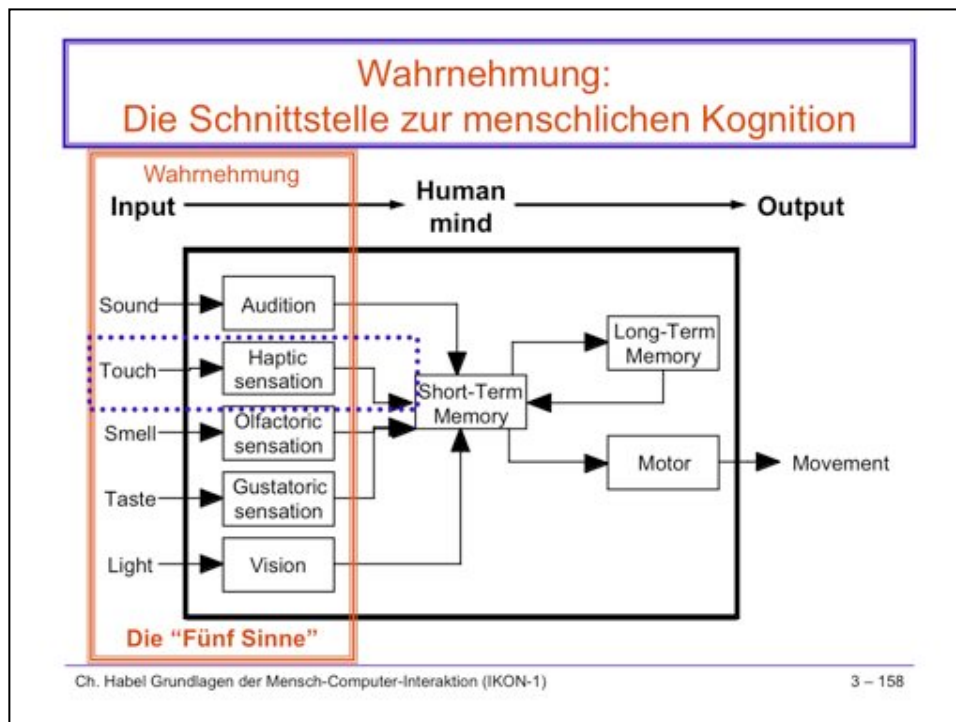


Grundlagen der Mensch-Computer Interaktion

3. Kapitel

Der Mensch

- Ein- und Ausgabe: Wahrnehmung und Handeln
 - Wahrnehmung: Modalitäten der Wahrnehmung
 - Visuelle Wahrnehmung
 - *Haptische Wahrnehmung*
 - *Hand-Arm basierte Mensch-Computer Interaktion*
- Gedächtnis
- Verarbeitung von Information & Informationsnutzung



- Zum Abschluss des Themenblocks *Wahrnehmung* wird als weitere Wahrnehmungsmodalität „haptische Wahrnehmung“ behandelt.

Haptische Perzeption

haptic

- adj.[Gr. haptēin, to touch + ic] of, or having to do with the sense of touch; tactile. [Webster's New World Dictionary]

Haptische Perzeption

- basiert primär auf
 - direkt unter der Haut liegenden Rezeptoren, die auf Druck reagieren
 - kinesthetischen Rezeptoren in den Muskeln, Sehnen und Gelenken
- stellt Information über Objekte und Oberflächen, zu denen **Kontakt** besteht, bereit.
 - auch: Information über Hitze und Vibrationen von entfernteren Quellen
- Ist grundlegend für die Manipulation von Objekten

- Goldstein, Bruce J. (2002). Sensation and perception. Pacific Grove, CA: Wadsworth. (6th edition) [Chapter 13: The cutaneous senses]



- Die Abbildungen sind Arbeiten von Lederman & Klatzky entnommen, die u.a. über die folgende Internet-Site zugänglich sind:
<http://psyc.queensu.ca/~cheryl/frmlbpg.html#HAPTICS>

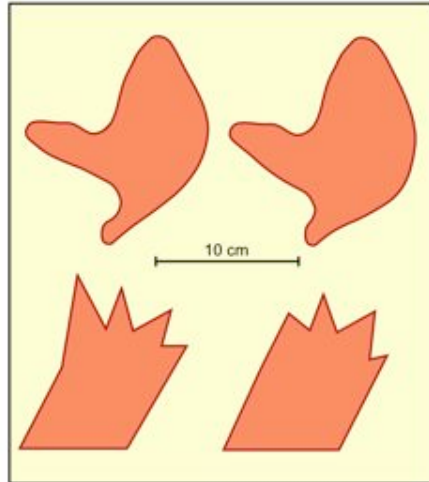
Weiterführende Literatur

- Klatzky, R.L. & Lederman, S.J. (2003). Haptic Perception. In Encyclopedia of Cognitive Science, (pp. 508 - 512). MacMillan Press.
- Klatzky, R.L. & Lederman, S.J. (2003). Touch. In A.F. Healy & R. W. Proctor (Eds.), Experimental Psychology (pp. 147-176). Volume 4 in I.B. Weiner (Editor-in-Chief). Handbook of Psychology, New York: John Wiley & Sons.

zugänglich über

<http://psyc.queensu.ca/~cheryl/reprints.html>

Haptische Exploration von 2-D Formen



Experiment von
Klatzky, Lederman & Balakrishnan
1991

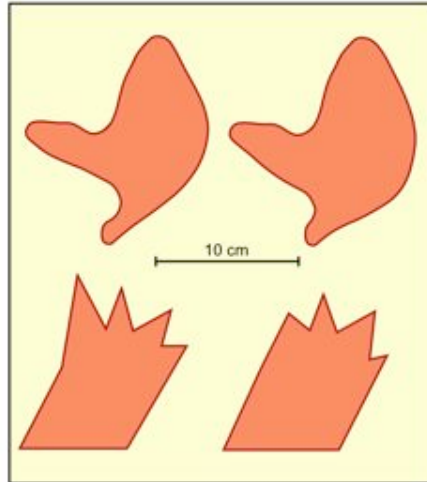
- Planare Objekte (stabilisiert) können ein- oder zweihändig haptisch exploriert werden
- Haptische Wahrnehmung
 - Wahrnehmung räumlicher Eigenschaften von Objekten durch haptische Sensorik
 - Enkodierung räumlicher Eigenschaften

Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

3 – 161

- Klatzky, R.L., Lederman, S.J., & Balakrishnan, J. (1991). Task-driven extraction of object contour by human haptics: Part I. *Robotica*, 9, 43-51.

Haptische Exploration von 2-D Formen



Basiert auf
Klatzky, Lederman & Balakrishnan
1991

- Planare Objekte (stabilisiert) können ein- oder zweihändig exploriert werden
- Aufgabe:
Exploration & Erkennung
 - Gestalt – relative Position
 - 75 % Lernerfolg für einen einzelnen Winkel bzw. eine Position
 - 50 % Lernerfolg für eine komplette Form

Sequentielle Enkodierung von 2-D Formen

- Visuelle Wahrnehmung ist – auch für Konturen – nicht sequentiell.
- Haptische Enkodierung von Konturen erfolgt – überwiegend – sequentiell.
- Frage:
Was geschieht, wenn die visuelle Konturwahrnehmung sequentiell erfolgt? (Konturverfolgung)

- *Nichtsequentialität* von visueller Wahrnehmung bezieht sich auf die höhere Ebene der Wahrnehmung, nicht auf die low-level Phase der Sakkaden.
- In der Vorlesung wird im folgenden “sequentielle visuelle Konturwahrnehmung” demonstriert:
Sie sehen durch eine “dynamische Lochblende” die Kontur eines Alltagsobjektes. Ihre Aufgabe besteht darin (ohne während der Präsentation eine Skizze zu zeichnen) aus der Konturverfolgung die Kontur des Objektes zu erschliessen, also das Objekt zu erkennen.

Sequentielle Enkodierung von 2D-Formen

- Visual Wahrnehmung ist – auch für Konturen – nicht sequentiell
- Haptische Enkodierung von Konturen erfolgt – überwiegend – sequentiell
- Frage:
Was geschieht, wenn die visuelle Konturwahrnehmung sequentiell erfolgt? (Konturverfolgung)
 - Was haben Sie gesehen?

Experiment von Loomis, Klatzky & Lederman (1991):
Bei sequentieller Enkodierung erbringen die visuelle und die haptische Gruppe der Versuchspersonen – bzgl. Genauigkeit – fast identische Leistungen.

Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

3 – 215

- Loomis, J.M., Klatzky, R.L., & Lederman, S.J. (1991). Similarity of tactual and visual picture recognition with limited field of view. *Perception*, 20, 167-177.
Die Versuchsbedingungen bei Loomis, Klatzky & Lederman sind anders als in der Demonstration innerhalb der Vorlesung: Insbesondere können bei LKL die Versuchspersonen aktive explorieren und werden nicht – wie bei der Demonstration – passiv Betrachter eines Ablaufes.
- Der wesentliche Unterschied zwischen Standardsehen und sequentiellen visuellen Konturverfolgung (und ebenso der haptischen Konturverfolgung) besteht darin, dass die Sequenz lokaler räumlicher Eindrücke über die Zeit erworben und dann zu einem globalen Eindruck integriert werden muss.

2-D Formen

Konsequenzen der sequentiellen Enkodierung

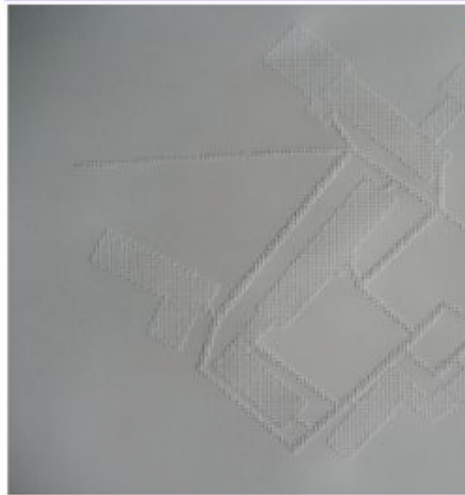
- Längenverzerrung

Was ist der Euklidische Abstand zwischen A und B?



- Räumliche Heuristiken anstelle von perzeptionsbasierten Abschätzungen

Taktile Karte – gedruckt / geprägt



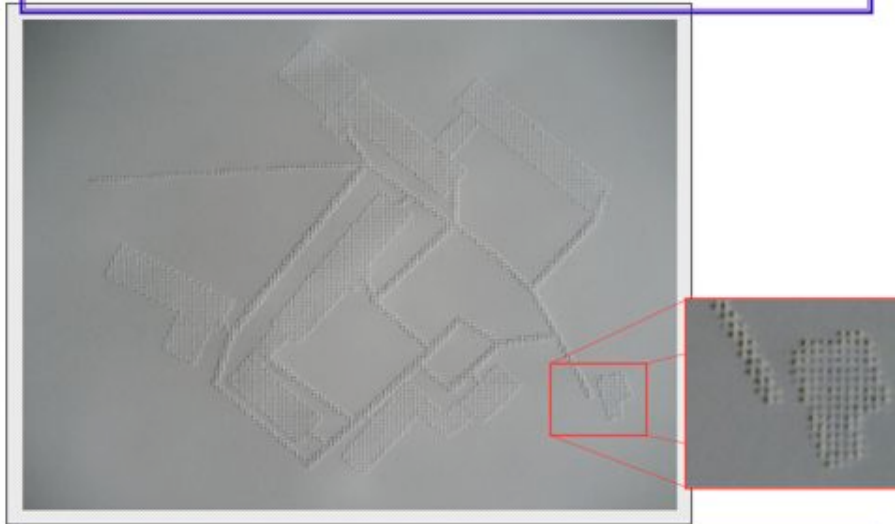
- Beispielkarte des Informatikum
 - Verwendung in Benutzerstudien
 - nicht für den Gebrauch
- Forschung im AB „Wissens- und Sprachverarbeitung (WSV)“
 - haptische Exploration von Karten
 - Design von taktilen Karten (Symbolinventar)

Ch. Habel
Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

3 – 217

- Die hier vorgestellten Taktilen Karten werden durch spezielle „Prägedrucker“ hergestellt
Emprint SpotDot <http://www.viewplus.com/>
- Die auf der Folie abgebildete Karte ist eine Vorversion für Karten, die in Experimenten zur „taktilen Exploration von Karten“ verwendet werden. Die Zielsetzung dieser Experimente ist es u.a., Designprinzipien für derartige Karten zu entwickeln, und somit zu standardisierten, semi-automatischen Verfahren zur Produktion von taktilen Karten gelangen.
[Vorstufe zu einem Dissertationsprojekt am Arbeitsbereich WSV, 2008-2009]

Taktile Karte – gedruckt / geprägt



Ch. Habel
Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

3 – 218

- Die Karte repräsentiert einen Ausschnitt des Informatik-Campus in Stellingen.
- Die Vergrößerung zeigt den Eingangsbereich, d.h. das Pförtner-Gebäude und den Beginn der Strasse auf das Gelände.

Taktile Karte / Phantom Style



Ch. Habel
Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

3 – 219

Die Abbildung veranschaulicht die Wirkungsweise der *Phantom Haptic Devices* der Firma *SensAble Technologies* (<http://www.sensable.com/>).

- Benutzer führen einen Stift, der mit einem Arm mit Drei-Freiheitsgraden der Bewegung verbunden ist. Stift & Arm geben dem Benutzer durch Krafrückkoppelung (force feedback) den haptischen Eindruck, den Stift auf einer realen Oberfläche zu bewegen, d.h. diese Oberfläche zu explorieren.
- Die Pfeilspitze ist die Visualisierung der Verlängerung des Stiftes, wie er auf der Wahrnehmungsebene (rote Visualisierung; nicht real vorhanden) plaziert ist.
Die in dieser Veranschaulichung auf der Wahrnehmungsebene sichtbaren Linien und Regionen entsprechen der taktilen Informatikum-Karte der vorangegangenen Folien.
Eine Phantom-Realisierung des Informatikums (einschliesslich einer Evaluation, könnte als B.Sc.-Arbeit angegangen werden..

Haptische Wahrnehmung mit Force-Feedback Devices



- Abbildung zeigt ein *Phantom Haptic Device* des Typs „Omni“, der im Haptik-Labor des FB Informatik verwendet wird.

Taktile Karten

Designprinzipien und Explorations-Prozeduren



Designprinzip No. 1:
Keep it simple!

d.h.
vermeide unnötige Details,
z.B.

- komplexe Formen
- zu viele Landmarken
- ...

Map entities

- tracks
- regions
- landmarks

Track Exploration

- hat den Charakter *line-following* mit *stylus*
- entspricht 'network constraint movement'

Exploration von Regionen und Landmarken
erfordert anderes haptisches Verhalten

Ch. Habel
Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

3 – 221

- Die Graphik veranschaulicht (visuell) die Struktur einer taktilen Karte.
- Am Arbeitsbereich WSV wird die Interaktion von Haptischer Wahrnehmung und verbaler Assistenz im Projekt VAVETaM (Verbally assisting virtual environment tactile maps) untersucht.
- Weiteres hierzu im Abschnitt „Kommunikation“

Hand-Arm basierte Mensch-Computer Interaktion

- Interaktionsgeräte (devices)
 - Maus, touchpad, trackballs, ...
 - touch screens, tablets, ...
 - joysticks, Phantom, ...
 - partiell substituierbar, z.B. Blickbewegung, Fussmotorik,
 - Funktionen der Hand-Arm Bewegungen
 - Positionieren
 - Zeigen
 - Zeichnen
- } kann mit Aktion verbunden sein

Ch. Habel
Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

3 – 222

- Die folgende Übersicht (3-222 – 3-226) über die Funktionen „Positionieren, Zeigen und Zeichnen“ basiert zum Teil auf
- A. Dix, J. Finlay, G. Abowd & R. Beale (2004). Human-Computer Interaction, 3rd edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. Chapt.2,3 (pp. 71ff)
slides: <http://www.hcibook.com/e3/plain/resources/>

Maus

- pointing device
 - weit verbreitet
 - leicht zu nutzen
- Wesentliche Eigenschaften
 - planare Bewegung (meist horizontal)
 - „Knöpfe“
 - meist 1 – 3 (seitlich oder oben)
 - zum Auswählen von Aktionen, z.B.
 - Zeichnen
 - Drücken von *buttons*

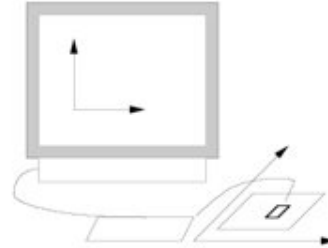


Maus (2)

- Maus auf der Tischoberfläche
 - erfordert physikalischen Raum / Platz
 - kann zur Ermüdung / Belastung von Hand und Arm führen.
- Nur die relative Bewegung ist relevant und wird vom System ausgewertet
- Die „Rückkopplung“ erfolgt über die Position des *cursor*s auf dem Bildschirm

Screen cursor (x, y)-Ebene,
Maus-Bewegung (x, z)-Ebene

 - eventuell Probleme bei der Hand-Auge Koordination



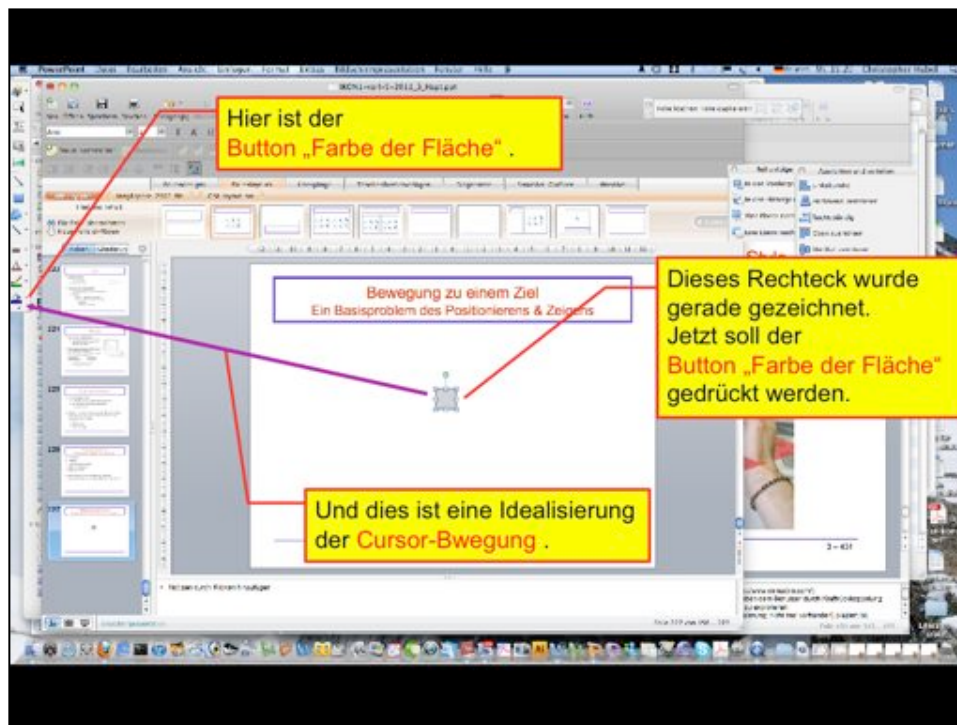
Es gibt auch “Fussmäuse”

- Anwendungsbereiche
 - zur Substitution bei Hand-Arm-Beeinträchtigungen
 - falls die Hände anderweitig eingesetzt sind
 - wenig gebräuchlich
- üblicher – in anderen Bereichen der Mensch-Artefakt-Schnittstellen – sind eher “grobmotorische” Fuss-Interfaces, etwa Pedale
 - Auto
 - Nähmaschinen
 - Klavier und Orgel

Weitere Schnittstellen für Positionieren, Zeigen und Zeichnen

- Touchpad
- Trackball
- Touch-sensitive screen
- Stylus and light pen
- Digitizing tablet

- Unterschiede in der Handhabung / Motorik,
gemeinsamkeiten in den grundsätzlichen Funktionen



- Die Folie stellt den Weg (idealisiert) den der Cursor aufgrund einer Mausbewegung zurücklegt, um nach Zeichnen des Rechtecks die Farbe im Menü auszuwählen.
- Der Nutzer hat also die Aufgabe, durch eine geplante Bewegung von einem Objekt (annähernd) im Zentrum des Bildschirms (möglichst gezielt) zu einem Button am linken Rand zu gelangen, und durch „Anklicken“ eine Handlung auszulösen.
- Diese Aufgabe ist der Kern dessen, was in Arbeiten zu Fitts' Law (siehe die folgenden Folien) untersucht wird.

Bewegung zu einem Ziel

Ein Basisproblem des Positionierens & Zeigens

Bewegung vom Start zum Ziel

- Bewegung des Cursors **Visuelle Wahrnehmung**
- Bewegung der Maus **Motorik**
- Zeit bis zum Erreichen des Ziels
Reaktionszeit + Bewegungszeit
 - Bewegungszeit ist abhängig von Alter, Fitness, ...
 - Reaktionszeit ist abhängig vom Typ des Stimulus
- Bewegungszeit und Reaktionszeit beeinflussen die Genauigkeit der Zielerreichung
(abhängig von der Erfahrung des Benutzers)

- Es gibt nicht immer einen äusserung Stimulus

Fitts' Law

- Fitts' Law betrifft die Zeit, die benötigt wird, um ein Ziel auf dem Computer-Screen zu treffen

$$Mt = a + b \log_2(D/S + 1)$$

mit: a und b sind empirisch ermittelte Konstanten, die durch das Device und die Aufgabenstellung bestimmt sind.

Mt \approx movement time

D \approx Distance

S \approx Size of target

⇒ Faustregel: Ziele so gross wie möglich,
Distanzen so klein wie möglich.

- $Mt = a + b \log_2(D/S + 1)$ wird als Fitts' law bezeichnet.
- Die Faustregel ergibt sich aus der Gleichung,
- Die Ermittlung der Konstanten a und b sind in der Praxis, d.h. insbesondere in der Praxis der Entwicklung von Schnittstellen, durch empirische Untersuchungen mit Benutzern zu ermitteln.

Fitts' Law (Fortsetzung)

Fitts, Paul M. (1954). The Information Capacity of the Human Motor System in Controlling the Amplitude of Movement. *Journal of Experimental Psychology: General*. 47. 381-391.

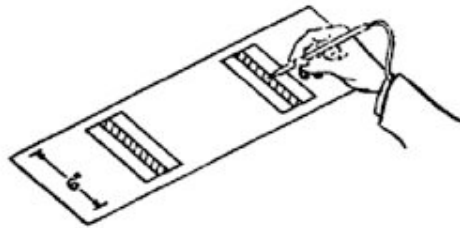


Figure 1. Reciprocal tapping apparatus. The task was to hit the center plate in each group alternately without touching either side (error) plate.

Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

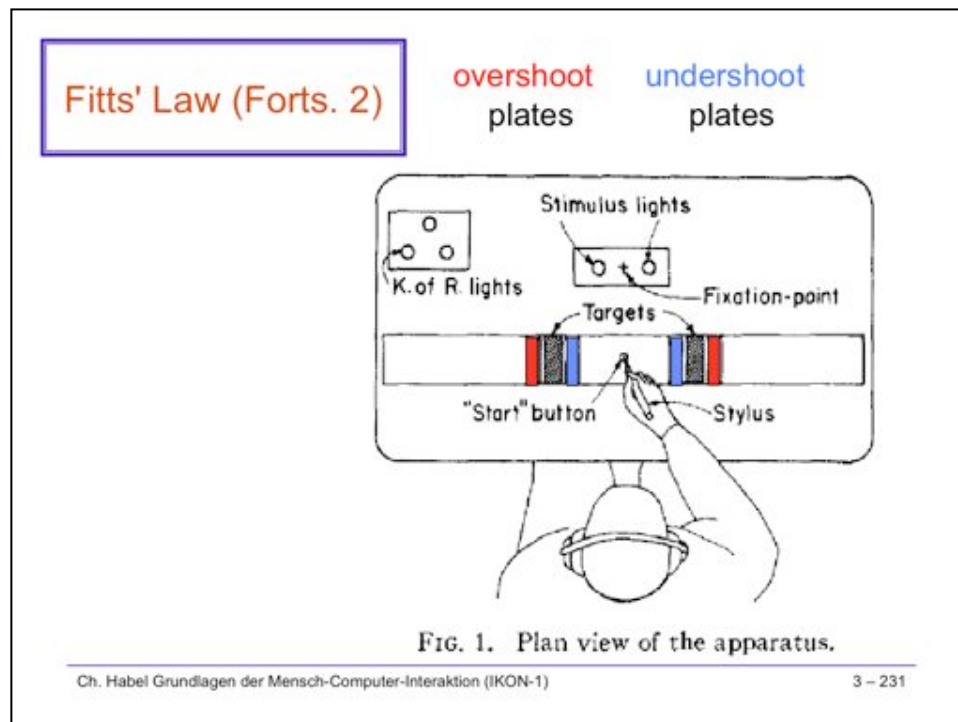
3 – 230

Google Scholar Zitationen (30.11.2011) 3686. D.h. dieser Aufsatz wird sehr häufig zitiert.

Wieder veröffentlicht 1999: Sonderausgabe APA-Centennial des JEP-G mit besonders bedeutenden wissenschaftlichen Aufsätzen.

APA = American Psychological Association / Centennial = 100-Jahr Jubiläum. Zusammengefasst: Die APA schätzt die Arbeit von Fitts (1954) für so bedeutend ein, dass sie den Aufsatz in die Gruppe der wichtigsten der letzten/ersten 100 Jahre aufnimmt.

Wie man sieht, startet Fitts mit einem Versuchsaufbau, der überhaupt nichts mit Computern und Mäusen zu tun hat. Es dreht sich vorrangig um das zielgerichtete Treffen von Knöpfen (bzw. Regionen in der Ebene). Der „tapping apparatus“ wird so konstruiert, dass durch die Berührung mit dem Stift, ein elektrischer Kontakt eintritt, so dass exakte Zeitmessung für die Bewegung möglich wird.



- Fitts, Paul M. & Peterson, James R. (1964). Information capacity of discrete motor responses. *Journal of Experimental Psychology: General*. 67. 103-112.
Der Aufsatz von 1964 betrifft – über den von 1954 hinausgehend – auch Fragen des overshootings (über das Ziel hinaus bewegen) und des undershooting (vor dem Ziel anhalten).
- MacKenzie, Scott (1992). Fitts' Law as a Research and Design Tool in Human-Computer Interaction. *Human-Computer Interaction*, 7. 91–139.
gibt eine ausführliche Darstellung und Diskussion aus MCI-Perspektive, insbesondere auch die Thematik von zielgerichteten Maus-Bewegungen.

Fitts' Law: Wofür wir es verwenden können / sollten!

- Fitts' Law gibt eine Abschätzung für die Zeit, die benötigt wird, um ein Ziel auf dem Computer-Screen zu treffen

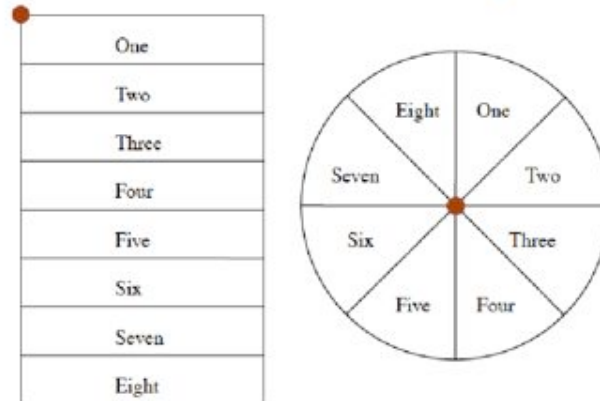
$$Mt = a + b \log_2(D/S + 1)$$

- Die Parameter müssen empirisch, d.h. device- und aufgabenspezifisch bestimmt werden.
- Dann lassen sich zeitlicher Aufwand und Erfolg beim Positionieren und Zeigen abhängig
 - vom Design einer Bildschirmoberfläche
 - von der Wahl des Gerätes (z.B. Maus vs. Trackball)
 unter Benutzung von *Kognitiven Modellen* berechnen.

- A. Dix, J. Finlay, G. Abowd & R. Beale (2004). Human-Computer Interaction, 3rd edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. Chapt.12,5 (pp. 436ff)
erläutern dies für das "Keystroke-level model":
Stuart K. Card , Thomas P. Moran , Allen Newell, The keystroke-level model for user performance time with interactive systems, Communications of the ACM, v.23 n.7, p.396-410, July 1980

Designing widgets that minimize D

$$Mt = a + b \log_2(D/S + 1)$$



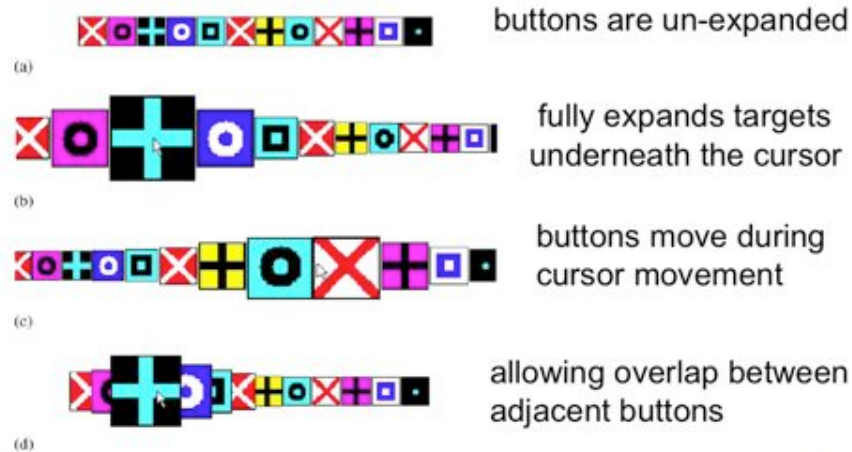
Pie Menus vs. Linear Menus

Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

3 - 233

- Der Rote Punkt steht für den Ort (Button) durch des Berührung ein Menü geöffnet wird. Dieser Ort ist der Ausgangspunkt für die zielgerichtete Bewegung zum Folge-Button.
- Die Anordnung von Buttons durch Sektoren ermöglicht, dass alle Alternativen den gleichen Abstand vom Ausgangspunkt haben.
- Die Abbildung auf der Folie ist identisch mit Fig. 2. Linear vs. pie menus. Distance of menu items from red starting point varies in linear menus (left), but is constant in pie menus (right).
aus
- Ravin Balakrishnan. (2004). "Beating" Fitts' law: Virtual enhancements for pointing facilitation. International Journal of Human-Computer Studies, 61(6). p. 857-874.
- Diese Konzeption ist schon früher von J. Callahan, D. Hopkins, M. Weiser, B. Shneiderman. (1988). An Empirical Comparison of Pie vs. Linear Menus. May 1988. Proceedings of CHI' 88. ACM Press: New York. 95-100. diskutiert worden.

Expanding targets: $Mt = a + b \log_2(D/S + 1)$



Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

3 – 234

- Expanding targets, d.h. Buttons, die grösser werden, wenn der Cursor in die Nähe kommt, ermöglichen die Idee "grössere Ziele sind besser als kleine" umzusetzen, ohne dass die Anzahl der Buttons in einer Menüleiste sich verringern muss.
- Die Abbildung auf der Folie betrifft zwei Varianten von „Expanding targets“. Die Abbildung ist identisch mit Fig. 5. aus
- Ravin Balakrishnan. (2004). "Beating" Fitts' law: Virtual enhancements for pointing facilitation. International Journal of Human-Computer Studies, 61(6). p. 857-874.
- ausführlich auch in McGuffin, M. & Balakrishnan, R. (2005) Fitts' law and expanding targets: Experimental studies and designs for user interfaces. ACM Trans. CHI. 12.4. 388 – 422
- Die Originalerläuterung der Graphik aus Ravin Balakrishnan. (2004)
- (a) The buttons are un-expanded when the pointer is far away.
- (b) Expanding target design that fully expands targets underneath the cursor, while partially expanding and pushing neighbouring targets sideways.
- (c) A user starting in the state shown in (b) may try to move to the right to select the button with the light X on the dark background. By the time the cursor reaches the desired button's location, the button has moved to the left and the user is now over a different button (one with a dark X on a light background). Such horizontal movement of targets in tiled layouts can negate the benefits of target expansion.

Grundlagen der Mensch-Computer Interaktion

3. Kapitel

Der Mensch

- Ein- und Ausgabe: Wahrnehmung und Handeln
 - Wahrnehmung: Modalitäten der Wahrnehmung
 - Visuelle Wahrnehmung
 - Haptische Wahrnehmung
 - Hand-Arm basierte Mensch-Computer Interaktion
- Gedächtnis
- Verarbeitung von Information & Informationsnutzung