilt für erfahrene Benutzer
- ★ Wenn Ziel am Bildschirmrand, wird Zeit geringer
  - Cursor ungebremst in Richtung Bildschirmrand bewegt
    - ★ Bei Mac OS X Menüleiste unmittelbar am oberen Rand
      - mittlere Zeit 0,6s
    - ★ Bei Windows 1,2s

# Aufmerksamkeit

---

- ★ **Aufmerksamkeit** ist die Fähigkeit des Menschen, durch **mentale Anstrengung** sensorische oder motorische Effekte zu beeinflussen und dadurch gezielt die **Wahrnehmung von Reizen** (stimuli) zu steuern. Aufmerksamkeit ist eine **begrenzte kognitive Ressource**, die flexibel eingesetzt werden kann [Solso, 1995].
- ★ Möglichkeiten und Grenzen der menschlichen Aufmerksamkeit sind bei sicherheitsrelevanten Systemen besonders wichtig
- ★ Ängste sind kontraproduktiv
  - Berücksichtigung bei Technikgestaltung



# Aufmerksamkeit

---

- ★ Aufmerksamkeit ist eine begrenzte kognitive Ressource
- ★ Kann allokiert werden
- ★ Auf einen oder mehrere Prozesse (geteilte Aufm.)
- ★ Aufmerksamkeit kann schnell gewechselt werden
  - ★ Bei akustischen Signalen besonders schnell
  - ★ Wechsel bewusst oder unbewusst

# Aufmerksamkeit

---

- ★ Parameter für Aufmerksamkeit
  - ★ Hängt von *Wachsamkeit* und *Erregung* ab
  - ★ Bei Stress fällt Aufmerksamkeit ab
  - ★ Optimales Niveau
    - ★ Bei komplexen Aufgaben niedriger
    - ★ Bei einfachen Aufgaben höher (tendenziell unterschätzt)
  - ★ Parallele Prozesse je nach Aufgabe möglich
    - ★ Telefonieren und schreiben → möglich
    - ★ Zwei Gesprächen zuhören → eher nicht

# Aufmerksamkeit

---

- ★ Aufmerksamkeit bei visueller Wahrnehmung
  - ★ Aufmerksamkeit durch Bewegung angezogen
    - Einblenden einer Meldung am Bildschirmrand reicht (E-Mail)
  - ★ Größe von Objekten relevant
    - Schrift bei Meldungen am Bildschirm

# Aufmerksamkeit

---

- ★ Aufmerksamkeit bei akustischer Wahrnehmung
  - ★ Man kann sich auf eins von mehreren Gesprächen konzentrieren
  - ★ Fällt z.B. sein Name in einem Gespräch
    - Mensch nimmt alle einströmenden Reize wahr und verarbeitet diese grob
  - ★ Erst danach findet eine Filterung statt
  - ★ Was wird ohne Aufmerksamkeit behalten
    - ★ Frauen- oder Männerstimme
    - ★ Inhalt in der Regel nicht
  - ★ Blick in Richtung aus der Geräusch kommt

# Aufmerksamkeit

---

- ★ Notwendige Aufmerksamkeit für Bedienung von Software oder Gerät sollte minimal sein
- ★ Software oder Gerät oft nur unterstützend
- ★ Zwei Ziele:
  - ★ Benutzer sollte nicht allzu leicht von Arbeit mit interaktiven System abgelenkt werden
  - ★ Nach Unterbrechung sollte es einfach möglich sein, die Arbeit an der *richtigen* Stelle wieder aufzunehmen

# Aufmerksamkeit

---

## ★ Grundsätze

- ★ Benutzungsschnittstelle strukturiert, übersichtlich und einfach
- ★ Oberfläche sollte Arbeitsfortschritt zeigen
  - welche Schritte sind bereits erledigt (Überarbeitungsmodus, Versionierung)

# Aufmerksamkeit

---

- ★ Wechsel von Eingabegeräten sollten auf ein Mindestmaß reduziert werden
  - benötigen Aufmerksamkeit
- ★ E-Mails sollten weder eingeblendet noch akustisch signalisiert werden
  - starker Fokuswechsel, wenn E-Mail bearbeitet
- ★ Wer blind Schreibmaschine schreiben kann, soll auch besser Programmieren können
  - Aufmerksamkeit liegt dann voll bei Inhalt und nicht bei Tastatur

# Einflussfaktoren



sind zu  
minimieren

- ★ **Magisches Denken** – Mangels genauer Kenntnis der Ursache werden Phänomene verantwortlich gemacht (abstürzen eines Programms)
- ★ **Kognitive Dissonanz** – nach Entscheidung werden positive Argumente bestärkt und negative verharmlost – ein teures System muss besser sein als ein preiswerteres
- ★ **Adaption** – ein bekanntes System wird immer besser sein als eins, an das man sich gewöhnen muss
- ★ **Hawthorne-Effekt** – Menschen strengen sich besonders bei neuem oder ungewöhnlichen an



# Adaptive Control of Thought

---

- ★ Adaptive Kontrolle des Denkens
- ★ [Anderson, 1976, 1983]
- ★ Beschreibt, was die Gedanken des Menschen steuert, insbesondere, wenn er Handlungen erlernt und ausführt

# Adaptive Control of Thought

---

## ★ Produktionen

- ★ Gespeichert im Langzeitgedächtnis

- ★ Deklaratives Wissen

  - ★ Beschreibt Fakten

  - ★ „Der Pinguin ist eine Vogel.“

- ★ Prozedurales Wissen

  - ★ Bedingungsteil und Aktionsteil

  - ★ „Wenn man abbiegen will, dann sollte geblickt werden.“

  - ★ „Wenn man blinken will, dann muss man den Blinker bewegen.“

# Adaptive Control of Thought

---

## ★ Fertigkeiten

- ★ Menge von Produktionen, die Handlung steuern
- ★ Z.B. Fahrradfahren, Klavier spielen, Schwimmen
- ★ Mit geringer bewusster Kontrolle ausgeführt
- ★ Nicht gesamte Aufmerksamkeit notwendig – dennoch umfangreiche Berechnungen notwendig
- ★ Anwendung unberechenbar  
(im Gegensatz zu reflexartigen Vorgängen)

# Adaptive Control of Thought

---

## ★ Ziele

- ★ Zustände durch Handlungen herbeigeführt
- ★ Handlungen eine Folge von Aktionen
- ★ Arbeitsgedächtnis kann maximal 3-4 Ziele speichern
- ★ Eines ist dabei Gegenstand der Aufmerksamkeit
- ★ Ziele können durch Unterbrechung vergessen werden
- ★ Ziele werden auf aktuellen Kontext angepasst

# Adaptive Control of Thought

---

## ★ Konfliktlösungsprozess

- ★ Abhängig von aktuellen Zielen und anderen Daten im Arbeitsgedächtnis werden Produktionen im Langzeitgedächtnis ausgewählt.
- ★ Auswahl von Produktionen ist Form der Mustererkennung
  - ★ *Grad der Übereinstimmung*
  - ★ *Stärke der Produktion*
  - ★ *Spezifität der Produktion*
  - ★ *Zieldominanz*
- ★ Beispiel: Parkplatzwahl in der Nähe der Wohnung

# Adaptive Control of Thought

---

## ★ Prozedurales Lernen

★ Lernen von Produktionen und Fähigkeiten

### ★ *Deklarative Phase*

- ★ Handlungsanweisungen zum Problem erfassen
- ★ Belastung Arbeitsgedächtnis hoch
- ★ Interaktion mit vorhandenen Wissen
- ★ Intensive Auseinandersetzung führt zum Vergessen und damit auch zum Wiederholen
- ★ Möglichkeit zum explorativen Lernen bieten

# Adaptive Control of Thought

---

## ★ Prozedurales Lernen (Fortsetzung)

### ★ *Wissenskomplikation*

- ★ Verknüpfen und anpassen von Produktionen
- ★ Mehrere erlernte Produktionen im Zusammenhang anwenden
- ★ Makrobildung – mehrmaliges wiederholen von Aktionsfolgen → verknüpfen von mehreren Produktionen
  - ★ Verallgemeinerung oder Spezialisierung von Produktionen
  - ★ Produktionen können mit Variablen oder Konstanten versehen werden
- ★ Folge von Aktionen kann teilweise automatisch ablaufen
- ★ Nachteilig, wenn Reihenfolge der Produktionen ungünstig

# Adaptive Control of Thought

---

## ★ Prozedurales Lernen (Fortsetzung)

### ★ *Anpassung*

- ★ Korrektur kleiner Fehler aus *deklarativer Phase*
- ★ Änderungen aufgrund von Umfeld
- ★ Stärkung von Produktionen die besonders effektiv waren
- ★ Schwächung von Produktionen mit Misserfolg



# Adaptive Control of Thought

---

## ★ HCI-Regeln

- ★ Explizite Handlungsanweisungen geben
- ★ Beispiele sind eine gute Ergänzung
- ★ Rückmeldung über Ergebnis → Produktion stärken
- ★ System soll exploratives Untersuchen ermöglichen
- ★ Automatisches Ausführen erlernter Fertigkeiten nur an besonders wichtigen Punkten unterbrechen
- ★ Wird ein System nicht verstanden, wird Arbeitsgedächtnis belastet und es entstehen Fehler
- ★ Experte hat andere Anforderungen als Anfänger

# Fehler bei geübten Handlungen

---

## ★ Fehler durch

- ★ Auswahl einer falschen Produktion
- ★ Vergessen von Zielen
- ★ Andere Daten im Arbeitsgedächtnis

# Fehler bei geübten Handlungen

---

## ★ Fehlerarten

### ★ *Verwechslungsfehler*

- ★ Bei physikalisch, funktional oder topologisch ähnlichen Objekten
- ★ Häufig bei Routineaufgaben
- ★ Falscher Zeitpunkt, falsches Ziel, falsche Parameter
  - gleiche Eingabe aber andere Wirkung
  - wenn sich Bedienhandlungen stark ähneln
  - nach Änderungen auch Gewohnheitsfehler

# Fehler bei geübten Handlungen

---

## ★ Fehlerarten (Fortsetzung)

### ★ *Beim Zusammenstellen einer komplexen Handlung*

- ★ Vertauschte oder falsch kombinierte Aktionen
- ★ Vertauschte Parameter
- ★ Nicht sehr häufig

### ★ *Testfehler*

- ★ Unterlassene oder ungenaue Prüfung von Zwischenergebnissen
- ★ Aktionen zu früh (häufiger) oder zu spät abgebrochen
- ★ Beispiel: Wechselgeld beim Einkaufen → Hauptziel erledigt

# Fehler bei geübten Handlungen

---

## ★ Fehlerarten (Fortsetzung)

### ★ *Unterprogrammfehler*

- ★ Überflüssige Aktionen eingeführt
- ★ Notwendige Aktionen weggelassen
- ★ Menge der Aktionen stimmt nicht mit Ziel überein
- ★ Häufig, wenn einzelne Aktionen sehr lange dauern

### ★ *Speicherfehler*

- ★ Vergessen bereits ausgeführter Aktionen, des Hauptziels oder des Teilziels
- ★ Häufigste Fehlerursache (ca. 40%)
  - transparente Dialoghistorie
  - Sequenzen von Aktionen darstellen
  - Entstehung des Hauptziels anzeigen

# Fehler bei geübten Handlungen

---

## ★ Fehlerarten (Fortsetzung)

### ★ *Sensorische Fehler*

- ★ Bei Koordinierung und Steuerung von Bewegungen

- ★ Beispiel

  - ★ Buchstaben auslassen oder vertauschen

  - ★ Bei Nutzung von Mauszeiger

### ★ *Unaufmerksamkeit*

- ★ Durch Änderung der Aufmerksamkeit

- ★ Vor allem bei automatischer Abarbeitung

- ★ Beispiel: Geldautomat zuerst Karte dann Geld

  - Einführen von kritischen Kontrollpunkten  
(Sicherheitsabfragen)

# Fehler bei geübten Handlungen

---

## ★ Fehlerarten (Fortsetzung)

### ★ *Interlektuelle Fehler oder Denkfehler*

★ Durch mangelndes Verständnis

## ★ HCI-Regeln

★ Bedienkonzept, dass Aufmerksamkeit fördert

★ Folgen von schweren Fehlern bedenken  
(Risikoanalyse)

★ Sicherheitsabfragen

# Literatur

---

- ★ B. Preim und R. Dachzelt: Interaktive Systeme, 2. Auflage, Springer, 2010
- ★ Balzert, Heide: Webdesign & Web-Ergonomie. W3L GmbH, 2004