

Vorlesung Mensch-Maschine-Interaktion

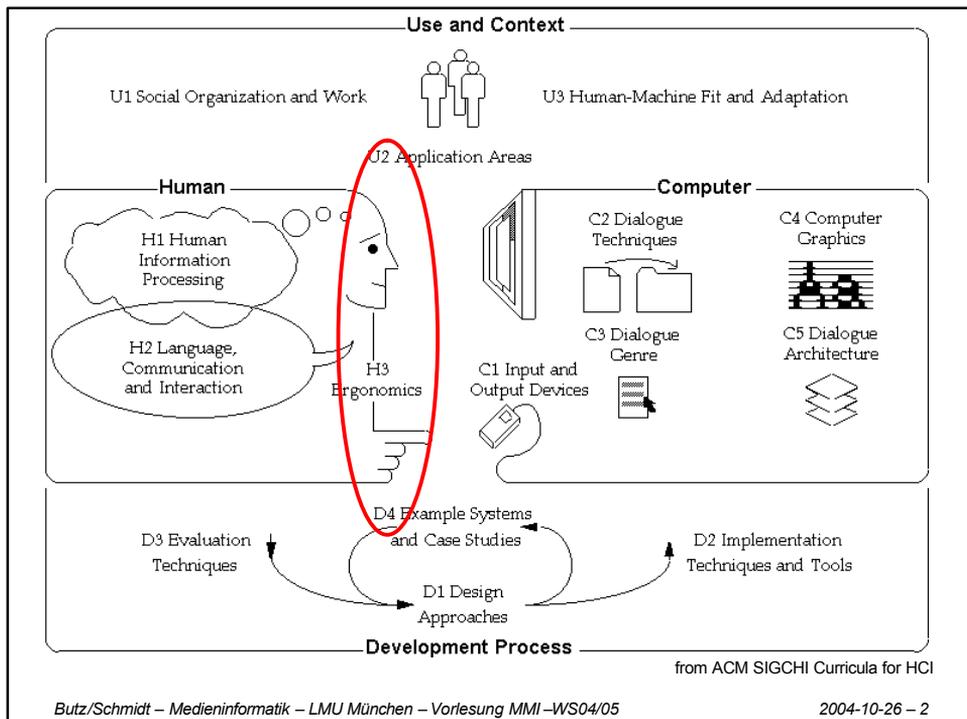
Ludwig-Maximilians-Universität München

LFE Medieninformatik

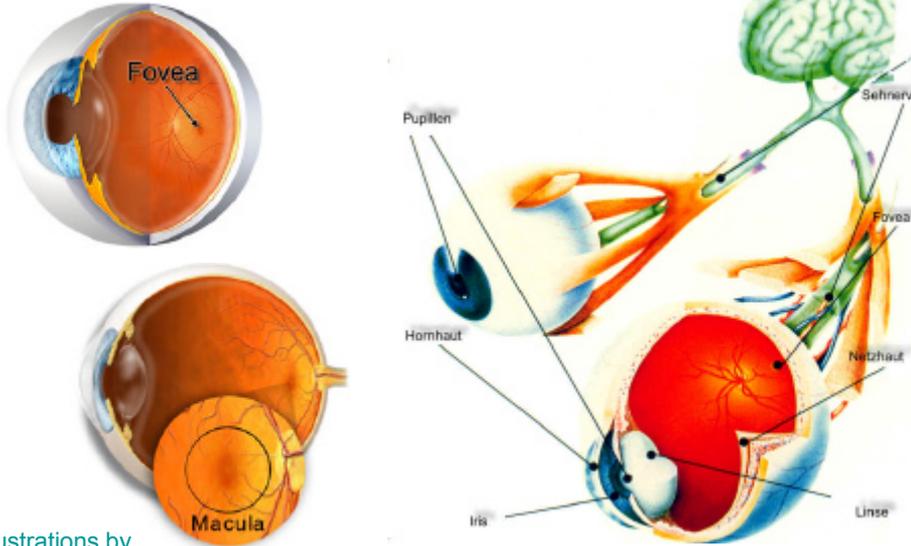
Andreas Butz & Albrecht Schmidt

WS2004/2005

<http://www.medien.ifi.lmu.de/>



The human eye

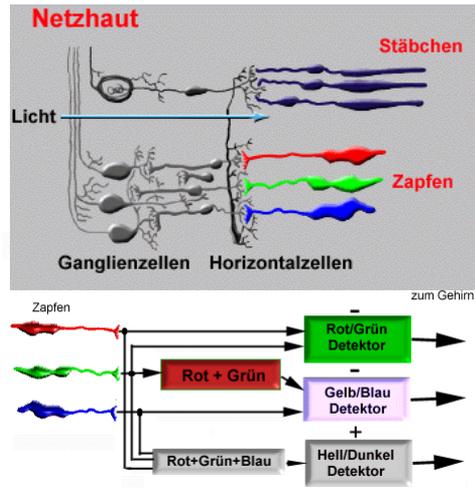
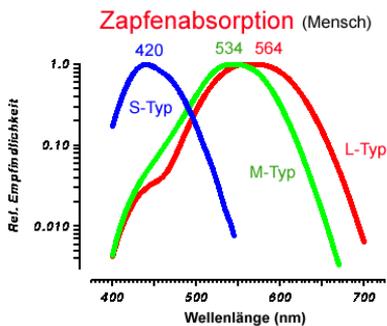


Illustrations by
Mark Erickson

dieninformatik – LMU München – Vorlesung MMI – WS04/05

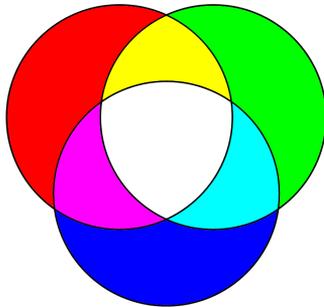
2004-10-26 – 3

Die Netzhaut

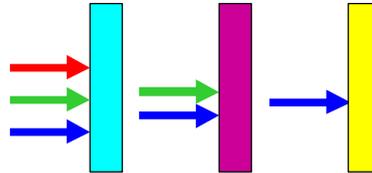


- Zapfen arbeiten bei höherer Lichtintensität
- Verteilung auf der Netzhaut im Verhältnis 1:20:40
- Stäbchen arbeiten bei niedriger Lichtintensität

Additive/subtraktive Farbmischung



Additiv: Mischen von Licht,
z.B. am Monitor, Projektor

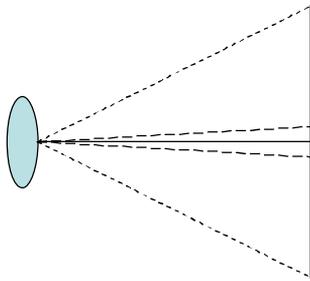


Subtraktiv: Filtern von Licht,
z.B. am Tintenstrahldrucker

Human eye: facts to remember

- Very high dynamic range
 - $2^{20} = 1:1.000.000$ with iris adaptation
 - $2^{10} = 1:1.000$ at given iris aperture
 - → more than most monitors
- Bad color vision in dark conditions
- Best contrast perception in red/green
- Limited temporal resolution (reaction speed)
- Good resolution and color in central area (macula)
- Maximum resolution and color only in the very center (fovea)
- Maximum angular resolution 1 arc minute = 1/60 degree

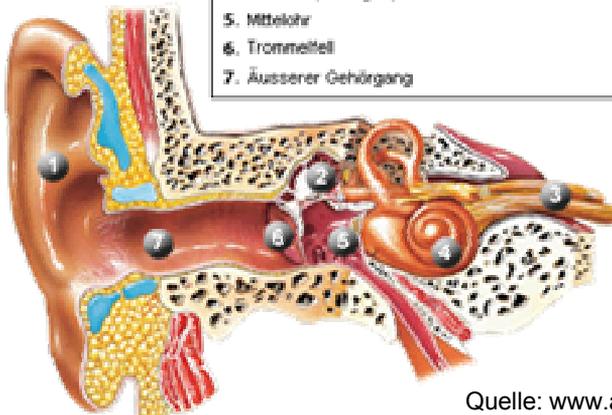
How much resolution do we need?



- Assumption: viewing distance = horiz. image width
- Horiz. Viewangle = $2 \cdot \text{atan } 0.5 = 53$ degrees
- Max. angular resolution of the eye = $1/60$ degree
- \rightarrow Max. horiz. resolution = $53 \cdot 60 = 3.180$ pixels
- Viewing distance of A4 paper = 10 inch \rightarrow 300dpi

The human ear

1. Ohrmuschel
2. Gehörknöchelchen (Hammer, Amboss, Steigbügel)
3. Hörnerv
4. Cochlea (Hörorgan)
5. Mittelohr
6. Trommelfell
7. Äusserer Gehörgang



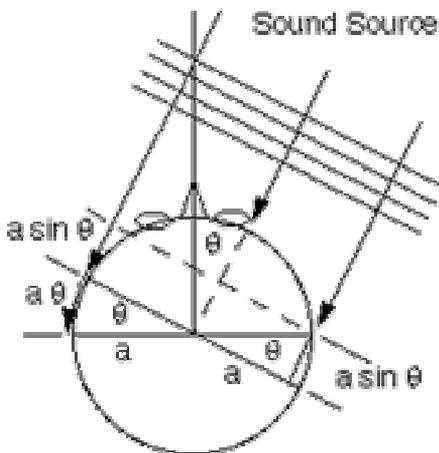
Quelle: www.amplifon.ch

Human ear: facts to remember

- Frequency range 20Hz – 20.KHz
- High pitch resolution (1.500 steps)
- Perception of pitch is logarithmic

- High dynamic range through mechanical „preprocessing“
 - Dynamic range $1:10^{13}$ (hearing – pain threshold)
- Perception of volume is logarithmic (Weber-Fechner law)

Spatial hearing



- Caused by:
 - Interaural time difference (ITD)
 - Interaural intensity difference (IID)
 - Head related transfer functions (HRTF)
- Better for high than for low frequencies

The human hand

images from:
Penn State Univ.
Physical therapy

Individual Muscles of Forearm Extensors of Wrist and Digits

Note: anconeus muscle not shown because it is extensor of elbow

Individual Muscles of Forearm [Continued] Flexors of Digits

Right forearm: anterior (palmar) view

Lumbrical Muscles Schema

Intrinsic Muscles of Hand Deep Anterior [Palmar] View

Note: arrows indicate action of muscles

Intrinsic Muscles of Hand Posterior [Dorsal] View

Note: arrows indicate action of muscles

Flexing a finger, Carpal Tunnel

Ligaments of Wrist Carpal Tunnel - Palmar View

Flexor and Extensor Tendons in Fingers Extended - Lateral View

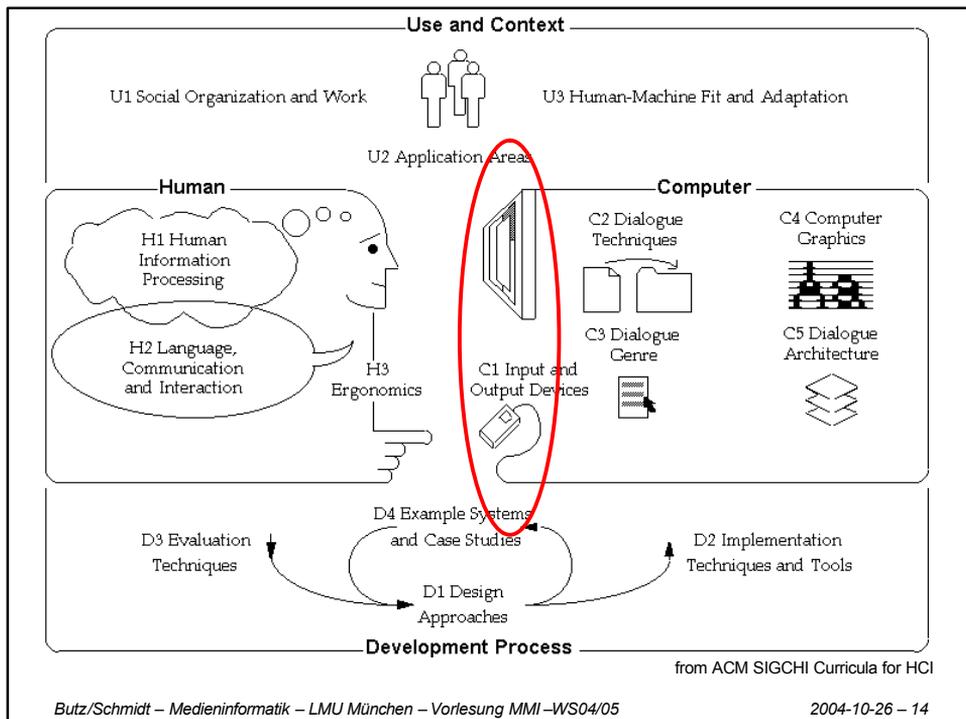
Note: black arrows indicate pull of long extensor tendon; red arrows indicate pull of interosseous and lumbrical muscles

Flexor and Extensor Tendons in Fingers Flexed - Lateral View

Note: black arrows indicate pull of long extensor tendon; red arrows indicate pull of interosseous and lumbrical muscles

Human hand: facts to remember

- Wrist and fingers controlled by muscles:
 - in the arm: multiple layers of extensors and flexors
 - in the hand: palmar and between fingers
- Many flexor tendons through carpal tunnel
- Not all fingers equally well controllable
- Grasp mainly with thumb, index and middle finger, pinky for support
- Middle and ring finger usually least controllable

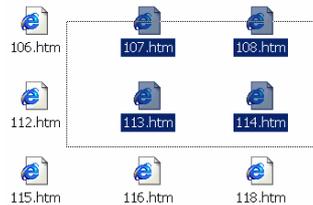


Basic Input Operations

- Text Input
 - Continuous
 - Keyboard and alike
 - Handwriting
 - Spoken
 - Block
 - Scan/digital camera and OCR
- Pointing & Selection
 - Degree of Freedom
 - 1, 2, 3, 6, <more> DOF
 - Isotonic vs. Isometric
 - Translation function
 - Precision
 - Technology
 - Feedback
- Direct Mapped Controls
 - Hard wired buttons/controls
 - On/off switch
 - Volume slider
 - Physical controls that can be mapped
 - PalmPilot buttons
 - “internet-keyboard” buttons
 - Industrial applications
- Media capture
 - Media type
 - Audio
 - Images
 - Video
 - Quality/Resolution
 - Technology

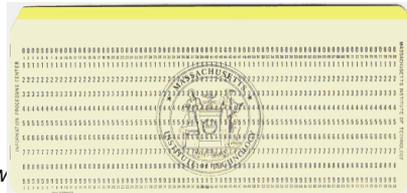
Complex Input Operations

- Examples of tasks
 - Filling a form = pointing, selection, and text input
 - Annotation in photos = image capture, pointing, and text input
 - Moving a group of files = pointing and selection
- Examples of operations
 - Selection of objects
 - Grouping of objects
 - Moving of objects
 - Navigation in space



Texteingabe: Geschichte

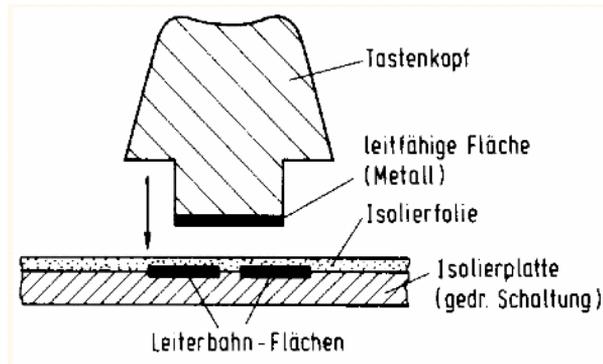
- Eingabe von Text ist schon immer wesentlich für den Betrieb von Rechenanlagen
 - Daten und Programme sind Zeichenfolgen
 - Erster Abstraktionsschritt nach der Binäreingabe: Text
 - Assemblerprogramme, höhere Programmiersprachen
- Dominierende Eingabegeräte bis ca. 1970:
 - Lochstreifen
 - Lochkarten
 - 1 Karte entspricht einer Textzeile
 - Karte (entspricht) Zeile) hat 80 Spalten
 - Lochung in den Spalten codiert Zeichen



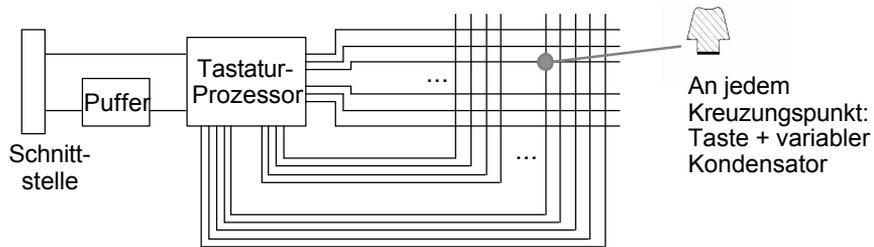
Butz/Schmidt – Medieninformatik – LMU München – Vorlesung MMI – W

Funktionsprinzip einer Taste

- Prinzipiell: Taste ähnlich zu Schalter
 - Zwei Leiterbahnen werden gekoppelt
 - Keine echte Kontaktverbindung, sondern Veränderung der Kapazität eines Kondensators



Tastatur: Grundsätzlicher Aufbau



- Scan-Matrix
 - Zweidimensionales Array von variablen Kondensatoren
- Tastaturprozessor:
 - testet laufend aktuellen Zustand
 - spaltenweise Spannung anlegen und dann Kapazität zu Zeilen prüfen
 - Ermittelt Tastaturcode
 - Erzeugt Datenstrom entsprechend Schnittstelle

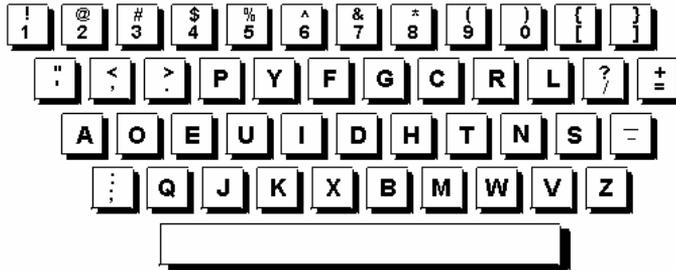


Tastatur: In Software realisierte Funktionen

- Einstellbare Parameter, z.B.:
 - Ansprechverzögerung
 - Wiederholrate
- Umsetzung in Zeichencode
 - Findet ausschließlich im Tastaturtreiber statt
 - Tastatur kann also mit beliebigen Belegungen betrieben werden (auch dem Aufdruck widersprechenden)
 - Beispiel: "QWERTZ" (deutsch) vs. "QWERTY" (engl.)
 - Prinzipiell ist die Tastatur also ein sehr flexibles Eingabegerät

Dvorak-Tastatur

- Ergonomisches Tastatur-Layout:
 - Dr. Dvorak (Univ. of Washington, Seattle; 1894-1975)
 - Basiert auf ausführlichen wissenschaftlichen Untersuchungen
 - Angeblich dem "QWERTY"-Layout (zumindest für Englisch) überlegen
 - Alternative Treiber für verschiedene Betriebssysteme verfügbar



Weitere Verfahren zur Texteingabe

- Optische Zeichenerkennung (*optical character recognition, OCR*):
 - Analyse von Bilddaten zur Erkennung von Schrift-Glyphen
 - Recht zuverlässig für gedruckte Texte guter Wiedergabequalität und Standard-Schriften
- Handschrifterkennung:
 - Meist in Kombination mit Digitalisiertablett oder druckempfindlichem Bildschirm (siehe unten)
 - Zur Effizienzsteigerung: Künstliche Speziialschrift (z.B. Palm *Graffiti*)
 - Versuch zur Erkennung beliebiger Schrift
 - Oft "Training" auf individuelle Schrift nötig
 - Neuerdings brauchbare Ergebnisse auch ohne Training (z.B. Microsoft TabletPC)



1D Pointing Device

Example: Computer Rope Interface

- Interface to move up and down
- Visualization of rainforest vegetation at the selected height
- Exhibition scenario
- Users: kids 4-8



<http://web.media.mit.edu/~win/Canopy%20Climb/Index.htm>

Example: Computer Rope Interface



Example: Computer Rope Interface



- Low tech implementation
- Mouse scrolling

Rope Interface Video

- <http://web.media.mit.edu/~win/Canopy%20Climb/Rope%20Interface%20Export2.avi>
- <http://web.media.mit.edu/~win/Canopy%20Climb/Treemovie.avi>

Pointing Devices with 2DOF

- Pointing devices such as
 - Mouse
 - Track ball
 - Touch screen
- Off the desktop other technologies and methods are required
 - Virtual touch screen
 - Converting surfaces into input devices
 - Human view

Manuelle Zeigegeräte

- Manuelle Zeigegeräte ermöglichen die Festlegung von Punkten und Richtungen, allgemeiner also von Vektoren.
 - Zweidimensionale Eingabe
 - Dreidimensionale Eingabe (siehe etwas später)
- Klassifikationen:
 - *direkt* oder *indirekt*: Integration mit Darstellung oder abgesetztes Gerät (Beispiele: Touchscreen = direkt, Maus = indirekt)
 - *diskret* oder *kontinuierlich* (Beispiele: Touchscreen = diskret, Maus = kontinuierlich)
 - *absolute* oder *relative* Positionierung (relativ zur Vorgängerposition) (Beispiele: Touchscreen = absolut, Maus = relativ)

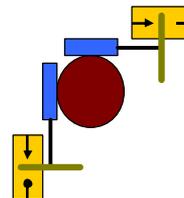
Maus (1)



- Bekanntestes Zeigegerät
 - Entwickelt von Doug Engelbart 1964, 1973 eingesetzt im Xerox "Alto"-System
 - Auflösung typisch 100...300 Impulse/cm (bzw. 250...800 cpi, *counts per inch*)
 - Klassifikation: indirekt, kontinuierlich, relative Positionierung
- Prinzip:
 - Bewegung der Maus in x- und y-Richtung wird durch Sensoren ermittelt und von Treibersoftware ausgewertet
 - Meist Darstellung einer aktuellen Position als Mauszeiger (*cursor*) auf dem Bildschirm
 - Maus kann ihre absolute Position nicht mitteilen
 - Bewegung der Maus meist klein im Vergleich zur Auslenkung des Mauszeigers auf dem Bildschirm
 - Geschwindigkeit des Cursors individuell einstellbar
 - "ballistische" Steuerung: Cursor bewegt sich bei schnellen Bewegungen überproportional schnell

Maus (2)

- Mechanische Maus:
 - Kugel nimmt Bewegung auf und überträgt x- und y-Komponente auf Drehwalzen
 - Drehung der Walzen durch Lochscheiben und Lichtschranken in digitales Signal umgewandelt
 - Je Scheibe *zwei* Lichtschranken: ermöglicht die Bestimmung der Drehrichtung



- Optische Maus:
 - Kommt ohne Kugel aus – geringeres Verschmutzungsproblem
 - Ältere Modelle: Spezielle Unterlage (horizontale/vertikale Striche) wird beleuchtet und Reflexlicht mit Fotosensoren ausgewertet
 - Neuere Modelle: Arbeiten mit beliebiger Unterlage (Bildverarbeitungstechnologie)

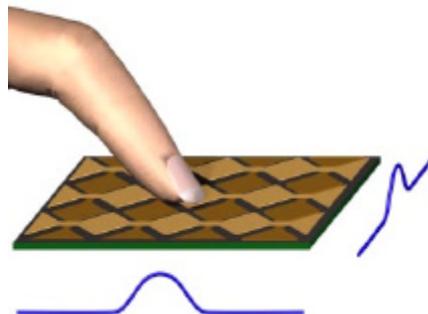
Trackball



- Grundprinzip identisch zur mechanischen Maus
 - "auf dem Rücken liegende Maus"
- Meist größere Drehkugel im Vergleich zur Maus
- Stationär, dadurch geringer Platzverbrauch
- Gelegentlich in Tastaturen integriert (z.B. ältere Laptops)
- Ergonomie:
 - Hand kann in ruhender Position verbleiben
 - Bei geeignetem Aufbau relativ geringe Belastung der Sehnen
 - Allerdings in der Bedienung etwas gewöhnungsbedürftig

Touchpad

- Rechteckige berührungsempfindliche Fläche (z.B. 6 x 8 cm)
- Bewegung des Cursors durch Fingerbewegungen beschrieben
- Anwendung sehr ähnlich zu Maus
 - Klassifikation: indirekt, kontinuierlich, relative Positionierung
- Funktionsprinzip:
 - Zweidimensionales Elektrodenraster, bildet Array von Kondensatoren
 - Annäherung eines elektrisch leitfähigen Gegenstands (bzw. des Fingers) verändert die Kapazität
 - Auflösung bis zu 1000 cpi



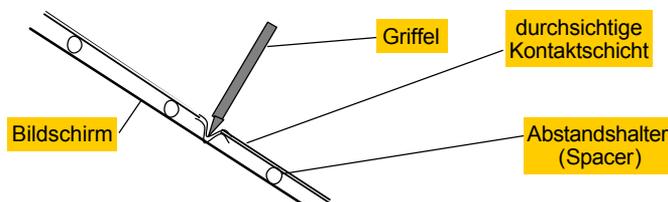
Grafiktablett



- Position eines (kabellosen) Griffels oder einer Lupe auf einer speziellen rechteckigen Arbeitsfläche wird 200- bis 500mal je Sekunde gemessen
 - Klassifikation: indirekt, kontinuierlich, *absolute* Positionierung
- Techniken zur Positionsbestimmung:
 - Elektrischer Widerstand in Leitermatrix
 - Per Ultraschall (*tracking*)
 - Über Magnetfelder
 - Magnetostriktion (d.h. Messung der magnetischen Effekte der Verformung)
- Auflösung bis zu 1000 Linien/cm (2500 cpi)
 - Hohe Präzision
 - Sichere absolute Positionierung
- Anwendung:
 - bei manuellen Zeichenvorgängen mit hoher Genauigkeitsanforderung
 - zur manuellen Digitalisierung von (Papier-)Vorlagen

Touchscreen

- Berührungsempfindliche Ausstattung von Bildschirmen beliebiger Technik
 - Durchsichtige Schicht über der Anzeige (Prinzip wie Grafiktablett)
 - Berührung entweder mit Griffel oder mit Finger
 - Einsatz z.B. bei Portable Digital Assistants, TabletPC, Kiosk-Systemen
 - Klassifikation: direkt, oft diskret, absolut
- Techniken:
 - Alternativen wie bei Grafiktablett
 - Abbildung: Potentiometrische (= elektr. Widerstands-) Messung mit einer Leiterbahnmatrix



Joystick und Trackpoint

- Hebel mit zwei Freiheitsgraden, automatische Rückführung in Mittelposition
- Dynamische Positionierung:
 - Auslenkung löst (Bewegungs-)Effekt aus, der auch bei stillstehendem Joystick anhält
 - Erst Bewegung in Grundposition (Loslassen) beendet Bewegungsimpuls
- Ungeeignet zur Positionierung von Gegenständen
- Typischer Einsatz zur Steuerung von virtueller oder echter Bewegung
 - Computerspiele
 - Flugzeug
 - (in Vorbereitung:) Kraftfahrzeug



Technisch ähnlich, aber ohne dynamische Positionierung:
"Touchpoint" oder "Trackpoint"

Lichtgriffel

- Direktes Zeigergerät für Kathodenstrahl-Bildschirme
- Kabelgebundener Stift mit Lichtsensor an der Spitze
- Sensor registriert "Vorbeikommen" des Elektronenstrahls beim Bildaufbau und sendet Signal zur Grafikkarte
 - Positionsbestimmung in enger Zusammenarbeit mit dem Bildaufbau
- Weit verbreitet in frühen anspruchsvollen Grafik-Anwendungen, z.B. CAD
- Heute nur geringe Verbreitung
- Klassifikation: direkt, kontinuierlich, absolute Positionierung



Virtual Touch Screen

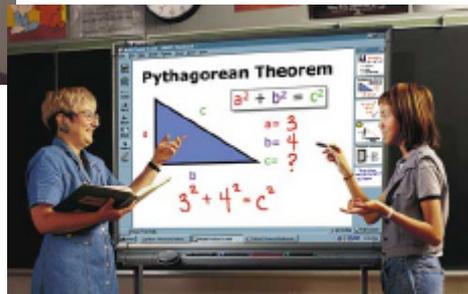
- Surfaces are converted into touch screens
- Image/video is projected onto the surface
- Using a camera (or other tracking technology) gestures are recognized
- Interpretation by software
 - simple – where is someone pointing to
 - complex – gestures, sign language
- application
 - Kiosk application where vandalism is an issue
 - Research prototypes ...



Smart-Board



- Large touch sensitive surface
- Front or back projection
- Interactive screen



Smart-Board DViT (digital vision touch)



Figure 1: DViT Technology Camera

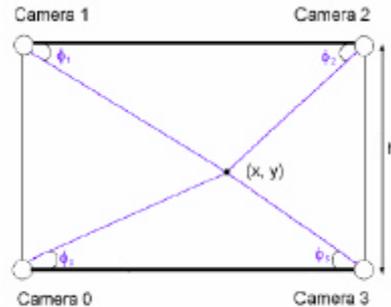


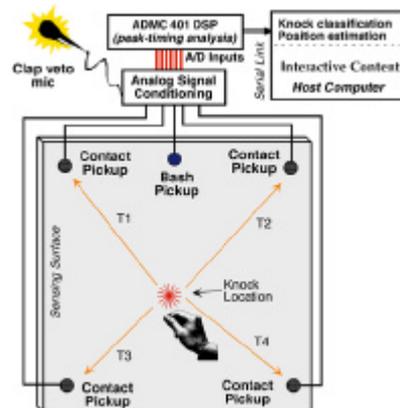
Figure 2: Camera Identification of a Contact Point

- Vision based, 4 cameras, 100FPS
- Nearly on any surface
- More than one pointers
- <http://www.smarttech.com/dvit/index.asp>

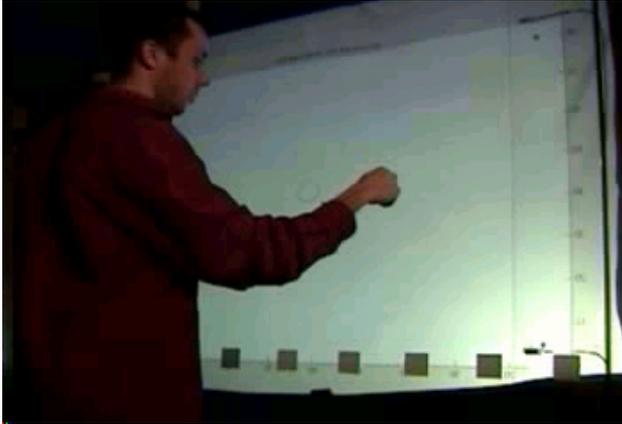
Example: Window Tap Interface

- locates the position of knocks and taps atop a large sheet of glass.
- piezoelectric pickups
 - located near the sheet's corners
 - record the structural-acoustic wavefront
 - relevant characteristics from these signals,
 - amplitudes,
 - frequency components,
 - differential timings,
 - to estimate the location of the hit
 - simple hardware
 - no special adaptation of the glass pane
 - knock position resolution of about $s=2$ cm across 1.5 meters of glass

<http://www.media.mit.edu/resenv/Tapper/>



Example: Window Tap Interface



<http://www.media.mit.edu/resenv/Tapper/>

Example: Window Tap Interface



• <http://www.media.mit.edu/resenv/Tapper/>