



# Grundlagen menschlicher Informationsverarbeitung

## Informationsdarstellung



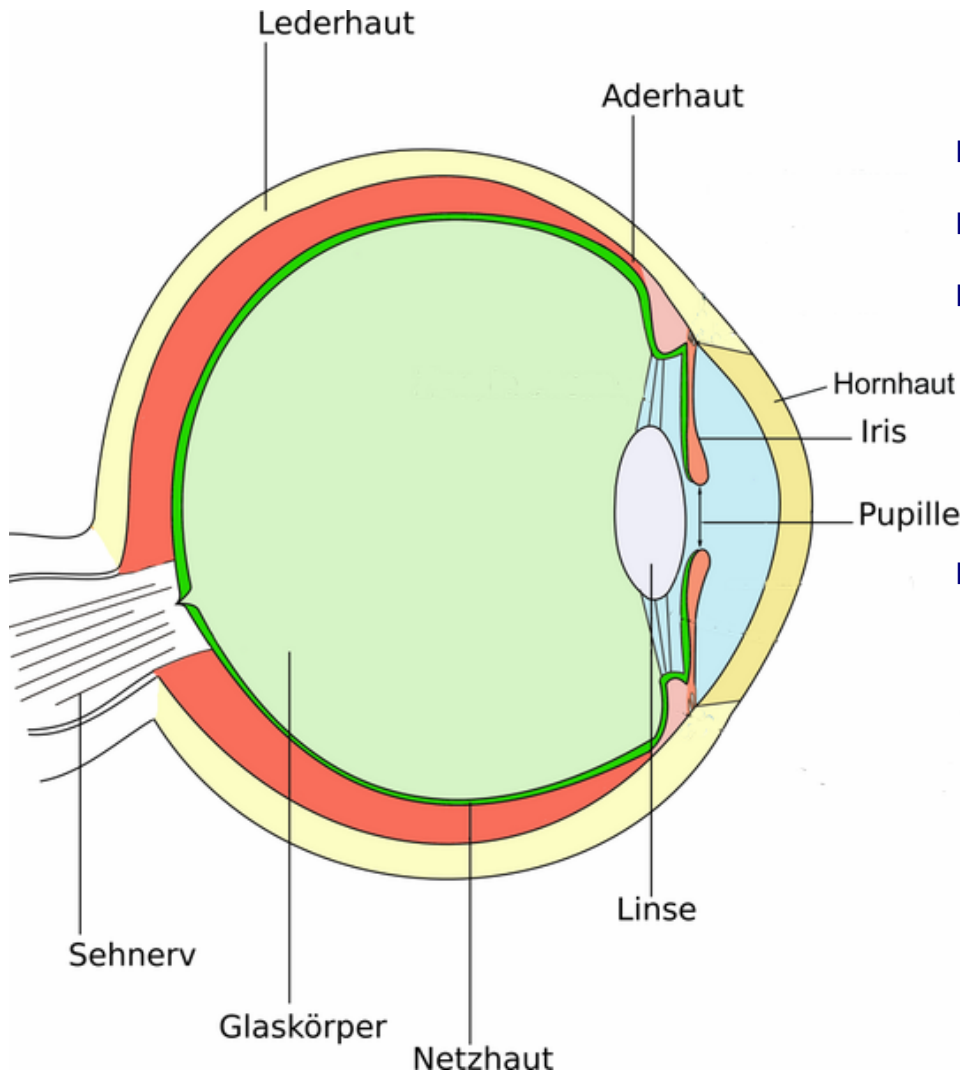
# Grundlagen menschlicher Informationsverarbeitung Informationsdarstellung

- Sehvermögen
- visuelle Wahrnehmung
- Gedächtnis
- Motorik

# Sehvermögen

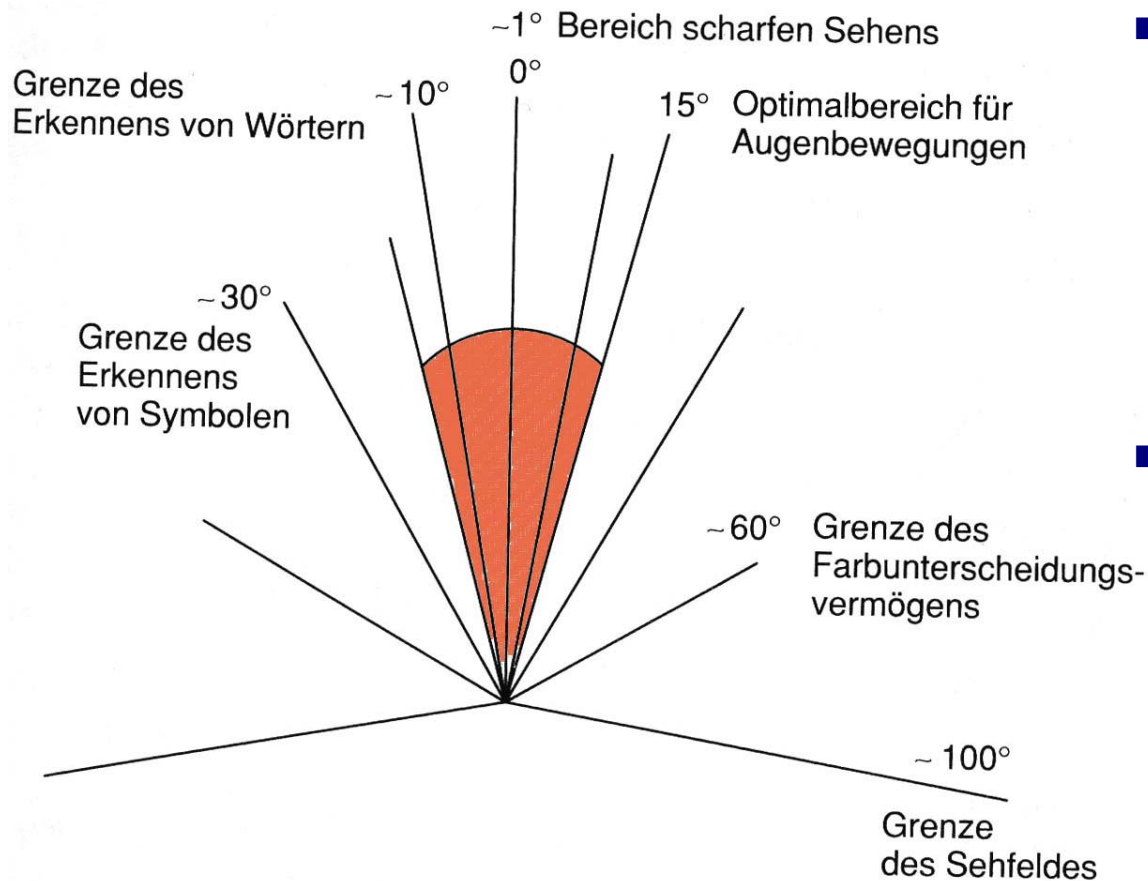
- Das menschliche Auge
- Sehfeld
- Sehschärfe
- Blickfixation
- Blinder Fleck
- Exkurs Licht
- Hell-Dunkel-Sehen
- Einzelbildverschmelzung
- Farbsehen

# Das menschliche Auge



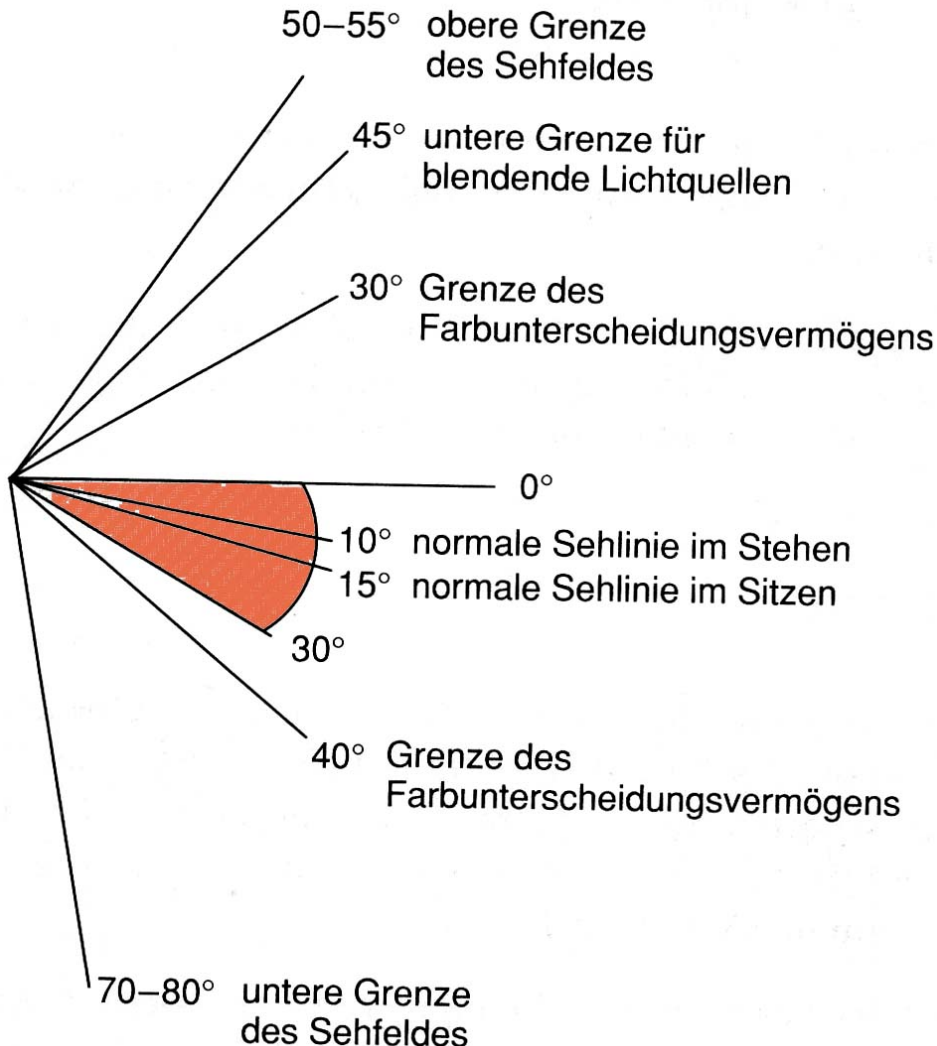
- Licht fällt durch Pupille ins Auge
- Iris regelt Menge an Licht, die einfällt
- Linse
  - ◆ fokussiert, stellt Brennweite ein
  - ◆ projiziert Lichtstrahlen auf Netzhaut
- Kamera funktioniert ähnlich wie Auge
  - ◆ Blende → Iris
  - ◆ Objektiv → Augenlinse
  - ◆ Film bzw. CCD-Chip → Netzhaut
  - ◆ *Signalverarbeitung*:  
Prozessor der Digitalkamera  
→ Gehirn

# Horizontales Sehfeld



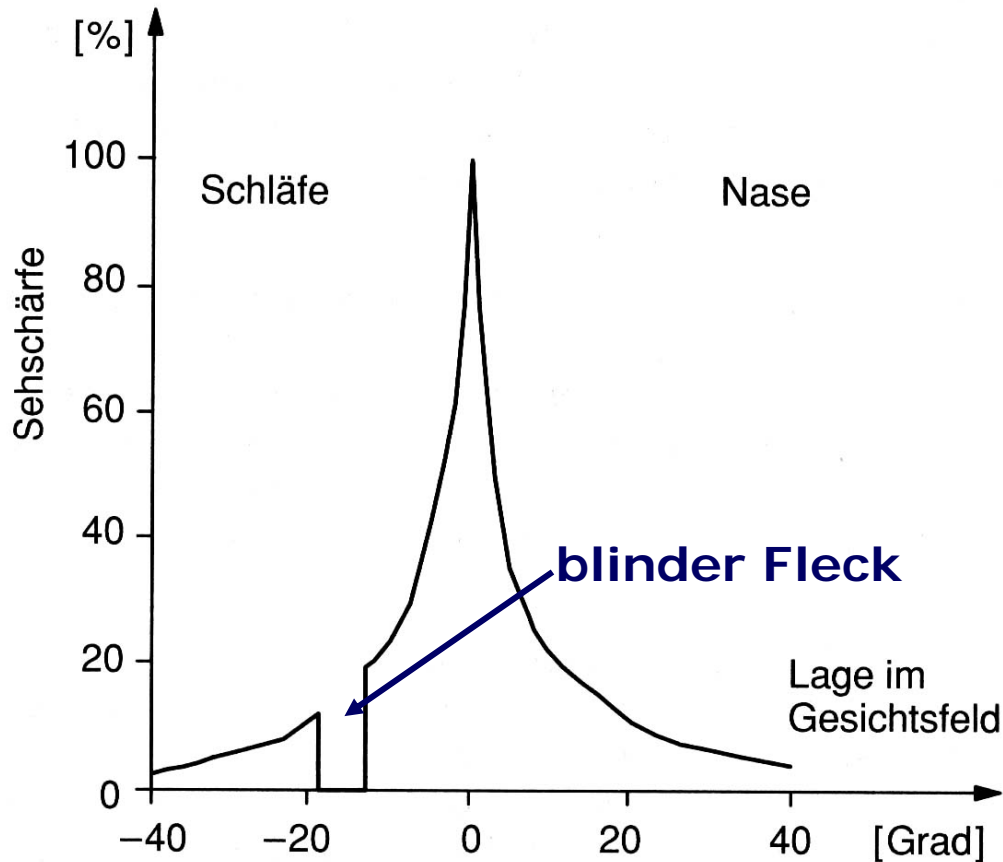
- Optimalbereich für Augenbewegungen:  $\pm 15^\circ$ 
  - ◆ In diesem Bereich sollten visuelle Darstellungen angeordnet sein.
- Bereich scharfen Sehens:  $< 1^\circ$

# Vertikales Sehfeld



- Optimalbereich für Augenbewegungen: 0 - 30° nach unten
  - ◆ In diesem Bereich sollten visuelle Darstellungen angeordnet sein.
- Normale Sehlinie im Sitzen: 15°
  - ◆ Position des Monitors!
- Untere Grenze für blendende Lichtquellen: 45°
  - ◆ EDV-Beleuchtung

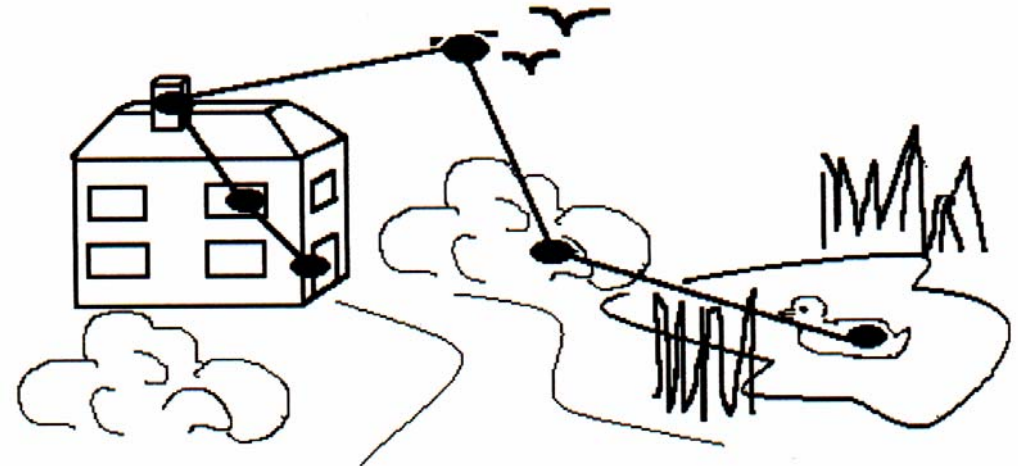
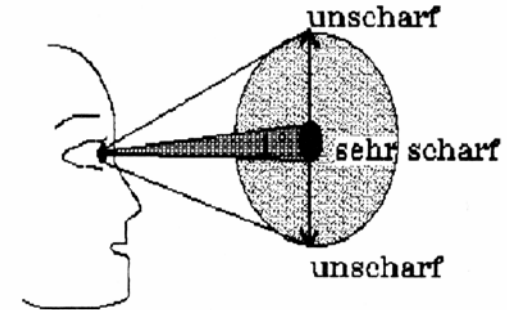
# Sehschärfe im Gesichtsfeld



- Scharfes Sehen ist praktisch nur bei zentraler Betrachtung eines Objekts möglich.
- Der Bereich des scharfen Sehens beträgt weniger als  $1^\circ$ .

# Blickfixation

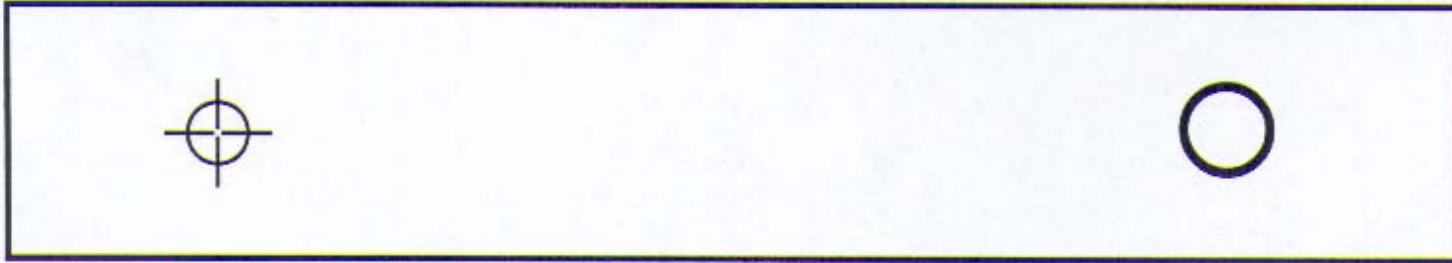
- Nur kleiner Bereich auf dem Bildschirm kann scharf wahrgenommen werden
  - ◆ sprunghafte Blickfixation bei größeren Bereichen
  - ◆ Pfade werden durch Erwartung oder Grobstruktur bestimmt
    - Keine Erwartung /keine Grobstruktur → zeitintensive und erschöpfende Informationsaufnahme
- auch Farbwahrnehmung in der Peripherie abgeschwächt
- Bewegungsempfindlichkeit nimmt in der Peripherie zu
  - ☞ Nicht Blickfixation durch blinkende Objekte auf irrelevante Punkte lenken!





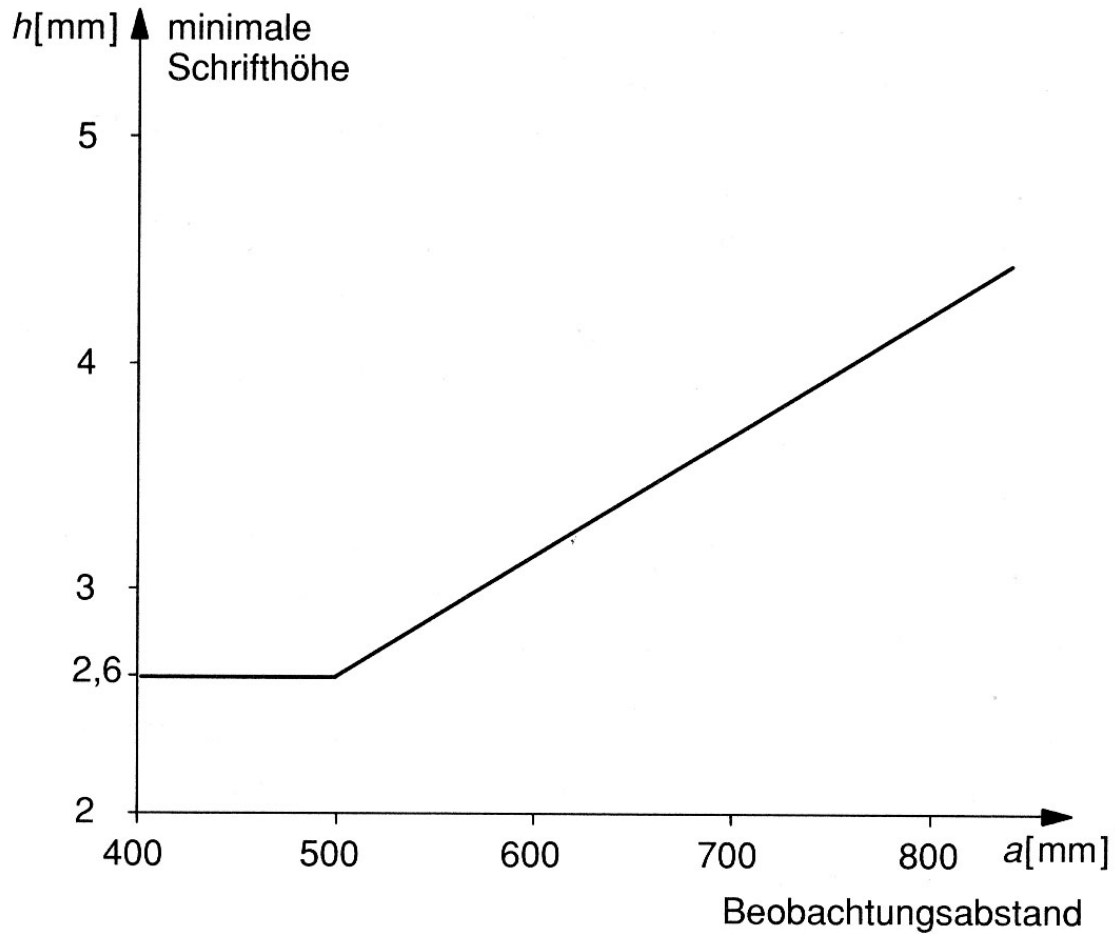
# Blinder Fleck

- An der Austrittsstelle der Sehnervenfasern keine Rezeptorzellen  
☞ „blinder Fleck“



- Deckt man das rechte Auge mit einer Hand ab und fixiert den rechten Kreis mit dem linken Auge aus einer Entfernung von ca. 30 cm, so fällt das Fadenkreuz auf die Stelle des blinden Fleckes und wird nicht mehr wahrgenommen.

# Darstellung von Text



# Darstellung von Text

- Schriftgröße: min. 8 Punkt
  - ◆ Großbuchstaben: min. 7 Pixel hoch, min. 5 Pixel breit (Ausnahme: I)
  - ◆ Kleinbuchstaben mit Unterlängen um 30% der Schrifthöhe nach unten verlängern
  - ◆ Zeichenbreite ca. 70%, min. 50% (Ausnahme: I, f, i, j, l, t)
- Die verwendeten Zeichen müssen verwechslungssicher sein.
- Zeilenabstand: 15-20% der Schrifthöhe
- Abstand zwischen zwei Wörtern bei Proportionalschriften: Breite von „N“
- Anzahl der Zeichen pro Zeile: max. 60
- Textparagrafen sollten durch Leerzeilen getrennt werden.
- Fortlaufender Text mit Flatterrand und gleichen Abständen zwischen den Wörtern ist leichter zu lesen als ein Text mit gleicher Zeilenlänge und variablen Abständen zwischen den Wörtern (Blocksatz).

# Exkurs Licht: Farbtemperatur

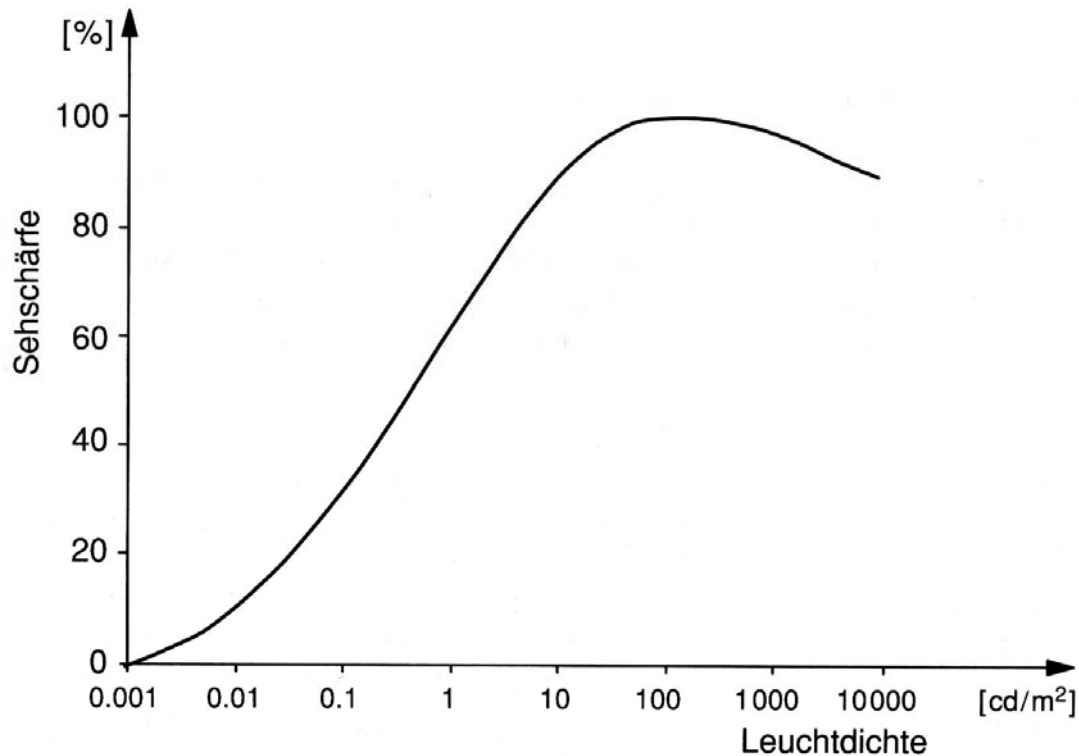
Beleuchtung (Lichtquellen)	Farbtemperatur
Sonne (Aufgang und Untergang)	1 000 Kelvin
Kerzenlicht	1 900 Kelvin
Glühlampe (100 Watt)	2 800 Kelvin
Halogenstrahler	3 200 Kelvin
Leuchtstofflampe (Weiss)	4 500 Kelvin
Xenonlampe	6 100 Kelvin
Stark bedeckter Himmel	6 500 Kelvin
Blauer Himmel (diesig)	9 000 Kelvin
Blauer Himmel (klar)	25 000 Kelvin

- Farbtemperatur in Kelvin zur Charakterisierung von Lichtquellen
  - ◆ hohe Farbtemperatur
    - hoher Blauanteil ☞ hartes Licht
  - ◆ niedrige Farbtemperatur
    - hoher Rotanteil ☞ weiches Licht

# Exkurs Licht: Lichttechnische Maße

- **Lichtstrom  $\Phi$** 
  - ◆ Lichtmenge (Anzahl der Photonen) pro Zeiteinheit
    - ☞ Einheit: Lumen (lm)
- **Beleuchtungsstärke**
  - ◆  $E = \Phi/A$ : Lichtstrom pro Flächeneinheit
    - ☞ Einheit: Lux (lx) = lm/m<sup>2</sup>
    - ☞ z.B. min. 500 Lux für Büroarbeitsplätze
- **Lichtstärke**
  - ◆ Lichtstrom *einer Lichtquelle* pro Raumwinkeleinheit
    - ☞ Einheit: candela (cd)
    - 1 cd  $\approx$  Lichtstärke einer brennenden Stearinkerze
    - ☞ 40 Watt-Glühbirne: 30 cd
- **Leuchtdichte (luminance)**
  - ◆ Lichtstärke pro Flächeneinheit *einer Lichtquelle*
    - ☞ Einheit: cd/m<sup>2</sup>
    - ☞ fotometrische Maß für Helligkeit

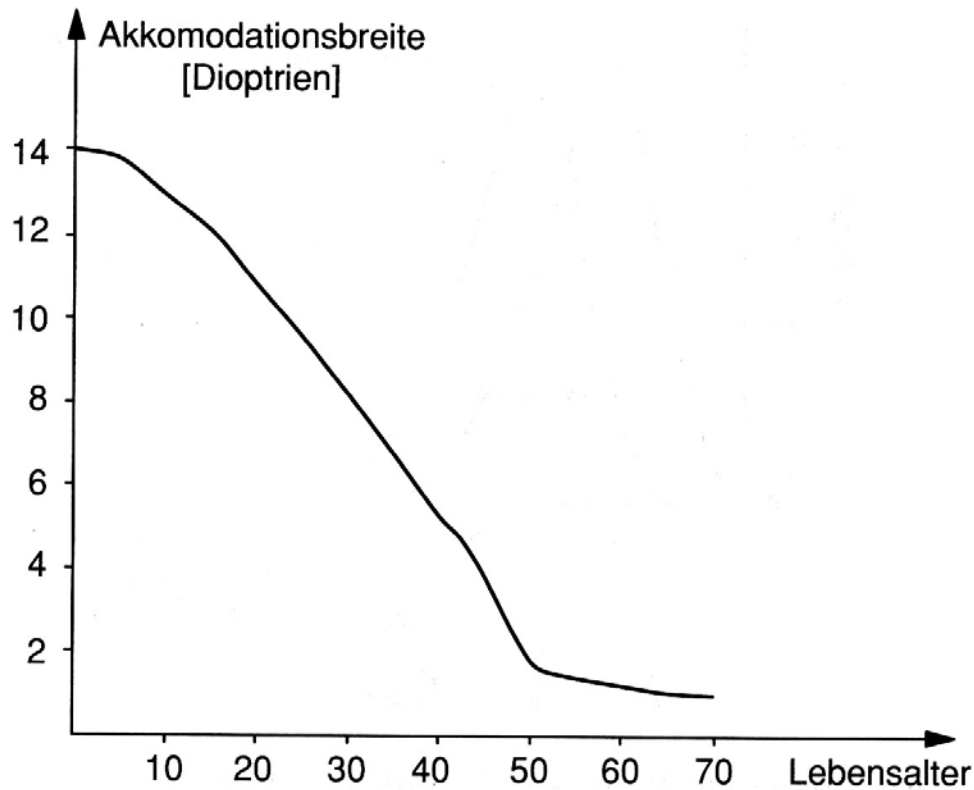
# Sehschärfe in Abhängigkeit von der Leuchtdichte



- Die Sehschärfe ist abhängig von der Leuchtdichte bzw. Beleuchtungsstärke
- Maximum bei 100-150 cd/m<sup>2</sup>
- Eine Leuchtdichte von etwa 100 cd/m<sup>2</sup> ist für Bildschirme günstig.

# Sehschärfe:

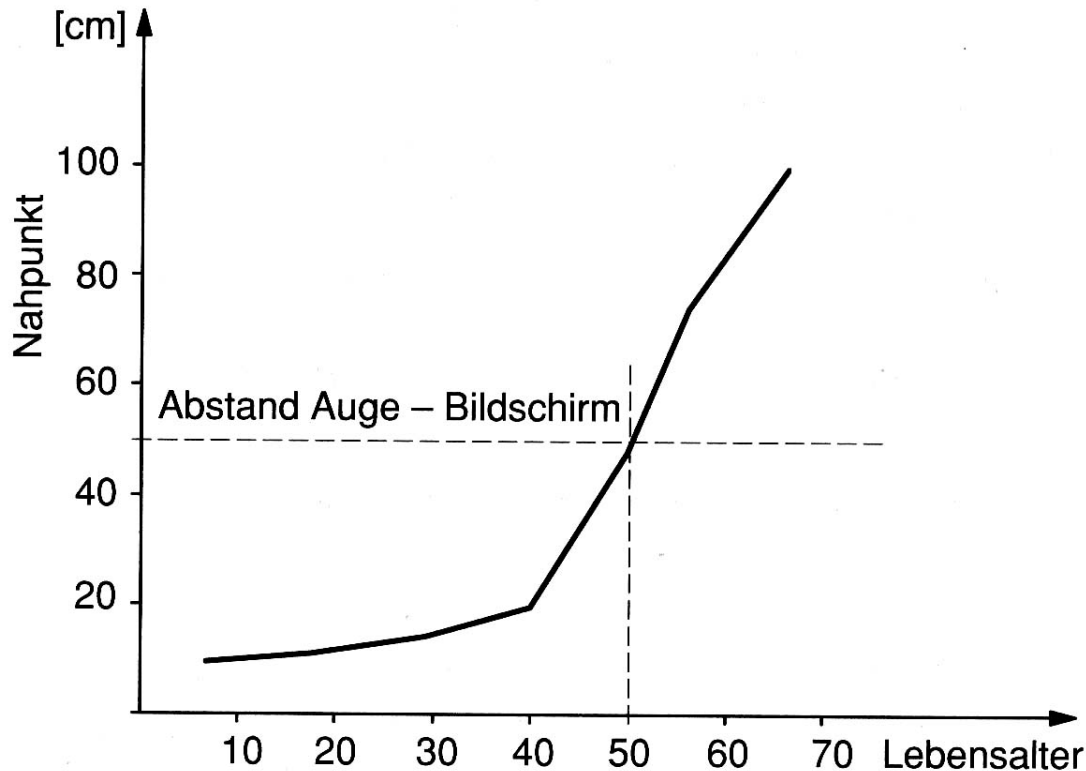
## Akkommodationsbreite in Abhängigkeit vom Alter



- **Akkommodationsbreite** (*Scharfeinstellungsvermögen*): Vermögen des Auges, in verschiedenen Abständen scharf zu sehen
- stark altersabhängig
- ☞ Die Ebenen von Bildschirm, Tastatur und anderer Arbeitsmittel sollten in etwa gleichem Abstand zu den Augen liegen.

# Sehschärfe:

## Nahpunkt in Abhängigkeit vom Alter

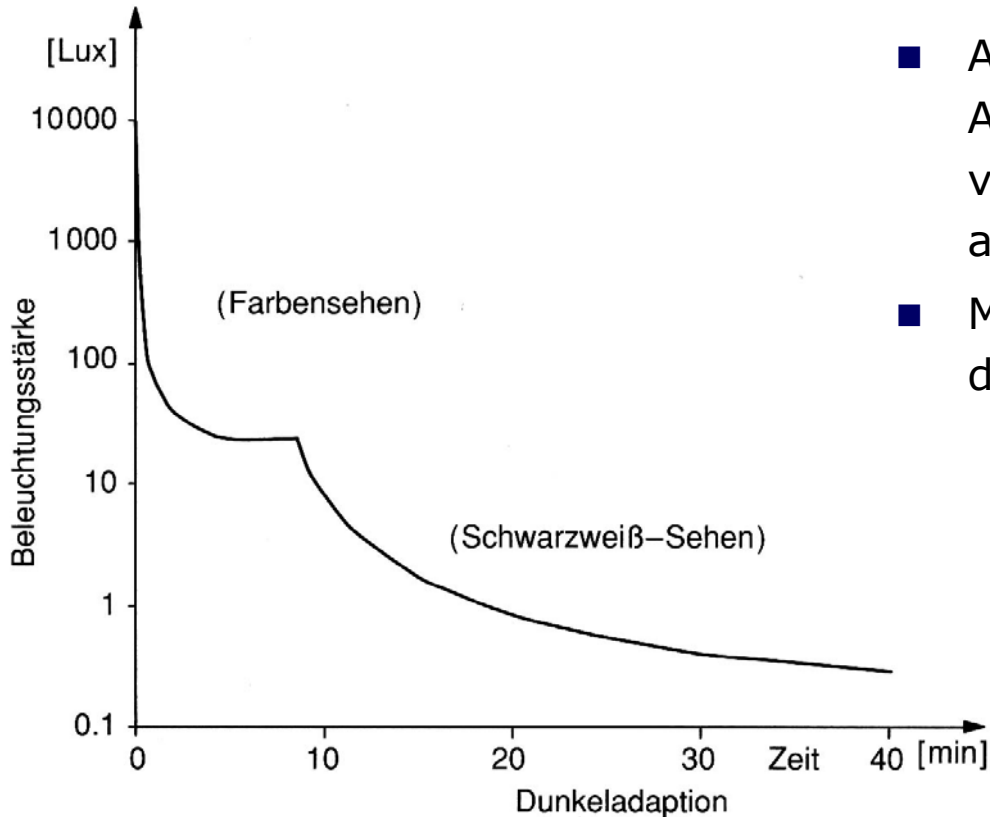


- *Nahpunkt:*  
geringste Entfernung, an der noch scharf gesehen werden kann
- ab einem Alter von etwa 50 Jahren: Nahpunkt > 50 cm  
☞ Sehhilfe!



# Hell-Dunkel-Sehen:

## Adaptionsfähigkeit in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke



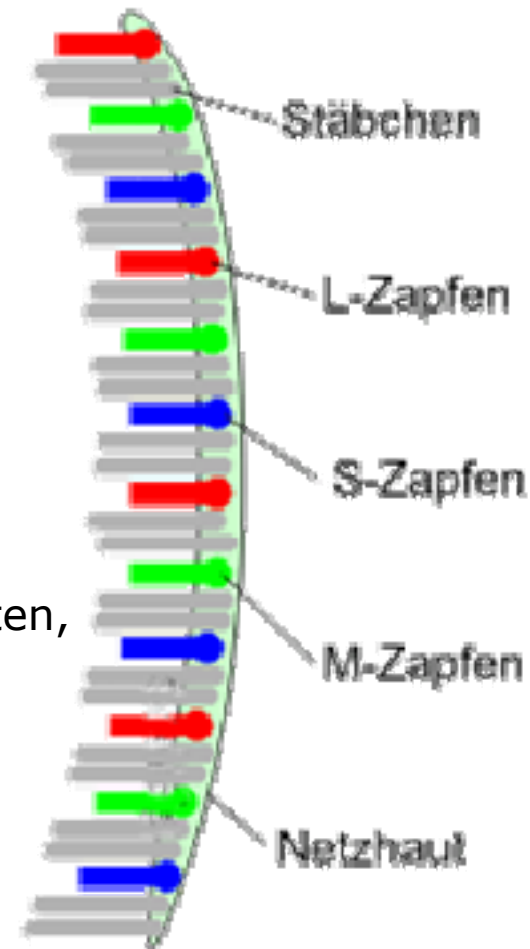
- Adaption: Vermögen des menschlichen Auges, sich an in der Helligkeit veränderliche Sehverhältnisse anzupassen
- Mit fallender Beleuchtungsstärke nimmt die Adaptionfähigkeit rapide ab!
  - ◆ intensive Arbeitsplatzbeleuchtung: 500 – 1000 Lux
  - ◆ Angleichung der Helligkeiten verschiedener Arbeitsmittel
    - Arbeitsweise mit Bildschirm und Papier: dunkle Schrift auf hellem Hintergrund
    - Bildschirm und Tastatur: helle Farbe

# Einzelbildverschmelzung

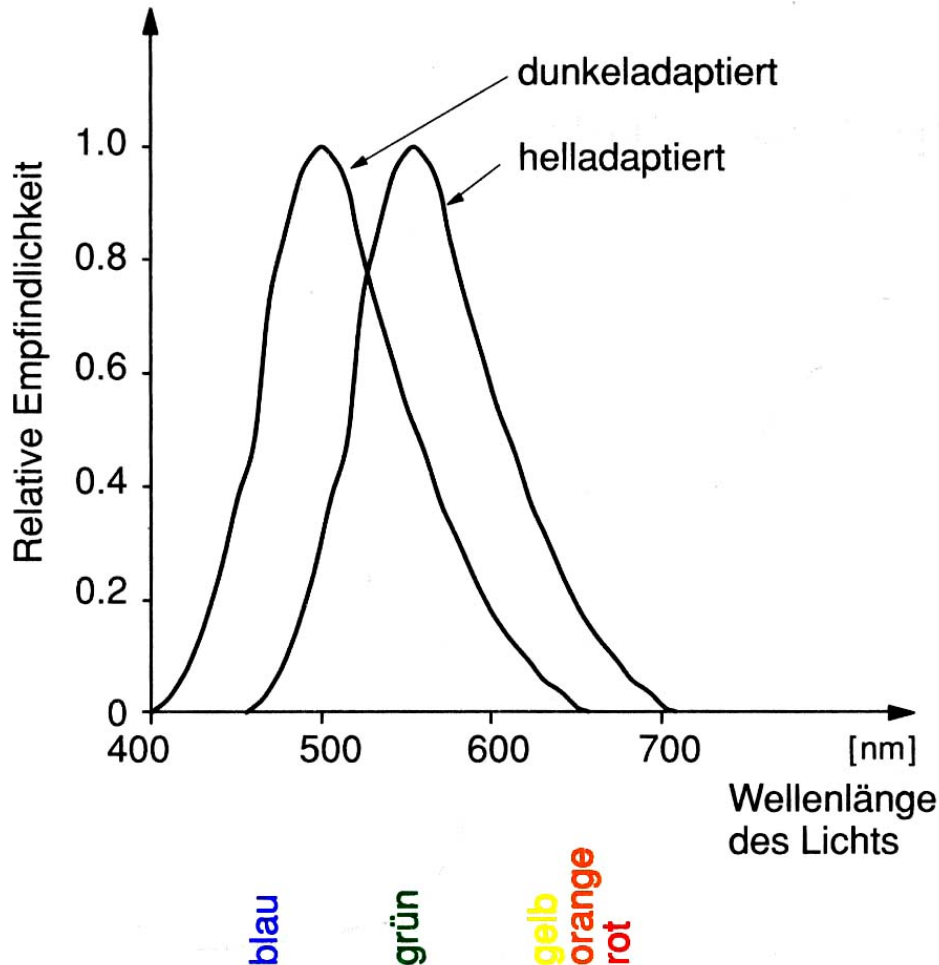
- Trägheit der chemischen Prozesse beim Sehen:  
ab einer bestimmten Bildwechselfrequenz werden aufeinanderfolgende Bilder verschmolzen
  - ◆ dunkeladaptierten Auge: 20 Hz
  - ◆ helladaptierten Auge bei etwa 70 Hz
    - ☞ Bildschirme:  
Bildwiederholffrequenz von mindestens 70 Hz

# Die Netzhaut

- lichtempfindliche Schicht des Auges
- auftreffendes Licht wird in Nervenimpulse umgewandelt
- ca. 116 Mio. lichtempfindliche Fotorezeptoren
  - ◆ **Zapfen** (5 %): Farbsehen
    - Menschen sind **Trichromaten**
      - rotempfindliche L-Zapfen (**L**ong)
      - grünempfindliche M-Zapfen (**M**edium)
      - blauempfindliche S-Zapfen (**S**hort)
    - Nervensystem kombiniert Reize der 3 Zapfenarten, um einfallendem Licht eine Farbe zuzuordnen.
  - ◆ **Stäbchen** (95 %): spezialisiert auf das Sehen bei schwacher Beleuchtung
    - ☞ Stäbchen sind 1000 mal lichtempfindlicher als Zapfen
    - ☞ Stäbchen nur Helligkeitssensibel, nicht farbsensibel
      - „Nachts sind alle Katzen grau.“



# Farbsehen: relative Farbempfindlichkeit des Auges



- Auge besitzt unterschiedliche Sensibilität für die Farben des Spektrums
- *Farbsensibilität* ändert sich mit dem Adaptionszustand bzgl. der Umgebungshelligkeit
  - ◆ hell adaptiertes Auge:
    - höchste Empfindlichkeit im Bereich Grün bis Gelb
    - relativ unempfindlich für Blau und Rot
  - ◆ dunkel adaptiertes Auge:
    - höchste Empfindlichkeit näher im Farbbereich Blau bis Grün

# Farbsehen:

## relative Farbempfindlichkeit des Auges

- Farbempfindlichkeit der Netzhautperipherie:
  - ◆ Rot und Grün gering, Blau und Gelb gut
  - ☞ Rot und Grün nicht für wichtige Objekte am Sehfeldrand verwenden!
- Farbempfindlichkeit des Auges nimmt mit zunehmendem Alter ab.
  - ☞ Farben mit niedriger Farbsättigung bei älteren Benutzern nicht als relevante Farbcodierung verwenden!

# Einsatz von Farbe

- Grundsätzlich: Sparsame Verwendung von Farben als Codierungsform.
  - ◆ Starke Aufmerksamkeitssteuerung durch Farben!
- Farbe mit einer festen Bedeutung verbinden und konsistent einsetzen  
max. 5 bedeutungstragende Farben verwenden.
- Rangfolge der Helligkeit: Weiß, Gelb, Cyan, Grün, Magenta, Rot, Blau, Schwarz
- Extreme Farbkombinationen vermeiden:
  - ◆ keine Komplementärfarben
  - ◆ Keine Farbkombinationen mit geringem Kontrast

# Einsatz von Farbe

- Farben nicht für die Unterscheidung kleiner Darstellungen verwenden.
- Rot und Blau nur für Flächen und nicht für Texte und dünne Linien
- Rot und Blau nicht gleichzeitig verwenden, da das Auge nicht gleichzeitig auf beide fokussiert werden kann.
- Text auf hellem Hintergrund: Schwarz (Magenta, Rot)
- Text auf dunklem Hintergrund: Weiß (Gelb, Cyan, Grün)
- Warme Farben (Rot bis Orange) wirken näher und erzeugen mehr Aufmerksamkeit als kalte Farben (Grün bis Blau).
- Je höher die Farbsättigung, desto besser und schneller ist die Erkennung.
- Systementwurf zunächst monochrom, danach farbig
  - ◆ 8 % der Bevölkerung sind farbenblind!

# Einsatz von Farbe

- **Rot: Alarm**
  - ◆ Blinkend, falls sofortige Reaktion erforderlich
- **Gelb: Vorsicht**
  - ◆ Grenzsituation; Vorsicht ist geboten
- **Grün: in Ordnung**
  - ◆ Volle Funktionsfähigkeit; Zustand ist zufriedenstellend
- **Weiß: [unbestimmt]**
  - ◆ Nicht definierbarer Zustand; Übergangszustand; Darstellung von Alternativen
- **Blau: Hilfsfarbe**
  - ◆ Farbe am besten vermeiden

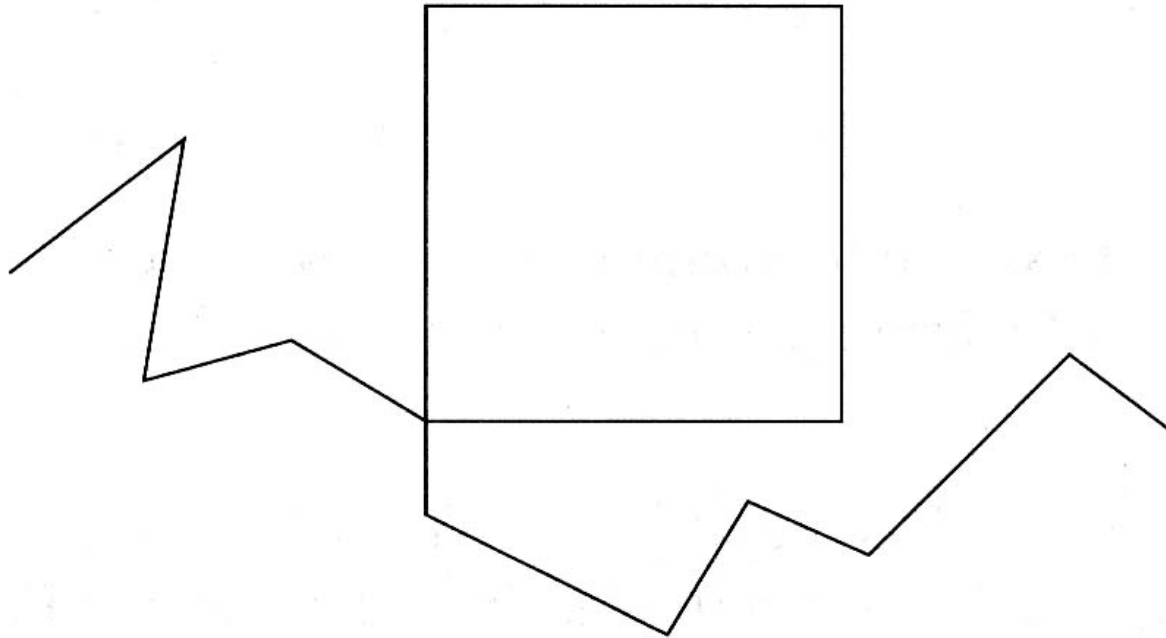


# Visuelle Wahrnehmung

- **Gestaltgesetze nach Wertheimer**

- ◆ *Gesetz von der guten Gestalt*
- ◆ *Gesetz der Gleichheit*
- ◆ *Gesetz der Nähe*
- ◆ *Gruppierung*
- ◆ *Isolation*

# Gesetz von der guten Gestalt



- Der Betrachter bildet Gruppen von Darstellungselementen aufgrund einer Neigung zu Einfachheit, Regelmäßigkeit, innerem Gleichgewicht, Symmetrie und Geschlossenheit von Formen.

# Gesetz der Gleichheit



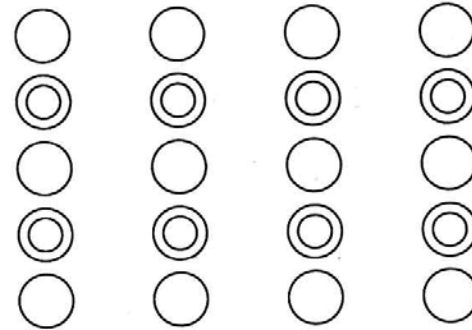
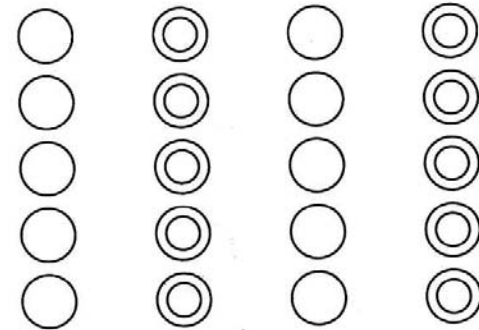
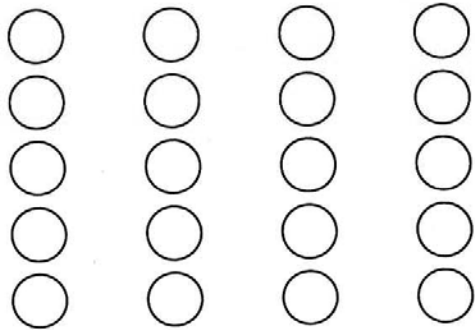
- Das *Gesetz der Gleichheit* drückt die Tendenz zur Gruppierung von Darstellungselementen gleicher Art aus.
- Die Gleichheit kann auf irgend eine gemeinsame Eigenschaft der Darstellungselemente, vor allem aber auf Größe, Form und Farbe begründet sein.

# Gesetz der Nähe

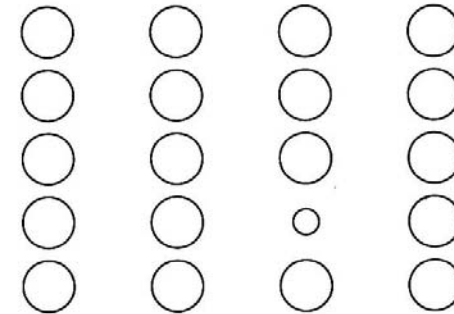
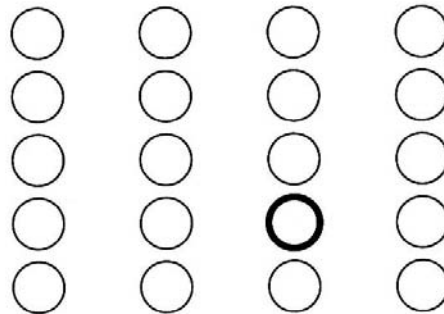
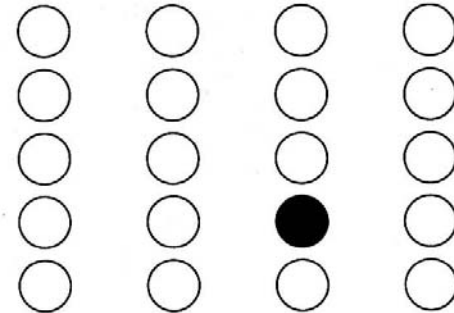
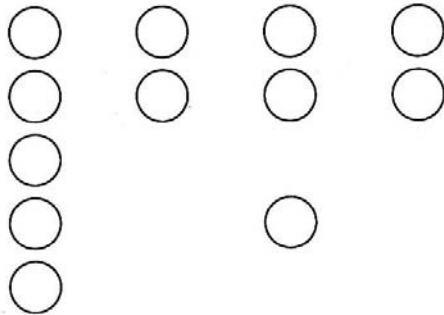


- Räumlich eng benachbarte Elemente werden gruppiert.

# Gruppierung



# Isolation



# Anordnung von Information

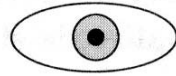
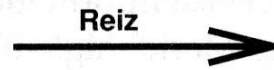
- Anordnung ist stark von den jeweiligen Anwendungen und von der auf dem Bildschirm verfügbaren Fläche abhängig.
  - i.d.R. 4 Klassen von Informationen:
    1. Zustandsinformationen
    2. Arbeitsinformationen
    3. Steuerungsinformationen
    4. Systeminformationen
- ☞ vgl. Windows-Anwendungen?

# Anordnung von Information

- Logisch zusammengehörende Information gruppieren
  - ◆ Optimaler Sehwinkel  $5^\circ$  → ca. 14 Buchstaben und 7 Zeilen
- Konsistent Abkürzungen verwenden
- Unnötige Details vermeiden
  - ◆ z.B. numerische Genauigkeit
- Daten in gängigen Formaten darstellen
  - ◆ Z.B. Kalenderdatum
- Gleichartige Informationsgruppen sollten, wenn möglich, tabellenartig dargestellt werden.
- Informationen sollten in einer günstigen Reihenfolge angeordnet werden:
  - ◆ wie sie bei der Arbeit benötigt wird
  - ◆ Wichtigkeit der Informationen
  - ◆ Häufigkeit, mit der die Informationen benötigt werden
  - ◆ Typische Sortierreihenfolgen: alphabetisch, chronologisch, ...



# Gedächtnis



Reizaufnahme

# Eigenschaften

- **Kapazität**
  - ◆ Informationsmenge, die ein Speicher fasst
- **Codierungsform**
  - ◆ Art und Weise, wie die Information in einem Speicher abgelegt wird. Die größten zusammenhängenden Informationseinheiten werden als **Chunks** bezeichnet.
  - ◆ **Chunks** können z.B. Zahlen, Buchstaben, Abkürzungen, Wörter oder beliebig größere begriffliche Einheiten sein.
  - ◆ **Chunks** sind personenspezifische Größen.
- **Zugriffsgeschwindigkeit**
  - ◆ Zeitdauer für das Ablegen bzw. das Auffinden von Information im Speicher
- **Zugriffsorganisation**
  - ◆ Ordnung und Zugangswege zu der gespeicherten Information
- **Persistenz**
  - ◆ Zeitdauer, in der die gespeicherte Information erhalten bleibt

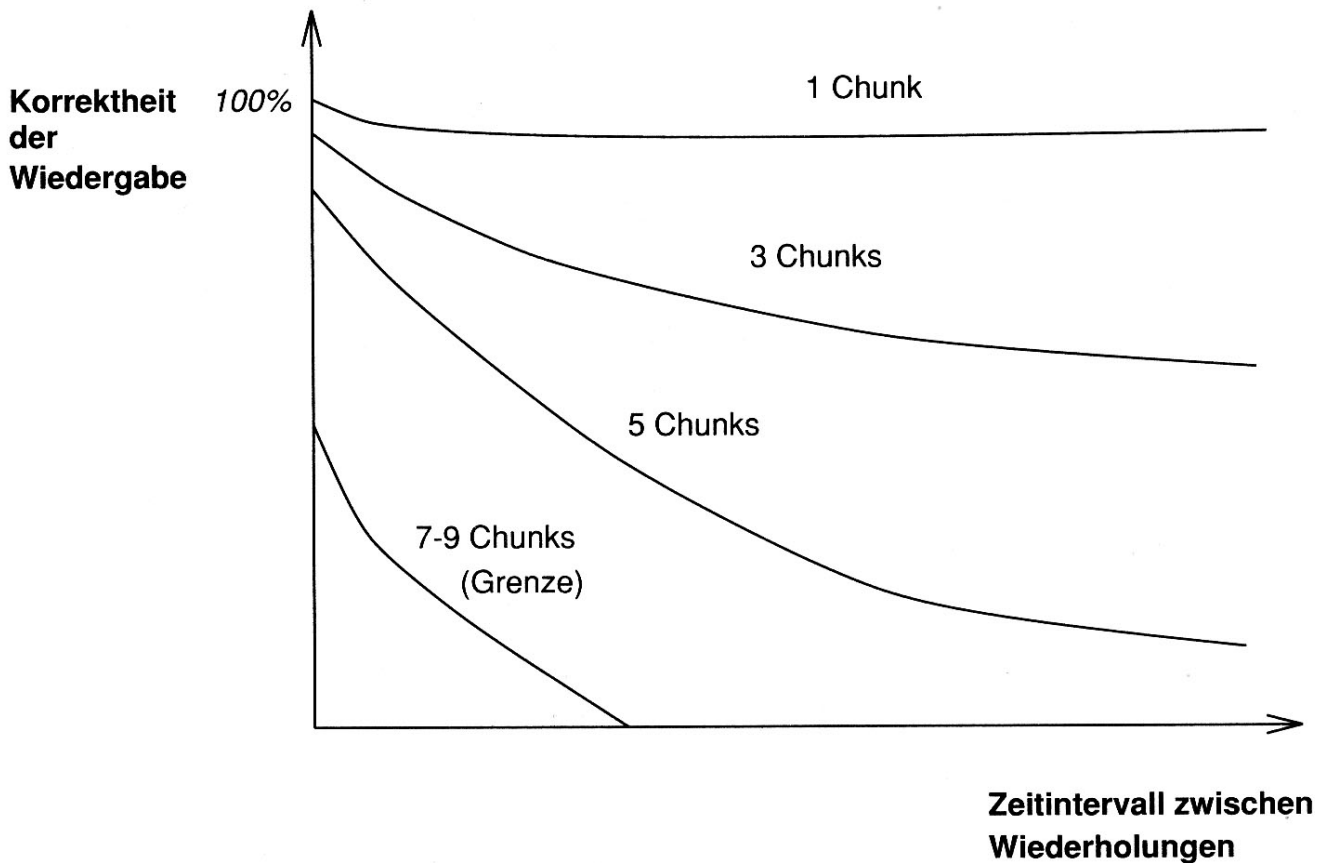
# Sensorisches Gedächtnis

- Bei der Reizaufnahme gelangen die Daten zunächst in **sensorische Speicher**:
  - ◆ **ikonische** Speicher
  - ◆ **echoische** Speicher
- Der **ikonische Speicher** kann visuelle Information (*ca. 12 Chunks*) für kurze Zeit (*ca. 0,5 sec*) bei sehr schnellen Zugriffszeiten zwischenspeichern.
  - ◆ Codierungsform ist weitgehend ungeklärt.
- Der **echoische Speicher** kann akustische Information *bis zu 5 sec* bei sehr schnellen Zugriffszeiten speichern. Die Zugriffszeiten dieses Speichers sind ebenfalls sehr kurz.
  - ◆ Die Codierungsform ist ebenfalls ungeklärt.

# Kurzzeitgedächtnis (KZG)

- Aufgabe des KZG: Puffergedächtnis für Problemlösungsprozesse
- Im KZG spielt sich der größte Teil der bewussten Denkarbeit ab.
- Die meisten Menschen können etwa 7 Chunks über einen Zeitraum von etwa 15-30 Sekunden speichern.
- Je mehr Chunks gespeichert werden, desto unzuverlässiger wird der Zugriff.

# Korrektheit der Wiedergabe von Chunks aus dem KZG in Abhängigkeit von der Anzahl der gespeicherten Chunks



# Kurzzeitgedächtnis (KZG)

- Codierungsform des KZG scheint vorwiegend auditiv zu sein.
- Zur optimalen Ausnutzung des KZG lassen sich auch künstlich Chunks bilden.
- Das KZG funktioniert desto besser, je unterschiedlicher die Chunks sind.
- Schreibzugriffsgeschwindigkeit: ca. 0,3 sec/Chunk
- Lesegeschwindigkeit: ca. 0,1-0,2 sec/Chunk
- Zugriffsorganisation: streng sequentiell
- Persistenz: ca. 15-30 sec
- empfindlich gegenüber Störungen → Konzentrationsprobleme
- durch ständiges *Wiederholen* ("Vorsichhersagen") kann das KZG ständig aufgefrischt werden

# Langzeitgedächtnis (LZG)

- Kapazität: praktisch unbegrenzt
  - ◆ Erinnerungsschwächen sind kein Platzproblemen - eher ein Problem beim Einfügen neuer Informationen in das LZG
- Im Vergleich zu sensorischem Gedächtnis und KZG: langsame Speicherung
  - ◆ Im günstigsten Fall: ca. 8 sec/Chunk
- Lesezugriff: 2 sec/Chunk;  
bei "laufenden" Lesezugriffen bis 0,1-0,2 sec/Chunk
- Die Organisation des LZG scheint vor allem auf der Basis von *Assoziationen* zu beruhen.
  - ◆ Assoziation: gerichteter Zeiger von Wissensseinheiten auf andere Wissensseinheiten
  - ◆ Generalisierungen, Spezialisierungen, Ähnlichkeiten, Ausnahmen, Teilebeziehungen, ...
- Persistenz: praktisch unbegrenzt
  - ◆ aber: Vergessensphänomen

# Motorik

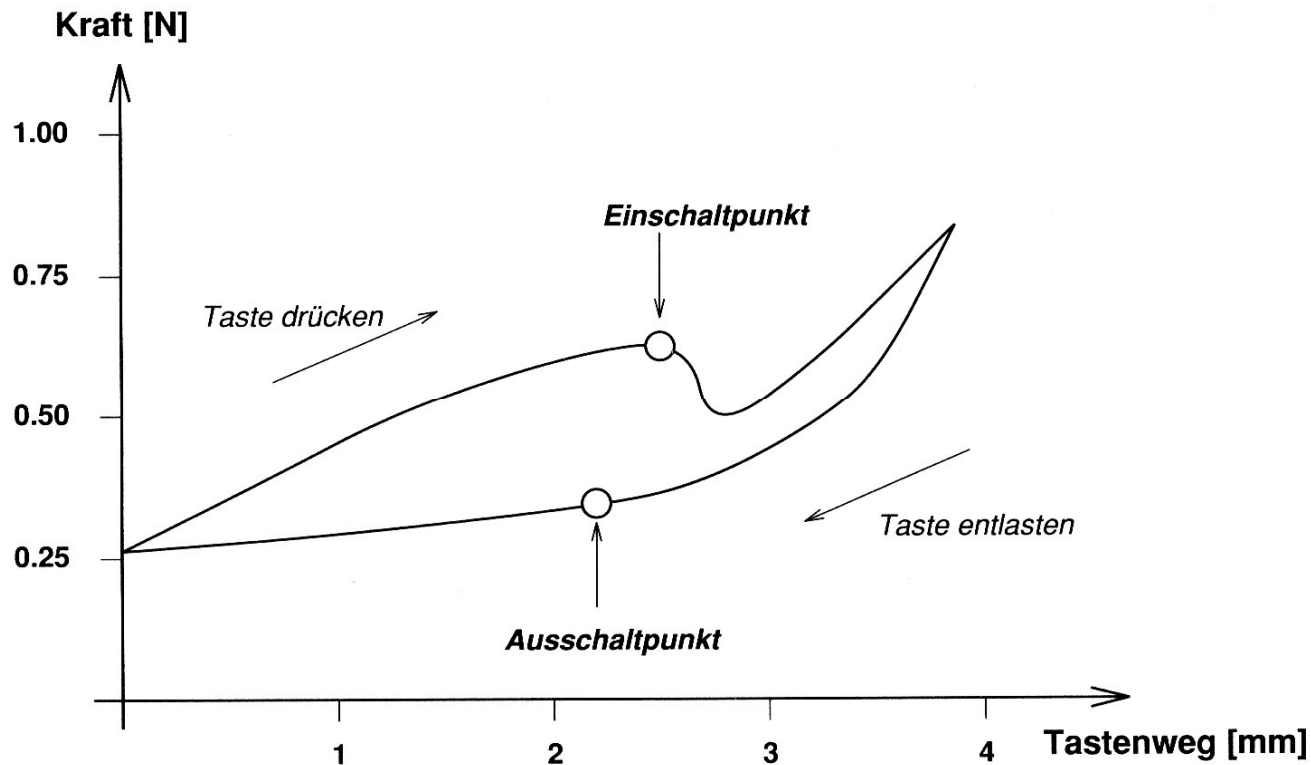
- Tastatureingaben
- Zeigebewegungen



# Tastatureingaben

- vor allem für Texteingaben effizient
  - ◆ 100-200 Anschlägen / Minute; ca. 10-30 Wörtern / Minute
- Standardisierung
  - ◆ verfügbaren Tasten
  - ◆ Position der Tasten
  - ◆ Anschlagempfindlichkeit
  - ◆ Größe: ca. 13 mm
  - ◆ Tastatur: Höhe 9 cm; Breite 28 cm
- *Anschlagkraft* für Tasten: 0,25-1,47 N
- Tastenweg (Tastendrucktiefe): bei 1-6 mm

# Auslöseverhalten



- **Auslösehysterese** vermeidet ungewolltes Mehrfachauslösen (Prellen) von Tasten durch das normale, leichte Muskelzittern.

# Zeigebewegungen

- Maus
- Rollkugel
- Touchpad (Notebooks)
- Graphiktablett
- Lichtgriffel
- drucksensitiven Bildschirmen
- ...

# Grundlegendes Prinzip von Zeigehandlungen

1. Benutzer hat im Rahmen seiner Aufgaben eine Zeigehandlung auf ein festes oder bewegtes Zielobjekt auf dem Bildschirm durchzuführen
2. Benutzer erzeugt durch Handbewegungen mittels eines Zeigeeinstruments ein Eingabesignal
3. Computersystem verarbeitet dieses Eingabesignal und erzeugt ein sichtbares Ausgabesignal
4. Differenz zwischen Ausgabesignal und Ziel ist der *Zeigefehler*, den der Benutzer zu minimieren versucht
5. Zeit vom Beginn bis zum erfolgreichen Ende der Zeigehandlung ist der *Zeigeaufwand*, den der Benutzer ebenfalls zu minimieren versucht

# Reaktionszeiten

- Sehen: 0,180 sec
- Hören: 0,140 sec
- Tasten: 0,155 sec

# Psychische Entscheidungsstarrheit

- Wenn ein Mensch eine Entscheidung getroffen hat, so ist zu beobachten, dass diese Entscheidung für die Zeitdauer von 0,2-0,3 sec beibehalten wird.
- Man nennt dieses zeitliche Phänomen auch *Psychological Refractory Period (PRP)*.
- Bei Zeigehandlungen, die im Bereich von Sekundenbruchteilen ausgeführt werden sollen, ist PRP als eine Leistungsgrenze bei der Korrektur von Bewegungen erkennbar.

# Genauigkeit von Positionierungen

- Nähere Ziele werden i.A. schneller erreicht.
- Bei geringeren Distanzen als 2 cm steigt mit der Maus der relative Fehler stark an.
  - ◆ Grund: Muskelzittern