

Einleitung

Human Machine Interface
Software-Ergonomie

Grundlagen

Wahrnehmung
Gedächtnis
Interaktion
Handlungsprozesse

Design

Interaktionsformen
Dialogsysteme

Modelle

Kognitive Modelle
Kommunikationsmodelle
Systemmodelle

Evaluierung

Messung der Benutzbarkeit

Wahrnehmung

- ▶ Sensorik
- ▶ Sehen
- ▶ Wahrnehmungsfehler
- ▶ Tiefensehen
- ▶ Hören
- ▶ Tastsinn

Sensorik

Die Sensoren nehmen die Reize der Umgebung auf und leiten sie als Nervenimpulse weiter. Außerdem gegebenenfalls Vorverarbeitungen

5 Sinne

- ▶ Sehen 80% der Datenmenge
- ▶ Hören 15% der Datenmenge
- ▶ Tasten, Fühlen
- ▶ Schmecken
- ▶ Riechen

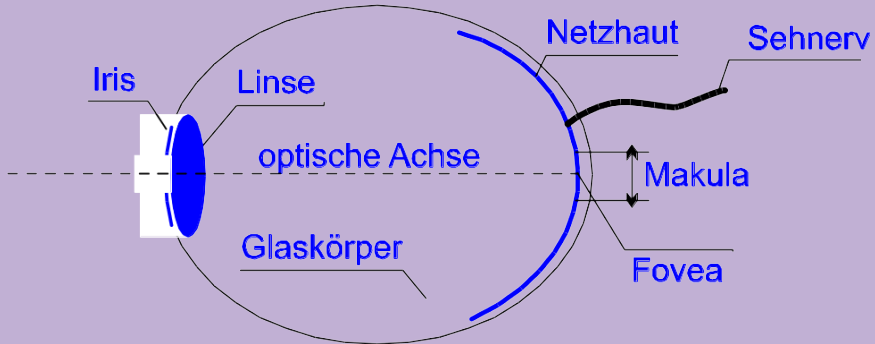
Statisches Sehen

- ▶ Hell-dunkel sehen
- ▶ Farbe sehen
- ▶ Scharf sehen
- ▶ Nichts sehen

Dynamisches Sehen

- ▶ Bewegungen sehen
- ▶ Peripheres Sehen

Auge



Rezeptoren

Stäbchen

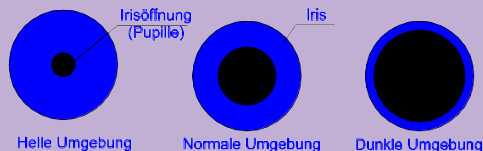
- ▶ Helligkeitsunterschiede (Graustufen)
- ▶ 95% aller Sehzellen
- ▶ Hochempfindlich

Zapfen

- ▶ Farbsehen
- ▶ Drei verschiedenen Arten
- ▶ Farbpigmente: Rot, Grün oder Blau.
- ▶ Weniger empfindlich als Stäbchen

Kontrastumfang

- ▶ Helligkeitseindruck
 - ▶ Stäbchen sind verantwortlich
 - ▶ Kontrastumfang ungefähr bei 1:200 bis 1:250.
 - ▶ Anzahl der unterscheidbaren Graustufen: ca. 200- 250



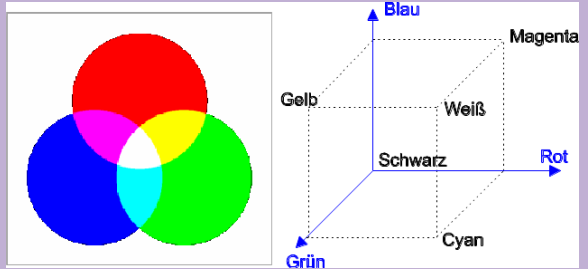
- ▶ Adaption der Iris
 - ▶ Reguliert Lichtmenge durch die Irisöffnung (Pupille)
 - ▶ Adaption durch die mittlere Helligkeit des gesamten Blickfeldes bestimmt.

Adaption

- ▶ Helligkeiten über fünf Größenordnungen (1:100.000)
- ▶ Allerdings nicht gleichzeitig
 - ▶ Regulation durch die Iris für die gesamte Netzhaut
- ▶ Anpassung dauert
 - ▶ Sekunden bis Minuten
 - ▶ Abhängig vom Helligkeitsunterschied
- ▶ Hell→ Dunkel dauert länger als Dunkel→Hell

Farbe sehen

- ▶ Alle sichtbaren Farben werden aus den Eindrücken der 3 Zapfen-Typen gemischt
- ▶ Additive Farbmischung
- ▶ RGB-Farbraum



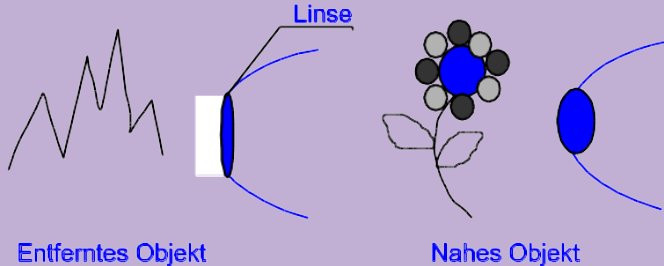
Farbmischung

- ▶ 3 Zapfentypen
 - ▶ 3 Primär-(Grund-)Farben
 - ▶ (Fast) beliebige Wahl der Grundfarben
- ▶ RGB ist Grundlage aller Displays
- ▶ Auch andere 3 Farben als RGB möglich
 - ▶ CMY im Druckbereich
 - ▶ CMYK um tiefes Schwarz zu erzeugen

Scharf sehen

Fokussierung durch Akkomodation

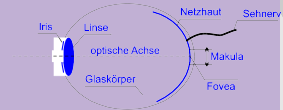
- ▶ Verdickung der Linse durch Muskeln



- ▶ Körperliche Anstrengung
- ▶ Entspannte Muskeln -> Fokus in 30 cm Entfernung

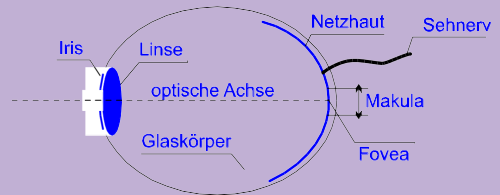
Fokus

- ▶ Makula
 - ▶ Kreis von ca. 5 mm Durchmesser in der optischen Achse
 - ▶ Hauptsächlich farbempfindliche Zapfen
- ▶ Fovea
 - ▶ Mitte der Makula
 - ▶ Ort der größten Sehschärfe
 - ▶ Aufmerksamkeit
- ▶ Am Rande des Gesichtsfeldes ist es schwieriger, Farben zu unterscheiden.



Nichts sehen

- ▶ Blinder Fleck
 - ▶ Keine Rezeptoren
 - ▶ Austrittsstelle des Sehnervs
 - ▶ Dort wird nichts wahrgenommen
- ▶ Kompensation
 - ▶ Zwei Augen
 - ▶ Zitter-Bewegungen des Auges (Saccaden)

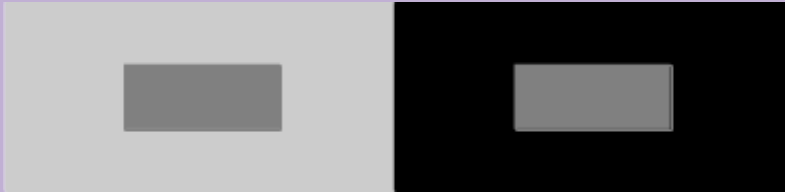


Wahrnehmungsfehler

- ▶ Vorverarbeitung der Bilder in der Netzhaut
- ▶ Querverbindungen zwischen Rezeptoren
 - ▶ Einfachere Erkennung von Objekten
 - ▶ Datenreduktion
- ▶ Keine Auswirkungen bei natürlichen Bildern
- ▶ Fehler provozieren durch künstliche Bilder
 - ▶ Simultankontrast
 - ▶ Mach'sche Bänder
 - ▶ Hermann-Gitter

Simultankontrast

- ▶ Unterschiedliche Grauwerte der kleinen Rechtecke?



Nein!

- ▶ Fälschliche Wahrnehmung von Kontrast bei simultaner Präsentation gleicher Grauwertflächen

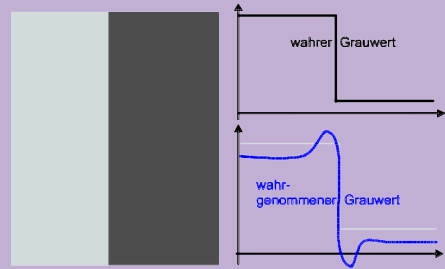
Laterale Hemmung

- ▶ Verknüpfung von Rezeptor-Zellen
 - ▶ Gegenseitige Beeinflussung
- ▶ Laterale Hemmung
 - ▶ Je mehr Licht auf eine Rezeptorzelle fällt,
 - ▶ Desto mehr hemmt sie die Erregung der Nachbarzelle
 - ▶ Lateral = seitlich
- ▶ Schwarze Umrandung
 - ▶ Unterbricht die laterale Hemmung



Mach'sche Bänder

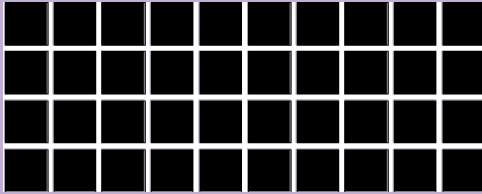
- An einer Kante werden schwarze und weiße Streifen wahrgenommen



Ursache: laterale Hemmung

Hermann-Gitter

- ▶ An den Kreuzungspunkten werden graue Kreise wahrgenommen



- ▶ Nur nicht dort, wo man hinsieht
- ▶ Ursache: laterale Hemmung
 - ▶ An den Kreuzungen von 4 Seiten
 - ▶ An den Streifen nur von oben und unten

Subjektive Farben

- ▶ Der benannte Farbwert ist vollkommen willkürlich und hat mit der Natur der gemessenen elektromagnetischen Wellen nicht viel zu tun.
- ▶ Die Benennung und Beurteilung von Farben ist eine vollkommen subjektive Angelegenheit und entsteht nicht im Auge, sondern ausschließlich im Gehirn des Betrachters.
- ▶ Es ist daher recht erstaunlich, dass sich die meisten Menschen über einen Farbeindruck und seine Benennung einigen können.

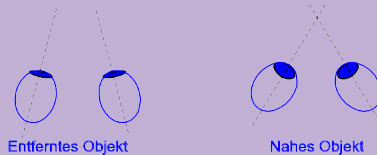
Farb-Assoziationen 1

- ▶ **Rot:** Blut, Feuer, Gefahr, Liebe, Hitze, Energie, Weiblich, Luxus, Leidenschaft, Stopp
- ▶ **Grün:** Natur, Neid, Hoffnung, Beruhigung, Gift, Frische, Gesund, Leben, Herb, OK
- ▶ **Blau:** Kühle, Neutral, Dynamisch, Jeans, Männlich, Adel, Cool, Kompetenz, Ferne
- ▶ **Gelb:** Sonne, Lebendig, Wärme, Gold, Reif, Neid, Fernwirkung, Warnung (mit Schwarz)
- ▶ **Violett:** Macht, Klerus, Fasten, Magie, Dekadenz, Sünde, Eitelkeit, Extravaganz

- ▶ **Rosa:** Niedlich, Süß, Zart, Baby, Klein, Blaß, Naiv, Lieblich, Sanft, Romantik
- ▶ **Orange:** Modern, Billig, Lustig, Jung, Energie, Vergnügen, Extrovertiert, Aufdringlich
- ▶ **Braun:** Wärme, Verfall, Behaglich, Faschismus, Patina, Faul, Aromatisch, Altmodisch
- ▶ **Schwarz:** Nacht, Eleganz, Tod, Trauer, Neutral, Schwer, Bedrohung, Nichts, Unglück
- ▶ **Grau:** Blass, Nebel, Neutral, Langweilig, Theorie, Arm, Heimlich, Edel, Unfreundlich
- ▶ **Weiß:** Rein, Hell, Vollkommen, Steril, Neutral, Braut, Leer, Unschuld, Gespenst, Leicht

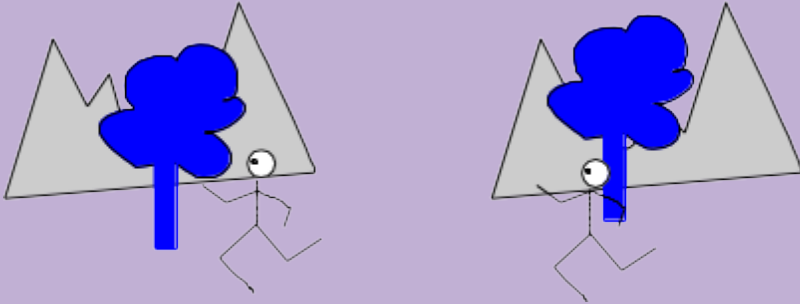
- ▶ Wahrnehmung von drei Dimensionen
- ▶ „Tiefe des Raumes“
- ▶ Überlebenswichtig
- ▶ Nicht im Auge sondern in mehreren Prozessen im Gehirn
- ▶ Parallele Auswertung mehrerer Kriterien

- ▶ Okulus“ ist lateinisch für das Auge und „motorisch“ deutet auf Bewegung hin
- ▶ Gehirn berechnet die Entfernung des Fokus aus:
- ▶ Anspannung der Augenmuskeln für das Scharfstellen der Linse (Akkomodation)
- ▶ Augenstellung (bifokale Konvergenz)



- ▶ Verdecken von Objekten
- ▶ Relative Größe
- ▶ Relative Höhe im Blickfeld
- ▶ Atmosphärische oder Luftperspektive
- ▶ Texturgradient
- ▶ Perspektivische Verzerrung
- ▶ Beleuchtung und Schattenwurf
- ▶ Alle Kriterien auch auf „flachem“ Bild einsetzbar

- ▶ Fortschreitendes Zu- oder Aufdecken von Flächen
- ▶ Bewegungsparallaxe



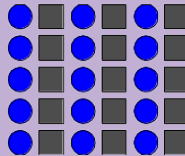
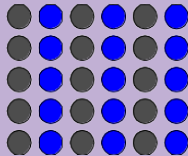
Querdisparation

- ▶ Der gleiche Punkt im Blickfeld wird auf verschiedene Stellen in der Netzhaut des linken und rechten Auges abgebildet.
- ▶ Aus dieser Abweichung errechnet das Gehirn das wichtigste Kriterium für Tiefenwirkung.
- ▶ Ohne dieses Kriterium wirken Bilder zwar dreidimensional, bleiben aber flach.

- ▶ Gruppierung und Zusammenfassung von einzelnen Objekten zu einer Gestalt.
- ▶ Ähnlichkeit
- ▶ Nähe – das dominanteste Gestaltgesetz
- ▶ Prägnanz oder Gute Gestalt
- ▶ Fortsetzung und Ergänzung
- ▶ Gemeinsames Schicksal
- ▶ Vertrautheit

Ähnlichkeit

- ▶ Gruppieren der ähnlichen Objekte



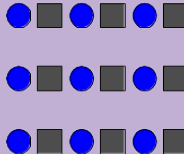
- ▶ Unterschiede nach Form und/oder Farbe

Nähe

- ▶ Welche Objekte werden gruppiert?

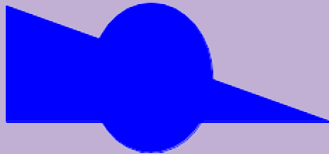


- ▶ Nähe ist ein sehr dominantes Merkmal
 - ▶ Übertragt alle anderen



Prägnanz

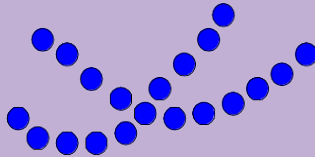
- ▶ Die Figur unten ist eine farbige Fläche



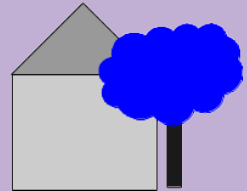
- ▶ Wahrgenommen werden meistens und vorwiegend eine Ellipse und ein Dreieck
- ▶ Beide sind prägnante, das heißt einfache und bekannte, Gestalten

Fortsetzung und Ergänzung

- ▶ Auf einer Linie liegende Objekte werden als Gruppe wahrgenommen

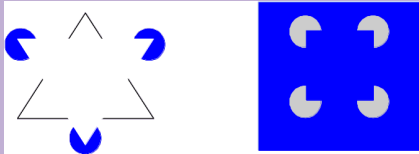


- ▶ Bekannte Objekte werden fortgesetzt



Optische Täuschungen

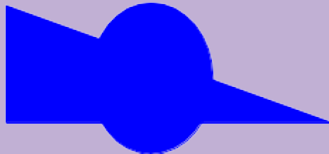
- ▶ Es werden verdeckende Figuren wahrgenommen, obwohl die nicht da sind



- ▶ Entstehen durch irrige Fortsetzungen

Vertrautheit

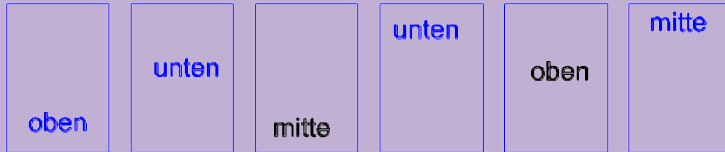
- ▶ Außer den einfachen Figuren oben, lässt sich auch die Front eines Formel1-Rennwagens erkennen



- ▶ Jetzt ist es schwierig, Ellipse und Dreieck wieder einzeln zu sehen.
- ▶ Einmal vertraut gewordenes kann nicht wieder ignoriert werden

Widerstrebende Informationen

- Sagen Sie so schnell wie möglich die Position des jeweiligen Textes (unten, mitte, oben)



- Sagen Sie so schnell wie möglich die Farbe des jeweiligen Wortes:

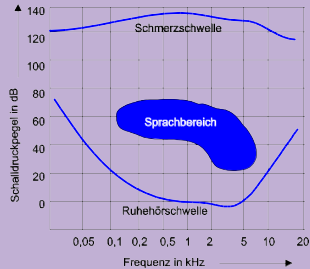
Rot gelb blau grün rot braun schwarz blau gelb|

Man kann nicht nicht lesen

- ▶ Frequenzbereich und Lautstärke
- ▶ Tonhöhen unterscheiden
- ▶ Richtungshören
- ▶ Akustische Orientierung
- ▶ Störung und Lärm

Frequenzbereich

- ▶ 20 Hz - 20 kHz
- ▶ Verständlich: 300Hz - 3 kHz (Telefon)



Tonhöhen unterscheiden

- ▶ Wenige haben das „absolute Gehör“
- ▶ Aufeinanderfolgende Töne können aber gut unterschieden werden
- ▶ Wahrnehmungsfehler

Richtungshören

- ▶ Hören mit 2 Ohren (binaurales Hören)
 - ▶ Zeitliche Differenz der Signallaufzeit zwischen den Ohren
 - ▶ Phasenverschiebung
 - ▶ Lautstärkeunterschied zwischen linkem und rechtem Ohr
 - ▶ Gut in horizontaler Richtung
 - ▶ Ohren liegen auf einer horizontalen Ebene
- ▶ Vertikale Ortung ist dagegen sehr ungenau
 - ▶ Möglich durch die asymmetrische Form von Ohrmuscheln + Kopf
 - ▶ Schallsignale von oben anders gedämpft als von unten

Schlecht zu orten

- ▶ Sehr tiefe Töne.
 - ▶ Die Wellenlänge von 30-Hz-Tönen liegt bei 10m.
 - ▶ Entfernung der Ohren von ca. 20 cm \rightarrow keine Phasendifferenz
 - ▶ Keine Richtung feststellbar
- ▶ Sehr hohe Töne ab 10 kHz
 - ▶ Die Wellenlänge liegt unter 3cm.
 - ▶ Gleiche Phase in den 20 cm Ohrabstand mehrfach wiederholt
 - ▶ Eindeutige Ortung der Schallquelle ist damit auch nicht möglich

Schlecht zu orten 2

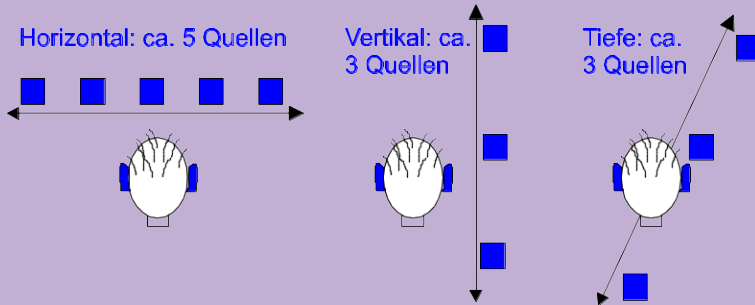
- ▶ Sinustöne
 - ▶ Keine redundanten Informationen über Phasenverschiebungen
 - ▶ Phasenverschiebung von 0° nicht von einer um 180° , 360° usw. unterscheidbar
 - ▶ Eine eindeutige Auswertung ist damit ebenfalls nicht möglich.
 - ▶ Brandmelder oder elektronische Wecker

Künstlicher Raumklang

- ▶ Künstlicher räumlicher Eindruck
- ▶ Mindestens zwei Schallquellen (Lautsprecher)
 - Stereophonie.
- ▶ Verbessertes räumliches Schallfeld
 - 5.1-Soundsystem
 - ▶ 5 im Raum verteilte kleine Lautsprecher für die mittleren und hohen Töne,
 - ▶ 1 steht für einen großen Basslautsprecher (Subwoofer) irgendwo im Raum (nicht zu orten)

Akustische Orientierung

- Es kann nur eine kleine Anzahl von Schallquellen im Raum geortet werden



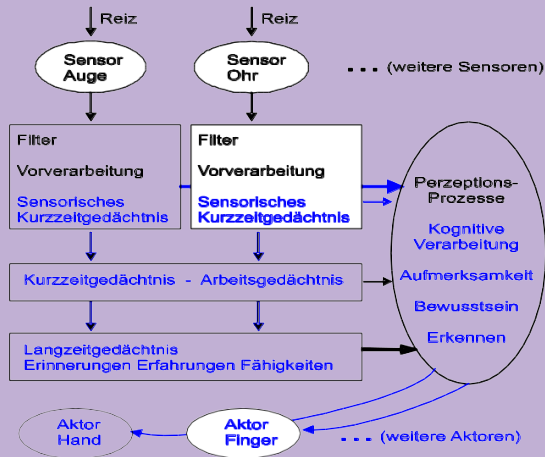
Störung und Lärm

- ▶ Akustische Störungen sind effektiver als optische
- ▶ Man kann seine Ohren nicht schließen
- ▶ Die Störungen können nicht selber beseitigt oder ignoriert werden.
- ▶ Störungen können aus allen Richtungen kommen
- ▶ Ein Wegdrehen nützt nichts, im Gegensatz zum Wegsehen.
- ▶ Plötzliche Schallsignale lenken sofort alle Aufmerksamkeit auf sich

Störung und Lärm

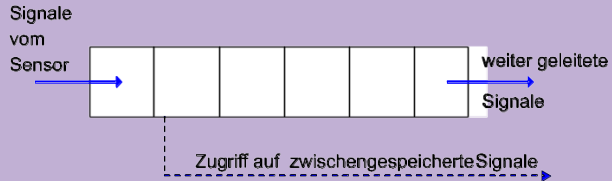
- ▶ Durch Störgeräusche wird die Hörschwelle angehoben
 - ▶ In einer lauten Umgebung muss auch lauter gesprochen werden
 - ▶ Sprache übertönende (maskierende), Störgeräusche vermeiden
- ▶ Ohr passt sich dem Schallpegel an (Adaption)
 - ▶ Zirkel der Lautstärkeerhöhung
 - ▶ Beschädigung des Ohrs
- ▶ Beeinträchtigen massiv die Aufmerksamkeit

Gedächtnis



Sensorisches Kurzzeitgedächtnis

- Speichert die Signale der Sensoren
- Struktur: First In First Out (FIFO)



- Ca. 1 Sekunde lang Zugriff

Veränderungsblindheit

- ▶ Psychologe Kevin O'Regan (2005)
- ▶ Wenn Zwischen den beiden zu vergleichenden Bildern oder Darstellungen kurzzeitig eine Störung wie beispielsweise ein komplett helles Bild gezeigt wird, sind Änderungen nur noch sehr schwer zu erkennen, selbst wenn sie größere Teile des Bildes betreffen.
- ▶ Da Änderungen so nicht mehr wahrgenommen werden, nennt er den Effekt *change blindness* oder Veränderungsblindheit.

Kurzzeitgedächtnis

- ▶ Das Kurzzeitgedächtnis ist so etwas wie der Arbeitsspeicher des Gehirns und damit des Wahrnehmungsapparates.
- ▶ Die Dinge und Objekte, mit denen wir uns gerade im Geiste beschäftigen, auf die wir uns konzentrieren, werden hier gespeichert.
- ▶ Damit werden die „Gegenwart“ und das Bewusstsein definiert

Kontext

- ▶ Das Kurzzeitgedächtnis definiert den Kontext Kann dazu verwendet werden, den Anwender in die gewünschte Denkrichtung zu schicken
 - ▶ Mathematik - Wurzel
- ▶ Bei der Gestaltung eines Programms
 - ▶ Den Kontext des Benutzers stets beachten
 - ▶ Passende Funktionen anbieten
 - ▶ Entsprechende Rückmeldungen geben

Kapazität

- ▶ Die Kapazität des KZG ist typischerweise:
 7 ± 2 **Elemente**
- ▶ Menschen können sich also zwischen 5 und 9 Elementen merken Elemente (Zeichen, chunks) können Zahlen, Bilder oder zusammengesetzte Zeichen sein
- ▶ Bei der Wiedererkennung kommt das Langzeitgedächtnis ins Spiel

Langzeitgedächtnis

- ▶ Fakten und Konzepte
- ▶ Wissen
- ▶ Fähigkeiten und Abläufe
- ▶ Gesellschaft und Kultur

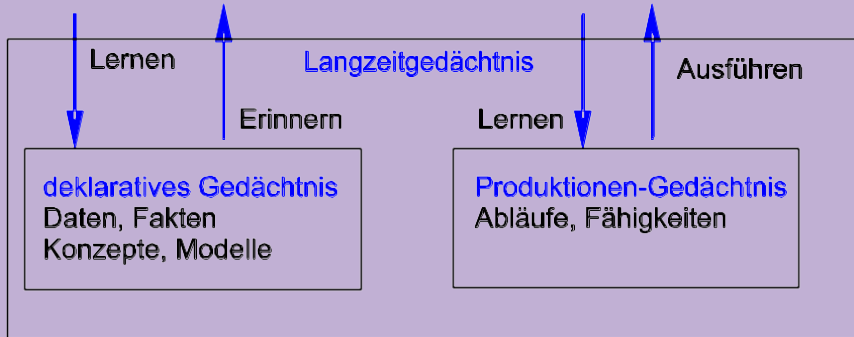
Inhalt des LZG

- ▶ Fakten, Daten und Konzepte, die explizit formuliert sind, wie einzelne Worte, Vokabeln, Gerüche, Gefühle und Regeln wie Grammatik,
- ▶ Bilder und Vergleiche, mit denen ein Gegenstand oder eine ganze Situation erfasst und erkannt werden können
- ▶ Zusammenhänge und Schlussfolgerungen, die aus der Kombination von Beobachtetem und Gelerntem und Erfahrenem gezogen werden

Inhalt des LZG

- ▶ Abläufe, die eine Reihe von komplexen Handlungen umfassen und die immer das gleiche Ziel erreichen. Einmal gestartet, müssen diese Abläufe nicht mehr bewusst gesteuert werden. Nur wenn der Ablauf nicht dem Gewohnten entspricht, schaltet sich wieder das bewusste Überlegen ein.
 - ▶ Kognitive Aktionen wie das Schreiben eines Textes, Kopfrechnen oder das Gestalten einer Benutzungsoberfläche
 - ▶ Motorische Aktivitäten des eigenen Körpers, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen, z.B. Fahrradfahren.

Aufbau



ACT-Modell

- ▶ ACT = Adaptive Control of Thought = verbesserte Version des Modells
- ▶ Deklaratives Gedächtnis
 - ▶ Fakten und Konzepte
 - ▶ Statische, beschreibende Daten
 - ▶ Mit Hilfe seiner Informationen sind wir beispielsweise erst in der Lage, Objekte zu erkennen, einem abstrakten „Pixelgebilde“ eine Bedeutung zu geben.
 - ▶ Erkannte Objekte werden Konzepten zugeordnet.

Merkmale

- ▶ Eigenschaften eines Objekts extrahieren und abstrahieren
 - ▶ als Merkmalsvektor im LZG ablegen
- ▶ Objekt erkennen
 - ▶ abstrakte Merkmale ermitteln
 - ▶ Mit den Merkmalsvektoren im Langzeitgedächtnis vergleichen
 - ▶ Nur die, die in den aktuellen Kontext passen.
 - ▶ Verknüpfung des KZG und des LZG

Kognitive Dissonanz

- ▶ Es dauert erheblich länger ein Objekt zu erkennen, das nicht in den aktuellen Kontext hineinpasst.
- ▶ Das Festhalten am aktuellen Kontext führt dazu, dass Dinge, die nicht in die Situation passen, komplett ausgeblendet und ignoriert werden.
- ▶ Fehler werden begangen, obwohl die Beteiligten mehr als genug Zeit hatten, sie zu vermeiden – die bedrohliche Situation passt einfach nicht in den Kontext und wird daher zu lange nicht erkannt:
- ▶ Es kann nicht sein, was nicht sein darf.

Wissen

- ▶ Verknüpfungen der Daten – die Gesamtheit aus Daten und Verknüpfungen wird als Wissen bezeichnet.
 - ▶ Aufgabenwissen im jeweiligen Fachgebiet
 - ▶ Bedienungswissen über die verwendeten Ausdrücke, den Aufbau von Menüs, das Aussehen und die Bedeutung von Icons
- ▶ Durchgehende Anwendung des Wissens
- ▶ Durch konsistente Gestaltung der Interaktionen gemäß Vorwissen:
 - ▶ Der Nutzer kann die Anforderungen und Interaktionselemente schneller erkennen.

Fähigkeiten und Abläufe 1

- ▶ Produktionen-Gedächtnis (ACT*-Modell)
 - ▶ Enthält Fähigkeiten und Abläufe oder Prozeduren
 - ▶ Werden abgerufen und ausgeführt, wenn bestimmte Situationen oder Auslöser (Produktionen) vorliegen.
- ▶ Fähigkeiten und Abläufe
 - ▶ nicht so stark abstrahiert wie die oben behandelten Objekte
 - ▶ so abgespeichert, dass sie sofort und ohne weiteres Überlegen automatisch ablaufen können.
 - ▶ Dazu gehören motorische Fähigkeiten, wie das Jonglieren oder das Fahrrad- oder Autofahren.

Fähigkeiten und Abläufe 2

- ▶ Erkennen, dass ein Auslöser vorliegt
 - ▶ Gut trainierte Menschen führen die erlernten Prozeduren auch aus, ohne darüber nachzudenken.
 - ▶ Im Sport aber auch in beruflichen Situationen, in denen es auf schnelle Reaktion ankommt, ist diese Fähigkeit sehr wichtig.

Automatisierung

- ▶ Nicht komplett automatisiert
 - ▶ Da sie ständig in der aktuellen Situation nachgeregelt werden müssen.
 - ▶ Diese Regelung erfolgt aber ohne bewusstes Eingreifen.
- ▶ Mensch-Computer-Interaktion
 - ▶ direkt gekoppelte Folgen von Funktionsaufrufen, über Tastatur, Menüs oder Dialoge
- ▶ Für ein effizientes Arbeiten
 - ▶ Ablauf immer auf die gleiche Art und Weise
 - ▶ Eine konsistente Gestaltung der Interaktionen

Gesellschaft und Kultur

- ▶ LZG speichert nicht nur harte Fakten
 - ▶ auch emotionalen und sozialen Erfahrungen
 - ▶ modelliert Gesellschaft bzw. Kultur
- ▶ Bedeutung von Symbolen – was in der einen Kultur ein Milchvieh ist, ist in der anderen ein heiliges Tier. Was in Westeuropa die Farbe der Reinheit ist, ist in China die Farbe der Trauer
- ▶ Umgangsformen, Ansprache – nicht jeder Besucher einer Website möchte geduzt werden, nicht jeder findet ein Sie angemessen

Assoziationen

- ▶ Aufnehmen neuer Informationen, Erlernen,
- ▶ Die kognitiven Prozesse versuchen, die neuen Fakten und Eigenschaften mit den bereits vorhandenen zu verbinden und zu verknüpfen.
- ▶ Je besser das gelingt, desto mehr festigt sich das bereits vorhandene Wissen und desto einfacher werden neue Informationen dem Langzeitgedächtnis dauerhaft hinzugefügt.
- ▶ Beispiel: (Strg) **S** - Speichern

Mentale Modelle

- ▶ Aufnehmen neuer Informationen
- Aufbauen von Verknüpfungen
- Aufbauen von mentalen Modelle
- ▶ Dieses mentale Modell repräsentiert den erlernten Gegenstand auf Basis bereits vorhandener Modelle
- ▶ Erlernen von Fakten und Konzepten
- ▶ Erlernen von Fähigkeiten und Abläufen.

Üben

- ▶ Die häufige Wiederholung festigen die entstehenden Verknüpfungen.
- ▶ Je häufiger und konzentrierter geübt wird, desto erfolgreicher ist das Lernen.
- ▶ Je mehr Wege dorthin führen, desto schneller und sicherer erinnern man sich.
- ▶ Je mehr Verknüpfungen da sind, desto mehr Assoziationen können diesen Verknüpfungen zu den gesuchten Informationen folgen.

Metaphern

- ▶ Bekannte Konzepte übertragen in die virtuelle Welt der Software.
- ▶ Die Analogie von realem und virtuellem Objekte sollte so konsistent wie möglich in der gesamten Anwendung durchgehalten werden.
- ▶ Grenzen von Metaphern:
 - ▶ z.B. Ein echtes Blatt Papier, das einer Datei entspricht, lässt sich nicht so einfach duplizieren und in mehrfachen Versionen in verschiedenen Ordnern ablegen.

Erfahrung

- ▶ Menge des bereits erworbenen Wissens
- ▶ Art und Weise, wie jemand eine Aufgabe löst,
- ▶ Eine Arbeitsaufgabe durchführt.
- ▶ Zwei Ideal-Typen: Anfänger und Experten.
- ▶ Im realen Leben: Mischtypen.

Anfänger

- ▶ Wenig Erfahrung (Fakten und Fertigkeiten)
- ▶ Ein Anfänger folgt expliziten Regeln
- ▶ Er denkt bei der Erledigung seiner Aufgaben viel bewusst über seine Aktionen nach
- ▶ Er richtet oft die Aufmerksamkeit vom Lösungsweg auf die Bedienung der Software
- Die Bearbeitung dauert länger als bei Experten
- Das Ziel wird nicht immer erreicht
- Anfänger machen mehr Fehler

Experten

- ▶ Große Erfahrung
 - ▶ Bezüglich Fakten und Fertigkeiten
 - ▶ Im Erkennen von Aufgabentypen und automatisiertem Lösen von Aufgaben
 - ▶ Setzt vorwiegend seine Erfahrung zur Erledigung der Aufgabe ein
- ▶ Hat mehr seine Aufgabe, das Ziel und den Lösungsweg im Kopf
- ▶ Führt die zur Erledigung notwendigen Aktionen
 - ▶ Automatisch
 - ▶ Ohne spezielle Aufmerksamkeit

Implizites Wissen

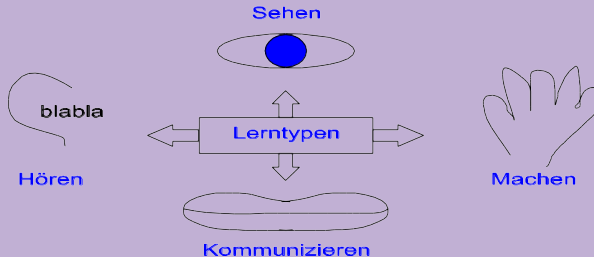
- ▶ Das meiste Wissen der Experten ist ihnen bewusst nur noch schwer zugänglich, sie können es nur schwer in Worte fassen.
- ▶ Es wird daher implizites Wissen genannt, im Gegensatz zum expliziten Wissen, das klare und in Worten formulierbare Fakten beinhaltet.
- ▶ Implizite Wissen trägt oft wesentlich dazu bei, dass Geschäftsabläufe funktionieren.

Kommunizieren und Motorik

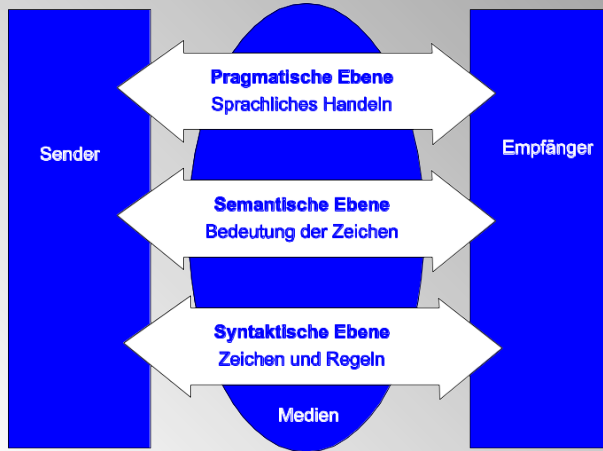
- ▶ Kommunizieren
 - ▶ Am besten wird in einer Gruppe gelernt, in der sich die Teilnehmer gegenseitig neue Erkenntnisse mitteilen.
 - ▶ Durch das eigene Verbalisieren wird der Inhalt intensiv wiederholt und damit schneller in mentale Modelle umgesetzt.
- ▶ Motorik
 - ▶ Selber machen ist der Schlüssel zum Verständnis: learning by doing.
 - ▶ Tutorials in denen Arbeitsaufgaben Schritt für Schritt selber durchgeführt werden können,

Folgerungen

- ▶ Je mehr Kanäle verwendet werden, desto erfolgreicher wird die Information aufgenommen und in das Langzeitgedächtnis übernommen.



Interaktion



Syntaktische Ebene

- ▶ Vorrat an Zeichen, von Sender und Empfänger gleich verstanden
 - ▶ Schriftzeichen, Buchstaben, Ziffern, Sonderzeichen
 - ▶ Laute, gesprochene Zeichen
 - ▶ Lichtsignale, Morsen, Schifffahrt, Ampeln
 - ▶ Bilder, Symbole, Verkehrsschilder, Icons
 - ▶ Aus mehreren Zeichen zusammengesetzte Zeichen (Superzeichen) wie IBM, 4711, R2D2
- ▶ Beziehungen zwischen Zeichen werden von Regeln festgelegt (Syntax)

Syntaktik – Probleme

- ▶ Verstöße des Senders gegen die Regeln der Syntax
 - ▶ Absichtlich oder unabsichtlich
 - ▶ Aus Unkenntnis oder aus Versehen
- ▶ Syntax ist so kompliziert, dass Sender oder Empfänger nicht sicher in der Anwendung sind

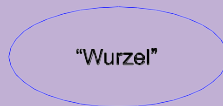
Semantische Ebene

- ▶ Bedeutung der Zeichen.
 - ▶ Jedes einzelne Zeichen
 - ▶ Kombinationen von Zeichen
- ▶ Objekt
 - ▶ Physikalischer Gegenstand
 - ▶ Vorstellung oder Gedanke



Bedeutung und Kontext

- ▶ Die Bedeutung eines Zeichens hängt vom Kontext ab
- ▶ Nicht eindeutig



Menschliche Zeichen – Gesten

- ▶ Gesten sind stark abhängig von Kultur und Gesellschaft
- ▶ Vorsicht vor Missverständnissen
- ▶ Anwendung in Mensch-Computer-Interaktionen nur wenn
 - ▶ Die Zielgruppe bekannt ist
 - ▶ Ihr kultureller Kontext bekannt ist

Tastatur

- ▶ Standardtastaturen
 - ▶ MF-II mit 101 Tasten (Windows: 105 Tasten)
 - ▶ Norm DIN 2137
- ▶ Laptop
 - ▶ Gedrängtes Layout
 - ▶ Cursortasten uneinheitlich
- ▶ Funktionstasten
 - ▶ Direkter Funktionsaufruf
 - ▶ Bedeutung auswendig lernen oder Tasten beschriften
 - ▶ Standardbedeutungen: (F1) für Hilfe oder (F5) für Aktualisieren

Touch-Screen

- ▶ Vereint Eingabe und Ausgabe in einem Gerät
- ▶ Direkte Manipulation möglich
- ▶ Größe der Interaktionselemente
 - ▶ Kleine und große Finger
 - ▶ Ggf. mit Handschuhen bedienbar
- ▶ Entfernung der Interaktionselemente
 - ▶ Ziele eindeutig festlegen
 - ▶ Nicht versehentlich mehrere auswählen
- ▶ Ein- und Ausgabeelemente nahe beieinander
 - ▶ Bewegung der Finger
 - ▶ Ergebnis der Eingabe
 - ▶ Ohne Blickänderung, Refokussierung, Akkomodation

Softkeys

- ▶ Kontext-abhängige Bedeutung von Tasten
 - ▶ Programm
 - ▶ Modus
 - ▶ Version/Baureihe
- ▶ Keine feste Beschriftung
- ▶ Display zeigt Bedeutung
- ▶ Beziehung zwischen Taste und Beschriftungen
 - ▶ Sofort, eindeutig erkennbar
 - ▶ Gestaltgesetz der Nähe
- ▶ Flexibel

Direkte Manipulation

- ▶ Reale Objekte durch grafische Objekte abbilden
- ▶ Grafische Objekte mit Zeigegerät
„anklicken“, „anfassen“ und „verschieben“
 - ▶ Von einem „Ordner“(-Icon) in einen anderen „Ordner“
 - ▶ Zellen in einem Spreadsheet-Programm
- ▶ Logische und physische Aktion sind sehr ähnlich
 - ▶ Weniger Fehler und Verwechslungen

Direkte Manipulation – Vorteile

- ▶ Benutzung ist einfach zu erlernen und zu behalten
 - ▶ Keine Befehle müssen erlernt werden
- ▶ Durchgängige Verwendung
 - ▶ Der Darstellung und der Aktionen
- ▶ Steuerung vorwiegend mit dem Zeigegerät
 - ▶ Nicht oft zur Tastatur wechseln müssen
- ▶ Breiter Kreis von Benutzern
 - ▶ Mit unterschiedlichen Vorkenntnissen

Direkte Manipulation – Nachteile

- ▶ Weniger Kontrolle
 - ▶ Typischerweise keine komplexen Parameter
- ▶ Arbeitsschritte können länger dauern
 - ▶ Tastatur-Steuerung für Experten
- ▶ Objekte müssen auf der Oberfläche gesucht werden
 - ▶ Keine direkte Auswahl nach Namen oder Eigenschaften
- ▶ Grafische Darstellung ist aufwändig

Direkte Manipulation – Aktionen

- ▶ Klick
 - ▶ Selektion -> Objekt wird hervorgehoben
 - ▶ Interaktionselement -> Aktion auslösen
- ▶ Doppelklick
 - ▶ Objekt öffnen
 - ▶ Eigenschaften anzeigen.
- ▶ Drag (and drop)
 - ▶ Objekte verschieben
 - ▶ Objekte verknüpfen

Kontextmenüs

- ▶ Nur die in dem aktuellen Kontext sinnvollen Funktionen
 - ▶ Beschleunigung der Arbeit
- ▶ Aufruf mit der rechten Maustaste
 - ▶ Nicht erst in der Menüleiste
 - ▶ Spart Zeit und Konzentration
- ▶ Liste der Operationen wird beschränkt
 - ▶ Besserer Überblick
 - ▶ Schnellere Auswahl

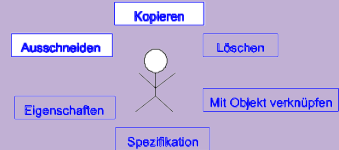


Ausschneiden
Kopieren
Löschen

Eigenschaften
Mit Objekt verknüpfen
Spezifikation

Pie Menüs

- ▶ Kontext-Menü
- ▶ Konzentrisches Menü mit nur wenigen Items
 - ▶ Keine lineare Liste
 - ▶ Gleicher Weg zu allen Items
 - ▶ Gleich schnell auswählbar
 - ▶ Nicht beliebig viele Elemente
 - ▶ Konfigurierbarkeit ist eingeschränkt
- ▶ Spiele
 - ▶ Personen oder Objekte schnell manipulieren
 - ▶ Grafikprogramme
 - ▶ Smartphone

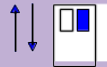


Mausgesten

- ▶ Maus als Haupteingabemedium
- ▶ Wechsel zur Tastatur vermeiden
- ▶ Bestimmte Bewegungen mit der Maus
 - ▶ Erkennt und in Operationen umgesetzt.
- ▶ Internet-Browser
 - ▶ eine Seite zurückspringen
 - ▶ Seite neu laden
- ▶ Spiele
- ▶ 3D-Modellierungsprogramme



Rechte Maustaste drücken
und Maus nach links
bewegen
= zur vorherigen Seite



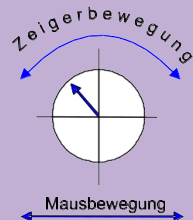
Rechte Maustaste drücken
und Maus nach oben und
unten bewegen
= Seite neu laden

Touchgesten

- ▶ Smartphone / Tablet
- ▶ Wischgesten (Blättern)
- ▶ Zoom

Auge-Hand-Koordination

- ▶ Direkte Manipulation
- ▶ Display: Cursor, Bewegung: Zeigegerät
- ▶ In gewissem Sinne indirekt
- ▶ Bewegungen koordinieren
- ▶ Freien Bewegen eines Cursors
- ▶ Objekte manipulieren
- ▶ Drehbewegungen
- ▶ Blickwinkel-Einstellung in 3D-Spielen
- ▶ 3D-Eingabe mit 2D-Eingabegerät



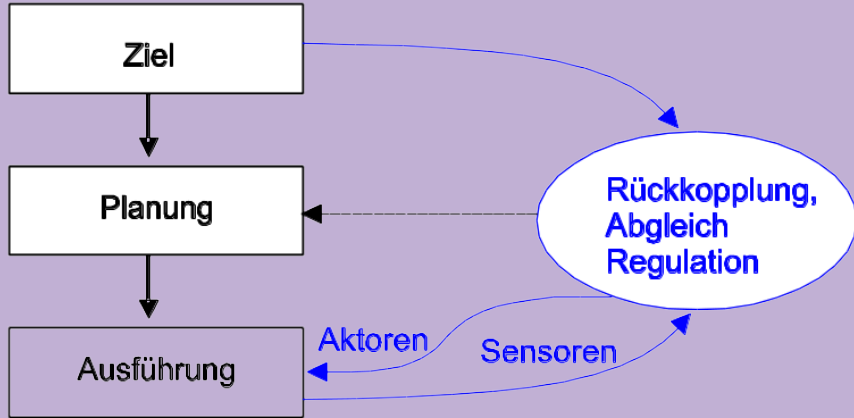
Handlungsprozesse

- ▶ Mentale Belastung
- ▶ Handlungsregulation
- ▶ Fehler
- ▶ Antwortzeiten
- ▶ Die sieben Handlungsschritte von Norman
- ▶ GOMS-Modell
- ▶ Fitt's law – Positionierung
- ▶ Hick's law – Auswahl aus Alternativen

Mentale Belastung

- ▶ Entweder auf die Aufgabe konzentrieren
- ▶ Oder auf die Bedienung der Benutzungsschnittstelle
- ▶ Anforderungen an den mentalen Aufwand zur Benutzung so gering wie möglich
 - ▶ Weniger Fehler
 - ▶ Mehr erledigte Arbeit
 - ▶ Weniger Anstrengung resultiert.

Handlungsregulation



Regulationsebenen

Hacker (1986):

- ▶ Bewusste Handlungen: intellektuelle Regulationsebene
 - ▶ Nur eine bewusste, intellektuelle Handlung gleichzeitig
- ▶ Routinehandlungen: flexible Handlungsmuster
 - ▶ Weniger Routinehandlungen parallel
- ▶ Vollständig automatisierte Handlungen: sensomotorischen Ebene
 - ▶ Bewusst wird nicht mehr eingegriffen
 - ▶ Blindschreiben auf einer Tastatur

Fehler

- ▶ Schwerer Fehler
 - ▶ Das Ziel wird gar nicht erreicht
 - ▶ Die Effektivität des Anwenders wird verringert
- ▶ Leichter Fehler
 - ▶ Größerer Aufwand
 - ▶ Die Effizienz des Anwenders wird beeinträchtigt
- ▶ Jeder Fehler beeinträchtigt zudem die Zufriedenheit des Anwenders

Fehler auf der intellektuellen Ebene

- ▶ Denkfehler
 - ▶ Ziel nicht explizit klargemacht
- ▶ Ursprung in der Arbeitsweise des Benutzers
- ▶ Das mentale Modell ist fehlerhaft
 - ▶ Die Benutzungskompetenz bezüglich der Anwendung ist nicht so hoch, wie der Benutzer gedacht hat.
- ▶ Wie können diese Fehler nun vermieden werden?
 - ▶ Die eher leichten Fehler durch Lernunterstützung
 - ▶ Benutzungskompetenz steigern: Konzept der Benutzung so verständlich wie möglich

Fehler auf der Ebene der flexiblen Handlungsmuster

- ▶ Keine Beachtung von speziellen Bedingungen im Ausnahmefall
- ▶ Aktion rückgängig machbar
 - ▶ Leichter oder schwerer Fehler
- ▶ Gestaltung der Benutzungsoberfläche
 - ▶ Hinweismeldungen vs. Warnungen
- ▶ Anzahl der rein informativen Hinweismeldungen
 - ▶ So klein wie möglich -> kein Gewöhnungseffekt
 - ▶ Statusfeld

Fehler auf der sensomotorischen Ebene

- ▶ Mangelhafte Abstimmung zwischen
- ▶ der Sensorik und der Motorik
- ▶ Objekte müssen groß genug sein
 - ▶ Auch Fitt's Law (Konzentration auf die Bedienungsaktion) beachten
- ▶ Touchpads in Laptops
 - ▶ Verbesserung der Hardware, Empfindlichkeit Treiber

Überlastung

- ▶ Nur auf eine einzige Aufgabe konzentrieren
- ▶ Zu viele Informationen aufzunehmen
 - ▶ Über verschiedene Kanäle
 - ▶ Unter hohem psychischem Druck
- ▶ Überflüssige Informationen
 - ▶ Zu viele und überladene Menüs
- ▶ Vermeidung von mentaler Überlastung
 - ▶ Zufriedenheit des Benutzers gesteigert
 - ▶ Fehler vermieden.

Antwortzeiten

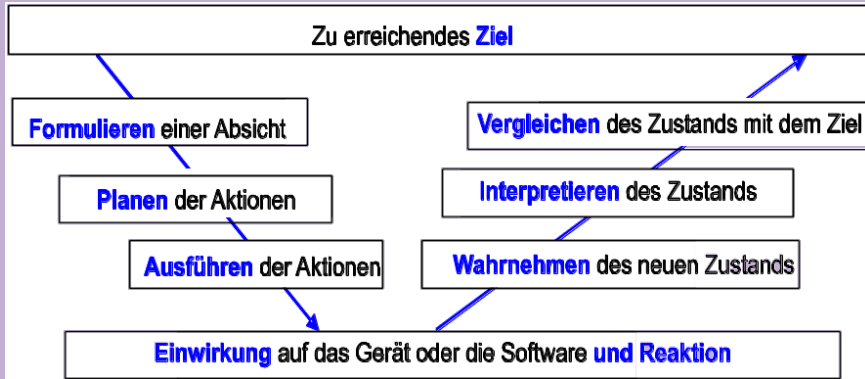


- ▶ Dauert die Ausgabe so lange, dass der Benutzer auf Teile der Ausgabe wieder warten muss, wird diese Zeit ebenfalls als Wartezeit empfunden.

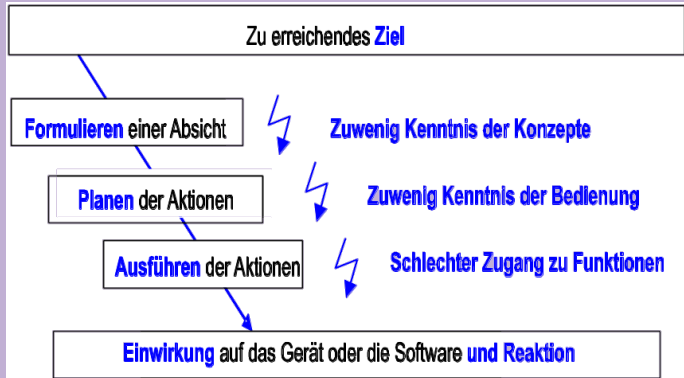
Antwortzeiten - Richtwerte

- ▶ Wartezeit = Antwortzeit eines interaktiven Systems
- ▶ Bis ca. 1 Sekunde: unmittelbar (instantan)
- ▶ Bis ca. 5 Sekunden: verzögert
- ▶ Bis ca. 10 Sekunden: stark verzögert
- ▶ Ab über 10 Sekunden Wartezeit: keine Antwort erwartet
- ▶ Werte differieren zwischen
 - ▶ Anwendungsfällen und Benutzergruppen
 - ▶ Erfahrungen der Besucher

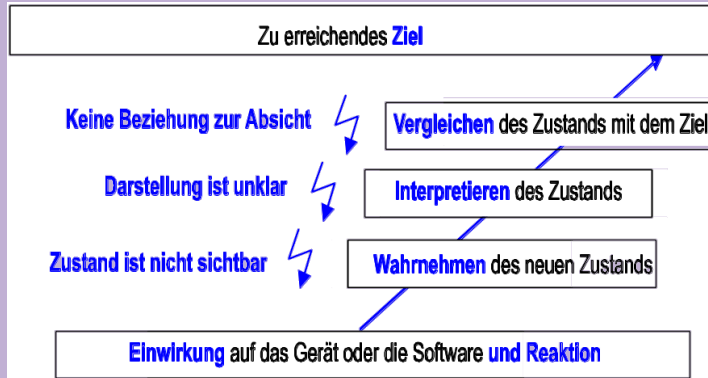
7 Handlungsschritte von D. Norman



Gulf of Execution



Gulf of Evaluation



GOMS-Modell

- ▶ Goals
 - ▶ Ziele, die mit einer Operation verfolgt werden
- ▶ Operators
 - ▶ Operatoren, mit denen einzelne Ziele erreicht werden
- ▶ Methods
 - ▶ Methoden, um eine Folge von Operatoren einzusetzen
- ▶ Selection Rules
 - ▶ Regeln zur Auswahl von Operatoren oder Methoden

GOMS – Ziele

Ziel des Modells ist die Simulation von Interaktionsabläufen, um

- ▶ Sie besser verstehen zu können,
- ▶ Schwierigkeiten entdecken zu können und
- ▶ Verbesserungen durchführen zu können.

GOMS - Quantifizierung

Operator			Zeitdauer
Tastatureingabe	Keying	K	0,2 Sekunden (0,08 bis 1,2 Sekunden)
Mauszeigen	Pointing	P	1,1 Sekunden (siehe auch Fitt's law unten)
Wechsel Maus-Tastatur	Homing	H	0,4 Sekunden
Vorbereiten	Mentally prepare	M	1,35 Sekunden für das Klarmachen eines Goals und die Anwendung einer Selection Rule (siehe auch Hick's law unten)
Warten	Responding	R	n Sekunden Wartezeit, bis der Computer die Funktion ausgeführt hat

GOMS – Heuristiken 1

Regel 0: Einfügen von Ms	Ein M vor allen Ks Ein M vor allen Ps, die einen Befehl auswählen, aber nicht vor den Ps für die Auswahl von Argumenten
Regel 1: Löschen antizipierter Ms	Antizipierte Ms sind überflüssige Vorbereitungsschritte, da die geistige Vorbereitung bereits in einem vorangegangenen M stattgefunden hat. Beispiel: Mausbewegung zum Ziel des Klickens am Zielpunkt -> M P M K -> MPK
Regel 2: Löschen von Ms in kognitiven Einheiten	Entspricht einer Ausweitung der Regel 1 auf längere, zusammenhängende Aktivitäten Beispiel: Zusammenhängende Strings (Folgen von Buchstaben/Zahlen Worte, Argumente, Sätze) -> M nur am Anfang MKMKMKM -> MKKKK

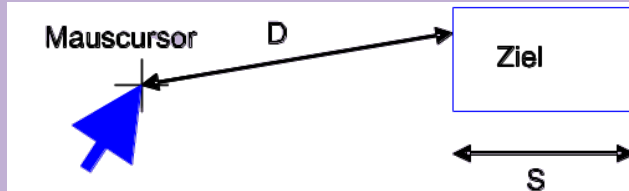
GOMS – Heuristiken 2

Regel 3: Löschen von Ms vor aufeinander folgenden Begrenzern	Begrenzer sind Zeichen, die das Ende eines Wortes oder Satzes markieren, zum Beispiel: (Leertaste), (.), (,) oder (:).
Regel 4: Löschen von Ms, die Begrenzer von Befehlen sind	Begrenzer, die immer angegeben werden müssen, zum Beispiel (Enter) zur Ausführung. Diese werden nach einer Weile automatisch eingegeben und bedürfen keiner Überlegung mehr. Gilt nicht für Anfänger, nur für Erfarene.
Regel 5: Löschen von überlagernden Ms	Wird ein M von einem R (Warten auf Reaktion) überlagert, kann das M gestrichen werden.

GOMS – Folgerungen

- ▶ Viele Ms sind ein Hinweis auf viele Stockungen im Arbeitsablauf.
 - ▶ Verbesserung: Bedienkonzept den Erkenntnissen anpassen
- ▶ Viele Hs deuten auf zu häufigen Wechsel zwischen Maus und Keyboard hin.
 - ▶ Verbesserung: Zu häufige Wechsel sollten unterbleiben
- ▶ Werden statt weniger Ks über die Tastatur viele Ps mit der Maus gebraucht, ist die Bedienung zu aufwändig.
 - ▶ Verbesserung: Dieses deutet auf eine Umsetzung hin, die viel zu aufwändig zu bedienen ist

Fitt's Law - Positionierung

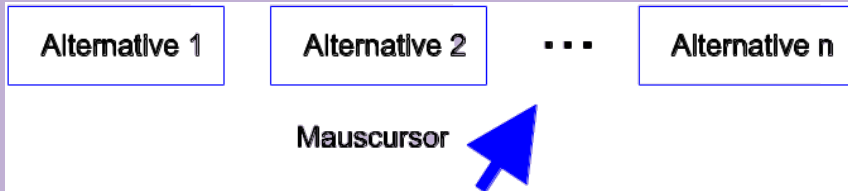


- ▶ Positionierzeit/ms = $a + b * \lg(D/S + 1)$
- ▶ a und b sind Konstanten
 - ▶ Experimentell bestimmt
 - ▶ $a = 50$ (für die konstante Suchzeit)
 - ▶ $b = 150$ (für die Skalierung) verwendet

Fitt's Law – Folgerungen

- ▶ Die Ziele sollten nicht zu klein dargestellt werden.
- ▶ Ziele müssen erkannt, gefunden und getroffen werden.
- ▶ Bei Aktionen innerhalb eines Arbeitsprozesses Ziele nahe zusammen.
- ▶ Möglichst wenig weit entfernte Objekte.
- ▶ Zusammengehörige Objekte nahe beieinander.
- ▶ Häufig gesuchte Ziele immer an der gleichen Stelle.

Hick's Law – Auswahl



- ▶ Auswahlzeit/ms = $a + b * \lg(n + 1)$
 - ▶ n ist die Anzahl der Alternativen
 - ▶ Konstanten a und b wie Fitt's Law
- ▶ Zeit/ms = $a + b * \text{Summe}(p(i) * \lg(1/p(i) + 1))$,
 - ▶ p(i) die Wahrscheinlichkeit der Auswahl

Hick's Law – Folgerungen

- ▶ Die Auswahl aus komplexen Alternativen kostet mehr Zeit als bei einfachen Alternativen.
- ▶ Aus einer großen Anzahl an Alternativen gleichzeitig zu wählen geht schneller als aus einer verschachtelten Auswahl von jeweils weniger Alternativen.
- ▶ Grenzen werden hier durch die Bildschirmgröße und die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses (7 ± 2 Elemente) gebildet.