



## 2 Information

### 2.1 Gestalttheorie

#### Ursprung der Gestalttheorie



- "Gestaltpsychologie", 1912
  - Köhler, Koffka, Wertheimer (Berliner Schule)
- Fragestellung
  - Welche Erscheinungen werden auf welche Weise als räumliche oder zeitliche Einheit/Gruppe erlebt?
- Grundbedingungen für Ordnung in Wahrnehmung und Bewegung, Gedächtnis, Denken, Lernen und Handeln
- Insgesamt über 100 Gestaltgesetze

Folie 13

## Warum Gestaltgesetze?



- Einfache Grundregeln für die Gestaltung visueller (und auditiver) Benutzeroberflächen
- Hinweise, wie räumliche und zeitliche Anordnungen auf Benutzer wirken
- Ein gutes User Interface berücksichtigt und nutzt die Gestaltgesetze für maximale Verständlichkeit und Intuitivität

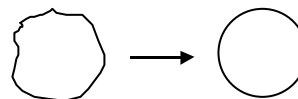


Folie 14

## Gesetz der Prägnanz



- Auch: Gesetz der guten Gestalt
- Gestalthafte Wahrnehmungseinheiten bilden sich stets so aus, dass das Ergebnis eine möglichst einfache und einprägsame Gestalt darstellt
- Beispiel: Kreis
  - "Kognitiver Kompressionsalgorithmus"!

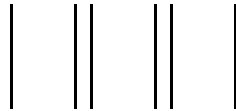


Folie 15

## Gesetz der Nähe



- Räumlich (oder zeitlich!) nahe beieinanderliegende Objekte (Ereignisse) werden als Einheit wahrgenommen
- Daraus folgt:
  - Ordnung ist nur durch Position, ohne andere Hilfsmittel möglich
  - "Keep the interface simple"

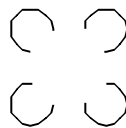


Folie 16

## Gesetz der Geschlossenheit



- Geschlossene Formen wirken als Einheit
  - Nicht vorhandene Teile einer Figur werden in der Wahrnehmung ergänzt



- Grundprinzip der Fenstertechnik
  - Aber:
    - "Der Pädagogenrahmen"
    - 2.5D-Übertreibung

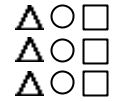


Folie 17

## Gesetz der Gleichheit



- Gleiche Objekte wirken als Einheit
- Zeitlich?
- Ungleichheiten haben höheren Informationsgehalt (Wahrnehmungsaufwand)
  - Sie können dadurch nützlich sein oder stören
- Beispiel: Buttons
- Gleichheit muss nicht Konstanz bedeuten!
  - Linearität, "eleganter Schwung", ...

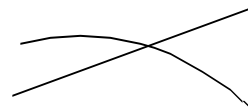


Folie 18

## Gesetz der Kontinuität



- Auch:  
Gesetz der guten Kurve
- Wahrnehmung hat Eigentendenz, die kontinuierliche Form als Einheit aufzufassen
- Zeitlich?
  - Beispiel Musik



Folie 19

## Gesetz der Erfahrung



- Wahrnehmung besitzt Eigentendenz zur Einordnung in vorhandenes Wissen
  - Spart "Speicherplatz"
- Grundlage des Erfolgs von *Metaphern*
  - Anlehnungen an Modelle aus der realen Welt
  - Beispiel Desktop Metapher heutiger GUIs
- Vorhandenes Wissen wird genutzt, damit weniger zu lernen



Folie 20

## Gesetz des gemeinsamen Schicksals



- Auch:  
Gesetz der gemeinsamen Bewegung
- Bewegte Objekte werden innerhalb eines statischen Umfelds als Einheit wahrgenommen
- Starke Wirkung der Animation

Wenn sich in diesem Beispieltext  
Worte gemeinsam bewegen,  
dann wirken sie dadurch als Einheit.



Folie 21



## 2 Information

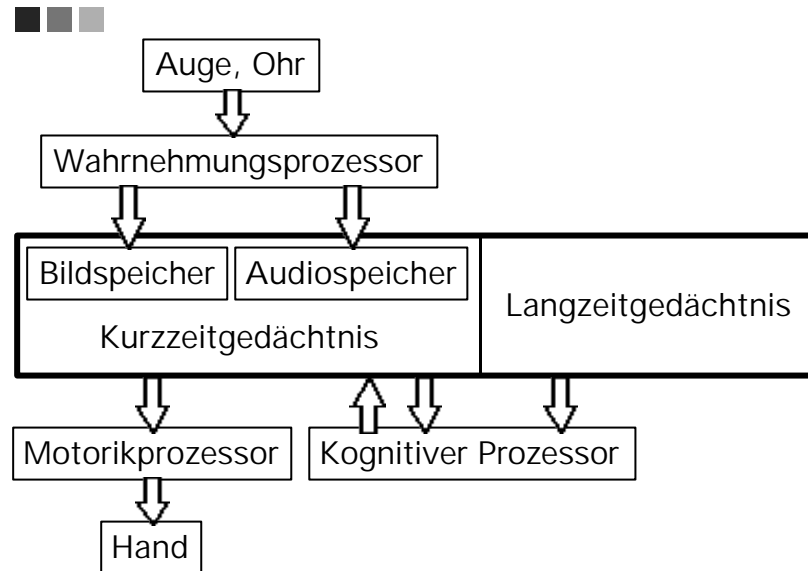
### 2.2 Informationsverarbeitung nach Card, Moran und Newell

#### Das CMN-Modell



- Modell von Card, Moran, Newell (1983)
- Modell des Menschen als Informationsprozessor
- elementares Modell für Wahrnehmung, Gedächtnis und Motorik
- Zweck:
  - Abschätzungen zu Zeitbedarf, Fehlerraten und Trainingseffekten bei einfachen Ein-/Ausgabevorgängen

## Das CMN-Modell



Folie 24

## Aufgaben der Prozessoren

- Wahrnehmungsprozessor
  - Ablegen der Sensorsignale in den Bild- und Audiospeichern
- Kognitiver Prozessor
  - Symbolisierung der Signale in Bild- und Audiospeicher
  - Gemäß Assoziationen aus dem Inhalt des Kurzzeitgedächtnis (KG) Aktionen im Langzeitgedächtnis (LG) aktivieren
    - Ergibt neuen KG-Inhalt
- Motorikprozessor
  - assoziierte Mikrobewegungen initiieren

Folie 25

## Anhaltswerte zur Leistungsfähigkeit



- Verzögerungszeiten
  - Wahrnehmungsprozessor:  
 $t_{WP} = 100$  (50-200) ms
  - Kognitiver Prozessor:  
 $t_{KP} = 70$  (25-170) ms
  - Motorikprozessor:  
 $t_{MP} = 70$  (30-100) ms



Folie 26

## Anhaltswerte zur Leistungsfähigkeit



- Halbwertszeiten
  - Bildspeicher:  
 $d_{BS} = 70-1000$ ms
  - Audiospeicher:  
 $d_{AS} = 900-3500$ ms
  - Kurzzeitgedächtnis:  
 $d_{KG} = 5-226$ s
  - Langzeitgedächtnis:  
 $d_{LG} = \infty$



Folie 27

## Anhaltswerte zur Leistungsfähigkeit



- Kapazitäten
  - Bildspeicher:  
 $K_{BS} = 7-17$  Buchstaben
  - Audiospeicher:  
 $K_{AS} = 4-6$  Buchstaben
  - Kurzzeitgedächtnis:  
 $K_{KG} = 7 + -2$  chunks (!)
  - Langzeitgedächtnis:  
 $K_{LG} = \infty$



Folie 28

## Anhaltswerte zur Leistungsfähigkeit



- Repräsentationsformen erfasster Informationen
  - Bild- & Audiospeicher:  
physikalisch (sub-symbolisch)
  - Kurzzeitgedächtnis:  
symbolisch (akustisch/visuell)
  - Langzeitgedächtnis:  
semantisch-assoziativ



Folie 29

## Beispiele



- Blochs Gesetz:
  - Netzhaut "integriert" Helligkeit von Lichtblitzen innerhalb  $t_{WP}$
- Symbol erscheint — Taste drücken:
  - $t_{WP} + t_{KP} + t_{MP} = 100 + 70 + 70 = 240$  (105-470) ms
- 2. Symbol erscheint — "=" "/" " drücken:
  - $t_{WP} + 2t_{KP} + t_{MP} = 310$  (130-640) ms
- Gleichheit "case-insensitive" entscheiden (A= a):
  - $t_{WP} + 3t_{KP} + t_{MP} = 380$  (155-810) ms



Folie 30



## 2 Information

### 2.3 Informationsmaße

## etwas Informationstheorie



- Kommunikation verwendet Menge von Zeichen

$$\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

- jedes Zeichen kommt mit Wahrscheinlichkeit  $p(x_n)$  vor

- es gilt  $\sum_{i=1}^n p(x_i) = 1$



Folie 32

## etwas Informationstheorie



- jedem Zeichen kann dann sein Informationsgehalt zugeordnet werden, falls die Wahrscheinlichkeiten unabhängig sind
- kommt ein Zeichen oft vor, trägt es wenig zur Information bei
- kommt ein Zeichen selten vor, trägt es viel bei, falls es kommt.



Folie 33

## Entropie



- Informationsgehalt eines Zeichens (nach Shannon)
  - wird in Bit gemessen

$$I(x_i) = \log_2 \left( \frac{1}{p(x_i)} \right)$$

- Entropie:  
der mittlere Informationsgehalt einer Zeichenquelle

$$H = \sum_{i=1}^N p(x_i) \cdot \log_2 \left( \frac{1}{p(x_i)} \right)$$



Folie 34

## Informationsgehalt im UI



- Toggle Button
  - 2 Zustände,  $\log_2(2) = 1$  bit
- Ziffer
  - 10 Zustände,  $\log_2(10) = 3,3$  bit
- Groß- & Kleinbuchstabe dt.
  - $\log_2(59) = 5,9$  bit



Folie 35

## Informationsgehalt im UI



- Analoge Anzeigen
  - d.h. Ablesen = Schätzung
  - unmarkierte Skala
    - 3 bit
    - (8 Stellungen unterscheidbar)
  - Tonhöhe 2,5 bit
  - Lautstärke 2 bit
  - Salzigkeit 1,8 bit
  - absolutes Gehör 5-6 bit



Folie 36

## Analog oder digital codieren?



- Analoge Anzeige (Skala,...)
  - + Schnelle abschätzende Erfassung möglich
  - + Trends gut erkennbar
  - Ablesezeit steigt linear mit Anzahl signifikanter Ziffern
- Digitale Anzeige (Ziffern,...)
  - + Ablesezeit bis zu 3-4 Ziffern praktisch konstant
  - Ungeföhres Ablesen schlecht möglich
  - Trends schlecht erkennbar
- Beispiel: Tachometer im Auto



Folie 37



## 2 Information

### 2.4 Fitts' Law

### Fitts' Law



- Eingaben sind oft Zielsuche und –betätigung
  - Taste auf Keyboard, Icon mit Maus treffen
- Fitts (1954):  
Wie lange braucht man dazu in Abhängigkeit von Distanz  $D$  und Zielgröße  $S$ ?
- Ergebnis:  
$$T_{\text{pos}} = I_M \cdot I_D$$
$$I_M = -(t_{\text{WP}} + t_{\text{KP}} + t_{\text{MP}}) / \log_2 \epsilon \text{ [s/bit], } \epsilon = 0,07$$
$$I_D = \log_2 (2D/S) \text{ [bits] ("index of difficulty")}$$
- A posteriori herleitbar aus CMN-Modell  
(+ Experiment für  $\epsilon$ ), ergibt  $I_M = 100\text{ms/bit}$



Folie 39

## Fitts' Law: Herleitung



- $D_i$  sei der Restabstand zum Ziel nach  $i$  Bewegungen
  - $\epsilon = D_i/D_{i-1} < 1$   
sei relative Bewegungsgenauigkeit gemäß CMN-Modell als konst. angenommen
- ➔  $D_1 = \epsilon \cdot D_0 = \epsilon \cdot D$   
 $D_2 = \epsilon \cdot D_1 = \epsilon^2 \cdot D$   
...  
 $D_n = \epsilon \cdot D_{n-1} = \epsilon^n \cdot D \leq S/2$   
(Hand nach  $n$  Bewegungen im Zielgebiet)



Folie 40

## Fitts' Law: Herleitung

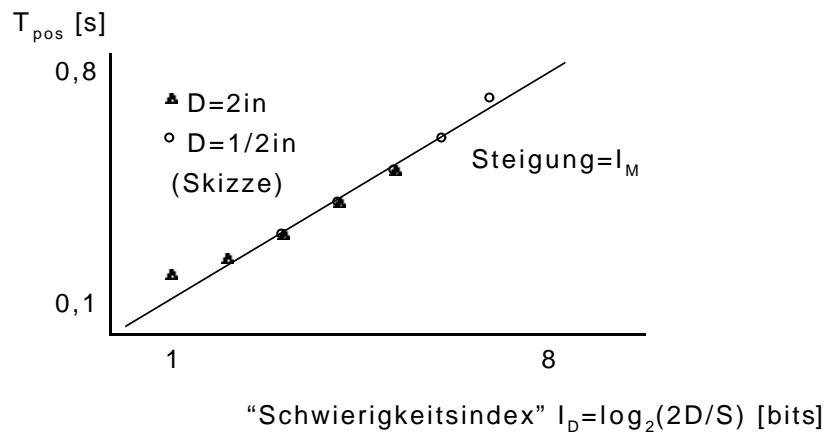


- ➔ Auflösen der Ungleichung nach  $n$  ergibt  
 $n = -(\log_2(2D/S))/\log_2 \epsilon$   
Die gesamte Positionierungszeit beträgt  
 $T_{\text{pos}} = n \cdot (t_{\text{WP}} + t_{\text{KP}} + t_{\text{MP}})$
- ➔ Einsetzen von  $n$  ergibt Fitts' Gesetz



Folie 41

## Veranschaulichung

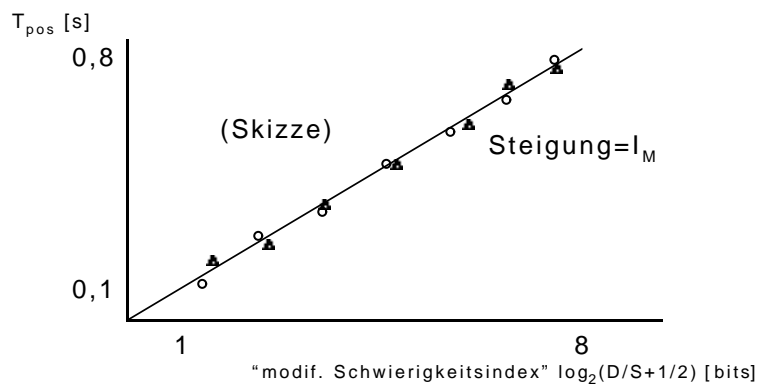


Folie 42

## Verbesserung



- Welford, 1968:  
 $T_{\text{pos}} = I_M \cdot \log_2(D/S + 1/2)$
- Besserer Kurvenfit
  - Krümmung, Nullpunkt



Folie 43

## Beispiel 1: Mobiltelefon



- Aufgabe:  
Mobilfontastatur optimieren
- Nach Nummerneingabe muss Taste "Start" zum Wählen gedrückt werden
- Wieviel bringt Verkürzung des mittleren Abstands zwischen Ziffernblock und Start von 3 auf 1cm bei einer Tastengröße 5mm · 5mm



Folie 44

## Rechnung



$$T_{\text{pos1}} = I_M \cdot \log_2(D_1/S + 1/2)$$

$$T_{\text{pos2}} = I_M \cdot \log_2(D_2/S + 1/2)$$

$$\begin{aligned} \rightarrow T_{\text{pos1}} - T_{\text{pos2}} &= I_M \cdot (\log_2(D_1/S + 1/2) - \log_2(D_2/S + 1/2)) \\ &= 100\text{ms/bit} \cdot (\log_2(30/5 + 1/2) - \log_2(10/5 + 1/2)) \text{ bit} \\ &= 100\text{ms} \cdot (\log_2 6,5 - \log_2 2,5) \\ &= 100\text{ms} \cdot (2,70 - 1,32) \\ &= 138\text{ms} \end{aligned}$$

- ➔ Die Verlagerung der Starttaste beschleunigt jeden Wahlvorgang um rund 140ms



Folie 45

## Beispiel 2: Computertastatur



- QWERTY-Designziel (Sholes, ca. 1870)
  - Distanz zwischen benachbarten Tasten maximieren!
- Alternative: z.B. Dvorak-Layout (1920)
  - Schreibkräfte: > 200 statt 150 Worte/min, weniger Fehler, 1 Woche Umstellung
- ABCDE-Layout
  - Ungeübte finden die Tasten schneller
- Chord Keyboards
  - Wenig Tasten, mehrere gleichzeitig drücken
  - schnell, einhändig möglich



Folie 46

## Zusammenfassung



- Gestaltpsychologie
  - Gestaltgesetze: Was wirkt als "Einheit"?
  - Prägnanz, Nähe, Geschlossenheit, Gleichheit, Kontinuität, Erfahrung, gemeinsames Schicksal u.a.
- CMN-Modell
  - Speicher und Prozessoren
  - Reaktionszeiten und Merkfähigkeiten abschätzbar
- Informationsmaße
  - gemessen in Bit
  - Codierungen unterschiedlich "mächtig"
- Fitts' Law
  - physikalische Anordnung von Bedienelementen für schnelle Bedienung optimierbar
  - herleitbar aus CMN-Modell



Folie 47