

## Licht und Farben

- Eigenschaften von Licht
  - **Reflexion**: Lichtstrahlen werden an Oberflächen reflektiert
    - **Einfallswinkel = Reflexionswinkel**
    - **Totalreflexion** —> ges. Licht wird reflektiert
    - Nicht reflektierter Anteil wird **absorbiert** (tritt in das Medium ein und Wärmeumwandlung))
  - **Brechung (Refraktion)**
    - Licht **ändert** seine **Ausbreitungsrichtung** beim Eintritt in ein **optisch dichteres Medium**
    - Grad der Abweichung von Brechungsindex abhängig
- **Farbe: individuelle Empfindung**, abh- von **Sinnesorgan** und **Vorwissen**. (eine **Sinneswahrnehmung**)
  - **Auge** wandelt **Licht** (-reiz) in (**elektrische**) **Nervenimpulse** um. Diese **Erregungsmuster** im Gehirn als **Farben** interpretiert
- Physiologie des Sehens:
  - Grundsatz: Lichtreize zu elektrischen Signalen
  - **Netzhaut**:
    - **Photosensitive Zellen** setzen **Lichtreiz** in **elektrisches Signal** um.
      - **Stäbchenzellen**
        - ca. **120 Millionen**
        - **S/W** sehen
        - **hohe Lichtempfindlichkeit**
      - **Zapfen-Zellen**
        - ca. **6 Millionen**
        - **Farb-Sehen**
        - **Geringe Lichtempfindlichkeiten**
        - Unterteilung in **Rot, Grün (am meisten), Blau**
        - können **mehr Farben** als **Geräusche** unterscheiden
  - Farb-Sehen
    - **Elektromagnetische** Strahlung besitzt **keine Farbe**.
    - Gegenstände die von **Lichtquelle** beleuchtet werden **reflektieren** und **absorbieren** jeweils einen **Teil** des Lichts
    - **Reflektiertes Licht** wird von **Menschen wahrgenommen** und als Farbe interpretiert
    - Weiterleitung über Sehnerv zum Gehirn
    - **Unterschiedliche Erregungsstärken** der **einzelnen Zapfensorten** tragen zu **Farbeindruck** bei. Gleiche **Erregung aller Zapfen** führt zum Eindruck "**weiß**"
    - Im **Zwischengehirn** werden **separate Signale** für Rot, Grün, Blau in drei **neue Signale umgewandelt: Helligkeit (Gelb)(Luminanzsignal), 2x Chrominanz (Rot/Grün-Unterscheidung, Blau/Gelb-Unterscheidung)**
    - Wahrgenommene Farbe ist **abhängig** von **Lichtquelle, Körper, Physiologie des Betrachters, Vorwissen**
    - **Additive Farbmischung**
    - **Substraktive Farbmischung**
      - Ausgangssituation: **weißes Licht**
      - **Material absorbiert** (entfernt) **Anteile / Farben** aus dem **Weiß** um **Farbe** zu verändern
        - **Cyan absorbiert rotes Licht, Magenta grünes, gelb blaues.**
  - **Farbmodelle**:
    - Regelwerk zur Mischung und Beschreibung von Farben zur numerischen Beschreibung von Farbe
    - Unterschiede
      - **Abgebildeter Farbraum** (Wertebereich) —> **fehlerfreie Umrechnung nicht garantiert**
      - **Anwendungsfall**
        - Aussage über **Farbähnlichkeit**
    - **CIE Farbmodell** umfasst **alle** von Menschen **wahrnehmbaren Farben**.

- **Schuhsole** -> **3d diaram** das alle farben beinhaltet. Wenn auf **2-d Ebene** projiziert geht die **Luminanzinformation** verloren
- **RGB**
  - basiert auf **additiver Farbmischung** der **Grundfarben Rot, Grün, Blau**
  - RGBA, 4. Kanal für **Transparenz**
  - **Farbinformation über Kanäle ungleich verteilt**
  - **nicht intuitiv (mischung, helligkeitsänderung verlangen anpassung der farbkanäle, numerische aussagen über Farbähnlichkeit schwierig**
  - **Schlecht für kompression**, da **hauptinformation nicht primär in einem Kanal**
- **CMY(K)**
  - Basisert auf **substraktiver Farbmischung** der **Grundfarben: Cyan, Magenta, Yellow** (und **k** für reines **schwarz**)
  - Bei **Druck** verwenbdet
- **HS...** (HSV, HSB,...)
  - **benutzerorientiert** nach **menschlicher beschreibung** von **Farbe**, gut für **Farbwahl**
  - **Hue (B,D) : Farbton**
  - **Saturation (A) : Graugehalt (Farbreinheit, Differenz zu neutralem Grau)**
  - **Brightness (C) : Helligkeit** bei strahlenden Medien (Projektion, Monitore)
  - **Lightness (L) : Helligkeit** bei **reflektierenden Medien** (Druck)
  - **Value (V): Brigtess** normiert auf das **Intervall [0,1]**
  - **Intensität (I): gemessene Strahlung in Frequenzintervall**
  - **Luminanz (L): wwahrnehmungsgewichtete gemessene Strahlung in Frequenzintervall**
- **YUV**
  - **äquivalent zu voverarbeitung in gehirn in 3 komponenten**
    - **Helligkeitsinformationen (luminanz) : Y**
    - **2 Farbmischbilder (Chrominanz) : U + V**
  - —> Für **Farbfernsehen** gut geeignet, da **abwärtskompatibel** durch **sw-kanal (Y)**
  - für **Bild- und Videokompression** geeignet
- **Qualität digitaler Bilder**
  - **Auflösung (Punktdichte)**
  - **Farbtiefe**
    - Anz. Bit für Farbrepräsentation

## Bildmanipulation

- Unterscheidung zwischen:
  - **Punkt-Operationen**
    - Für Berechnung wird jeder Pixel einzeln Betrachtet
    - anwendung: **Farbumwandlung, Einfärben** (z.b. Sepia) / Color Tint, **Negativ-Effekt**
  - **Lokalen Operationen**
    - **Pixel** und seine **Nachbarschaft** beeinflussen das ergebnis
    - typischerweise über **“Kernel”** umgesetzt
      - Matrix der Form **n x n** (n natürliche, ungerade Zahl)
      - **Randbehandlung** ...
      - berechnungsaufwand steigt mit größe des Kernels
    - bei lokalen operationen 2 kopien des bildes im speicher gehalten
    - anwendung: **weichzeichner, kantenfilter**
  - **Globalen Operationen**
    - Jeder Pixel des Bildes beeinflusst das Ergebnis
    - Typisch für **Transformationen**
    - bsp: **Histogramme, kontrast**, histogramm-spreizung

## Bilder und Kompression

- **Bildformate** (2 Arten)

- **Vektorgrafiken**
  - häufig **text-basiert**, **deskriptiv** / **parametrisiert**
  - Basiert auf **geometricshen Grundformen**
  - **Skalierungsinvariant**
  - Verwendung: **Logos**, **Poster**, Schriftarten
  - Formate: **SVG** (scalable vector graphics), DXF, HPGL, EPSF,...
- **Rastergrafiken**
  - Bilder durch ein **Raster** von **Bildpunkten** beschrieben
  - **Qualität** abhängig von **Auflösung** des Rasters
  - **Beschreibt keine Struktur**, sondern nur **Bildpunkte**
  - Verwendung: **Fotos**, **Scans**
  - Formate: **TIFF**, **GIF**, **PNG**, **JPEG**,...
- Digitalisierung (Diskretisierung + Quantisierung): umwandlung von analogem Signal in digitale Repräsentation
  - Ortsauflösung wichtigstes Diskretisierungskriterium
- **Kodierung**
  - **Zuordnung** von **Codewörtern** zur **Beschreibung** einer **Quelle**
  - Für erfolgreiche **Dekodierung** muss **jedes Codewort eindeutig** sein
  - **Binärkodierung** nutzen nur Kombinationen von **0** und **1** zum Aufbau von Codewörtern
  - **Nachrichtenmodell**: Jede **Information** wird bei **Übertragung** als **Nachricht** von einer **Quelle** durch einen **kanal** zu einer **Senke** geschickt
  - **Alphabet**: Jede Quelle verfügt über ein Alphabet  $A$ 
    - Ein alphabet  $A$  ist eine **endliche Menge** von **Symbolen**  $s$ :  $A = \{s_0, s_1, \dots, s_n\}$
    - für jedes der **Symbole** kann eine **Wahrscheinlichkeit** angegeben werden  $p_0, p_1, \dots, p_n$
- **2 Ansätze**:
  - **Symbolkodierung**
  - **Phrasenkodierung**
- **Anwendungsfälle**
  - **Quellenkodierung**
    - **Efiziente** Beschreibung einer **Quelle**, **Kompression**
    - **Reduktion** von **Redundanz** und **Irrelevanz**
  - **Kanalkodierung**
    - **Erhöhung** der **Fehlertoleranz**
    - Einführen **künstlicher Redundanz**
    - Ziel: **Dekompression trotz eventueller Übertragungsfehler** ermöglichen
- Kodierungen als **Baum** visualisierbar.
  - Binärkodierung  $\rightarrow$  binärbaum
- Länge codewörter:
  - **Fixed Code Length**
    - Einfache (De)Kodierung
    - **höhere Fehlertoleranz**
  - **Variable Code Length**
    - **stärkeres Kompressionspotential**
    - **höhere komplexität**
    - **höhere Fehleranfälligkeit**
    - **VLC präfixfrei**, wenn kein Präfix eines Codeworts einem kompletten anderen entspricht
- **Entropie** einer Quelle:
  - **Maß** für **Unordnung** bzw. Struktur / Ordnung einer **Quelle**, drückt **informationsgehalt** aus
  - für Binärkodierung: Mittlere Codewort-länge pro symbol, durchschnittliche Menge an Bits/ Symbol
  - **hohe Entropie**:
    - **Bildinhalt** in **hohem Maße unberechenbar**
    - **viel Zufälligkeit** enthalten  
(mehr symbole höhere entropie nötig)
    - **wenig Redundanz**
  - **niedrige Entropie**

- in **hohem Maß berechenbar**
- **wenig Zufälligkeit** enthalten
- **hohe Redundanz**
- **Kompression**
  - **Optimierung** von Kodierung mit Ziel der **Reduktion** von Daten
  - Unterteilt in
    - **verlustfreie** Ansätze
    - **verlustbehaftete** Ansätze
  - **Grundsatzprinzip: Entfernung** von **Redundanz** und **Irrelevanz** aus Daten
    - **Redundanz**
      - **Informationen** die aus **räumlichen, zeitlichen** oder **statistischen Informationen** abgeleitet werden können
      - **Reversible** Kompression
      - **Verlustfreie** Kompression
    - **Irrelevanz**
      - **Nicht wahrnehmbare** oder **unwichtige Information**
      - **Irreversible** Kompression
      - **Verlustbehaftete** Kompression
  - **Kriterien von Kompressionsverfahren**
    - **Kompressionsrate**
      - verhältnis **Originaldatenmenge : Zieldatenmenge**
    - **Kompressions- und Dekompressionsaufwand**
      - **symmetrisch**, wenn beides gleichaufwendig
        - nahezu selber algorithmus, zeitaufwand in etwa gleich
      - **asymmetrisch**, wenn nicht beides gleichaufwendig
        - kompressions-asymmetrische Kompression
          - kodierung deutlich aufwendiger als Dekodierung
          - bsp: **JPEG, MPEG, MP3**
        - Dekompressions-asymmetrische Kompression
    - **Konfigurierbarkeit**
      - **Parameter** in Hinblick auf **Kompressionsrate, Bildqualität,...** anpassbar
  - **Kompressionsverfahren**
    - **Entropie-encodierung**
      - **verlustfrei**, da nur **Redundanz** entfernt
      - **möglichst starke Annäherung** an **Entropieschranke**
      - **Huffman**
        - findet immer **eindeutige, präfixfreie Kodierung** mit **bestmöglicher mittlerer Code-Länge** für Baum-basierte Symbolkodierung
        - erzeugt **präfixfreie Codebäume**
          - repräsentiert die Codewörter eines Alphabets
            - **Symbol = Blatt** des **Baums** (symbol das kodiert wird ist name des blattknotens)
            - **Code = kantenbeschriftung** auf dem Weg zum Symbol
        - Vorgehen
          - für **jedes Symbol** einen **Knoten** erzeugen
          - die beiden bäume mit **geringster Häufigkeit** (geringster Wahrscheinlichkeit) **zusammenfassen** (der gesamtwahrscheinlichkeit erhält)
          - wiederholen, bis nur ein Baum
    - **Run Length Encoding (RLE)**
      - **Abkürzung** von **Folgen** des **gleichen Symbols** werden ersetzt, indem die **Laufänge** (wiederholungszahl) mitkodiert wird
      - **Steuer-/Escape-Zeichen** benötigt, das **Laufängen** von **eigentlichen Symbolen unterscheidet**
      - **Sinnvoll** bei **stark redundanten Datenmustern** (z.b. **flächige Farben**)
      - Verwendung: **.bmp** Bildformat

- **JPEG-Standard** (Joint Photographic Experts Group)
  - **Bildkompressionsstandard**
  - Bibliothek **parametrisierbarer** Algorithmen, die den Grad der Kompression und den Grad der entstehenden Verluste steuern
    - **Qualitätsfaktor**  $Q = 1$  hoher Verlust;  $Q=10$  geringer Verlust
  - **Psychovisuelle Kompression**
    - kleine **Änderungen** im **Farbton** registriert das **menschliche Auge nicht so stark wie** kleine **Helligkeitsänderungen** —> Reduktion der Farben möglich
  - **Vorgehen** (Schritt 2,4 verlustbehaftet, die ändern **meist nicht**)
    - (optional) 1. **Transformation** des Bildes aus **RGB** in einen **geeigneten Farbraum** (Standard: **YUV**)
    - 2. **Chroma-Subsampling**: **Herunterskalieren** der **Farbtonkomponenten** durch **Mittelung** über **mehrere Pixel**
      - **verlustbehaftet**
      - Herunterskalieren der Farbtonkomponenten durch Mittelung über mehrere Pixel
        - hier gibt es **verschiedene Modelle**: **4:1:1, 4:2:0, 4:2:2, 4:4:4**
      - **Zusammenfassung benachbarter** nahezu **gleichfarbiger Pixelwerte** (**psychovisuelle Kompression**)
    - 3. Anwendung der diskreten **Cosinus Transformation** (DCT)
      - **Transformation** in den **Frequenzraum**, Analyse und **parameterisierung** der **Ortsfrequenz**
        - DCT ist nur **Umwandlung** der Werte in andere **Repräsentation**, damit **reversibel** und verlustfrei
      - **Zerlegung** in **8x8 Pixelblöcke**
      - **für jeden** 8x8 Pixelblock werden **64 Koeffizienten** berechnet
        - **Koeffizient**: **Gewichtung** des **Pixelblocks** für eine **DCT-Funktion**
        - $x=0$  —> horizontal kein **Farbwechsel** (von links nach rechts) im Block;  $x=1$  —> horizontal 1 Farbwechsel,  $x=7$  —> horizontal 7 Farbwechsel
        - $y=0$  —> vertikal kein Farbwechsel, ...
        - $x=7, y=7$  —> kleinkariert
    - 4. **Quantisierung** (der DCT-Koeffizienten)
      - **verlustbehaftet**
      - **abhängig** von der **anpassbaren Kompressionsrate**
      - Pixel **oben links** am **wichtigsten**, da **enge Raster** im Auge **verschwinden**
      - **Quantisierung** der DCT-Koeffizienten mit (im **Standard**) **vorgefertigten Quantisierungsmatrizen**, welche **Eigenschaft** der **DCT** ausnutzen
        - **Feinere Quantisierung** für **wichtigere Koeffizienten** (oben links)
        - **Gröbere Quantisierung** für **feinste Details**
        - **Verschiedene Quantisierungsmatrizen** für **Luminanz** und **Chrominanz**, da **Farb- und Helligkeitsunterschiede** verschieden **wahrgenommen**
      - Quantisierung eines **Detailreichen** Pixelblocks: **Detailmenge** wird **reduziert** aber **Ortsfrequenz** bleibt **erhalten**
      - Quantisierung eines **detailarmen** Pixelblocks:
        - **Grundanregung** bleibt **erhalten**, **Details** (Rauschen) werden **entfernt** —> block nahezu einfarbig)
    - 5. **Entropiekodierung**
      - **DC-Koeffizienten** werden mit **Entropie kodiert** (**wie stark** sich die **Werte unterscheiden** wird also kodiert)
      - basiert auf Eigenschaft, dass **wichtigste Werte** in **oberen linken diagonalen Hälfte** stehen (stark differenzierte Werte), und **untere rechte Hälfte** viele **Nullen** enthält (Ideal für RLE)
        - **Optimierung** der RLE: **Zig-Zag-Scan**,
          - damit wird die Matrix nicht Zeile für Zeile, sondern **diagonal** im **zig-zag durchlaufen**, um zuerst die obere linke Hälfte, dann die untere rechte zu kodieren, und so **wahrscheinlicher ähnliche Werte nacheinander kommen**.
      - **Abfolge** der **Entropie-kodierung**:

- 1. **Differenzkodierung**
- 2. **Run Length Encoding**
- 3. **Huffman-Kodierung**
- JPEG **Qualität** : wenn jpeg zu **stark** angewendet, bzw. zu stark quantisiert wurde gehen die **nachbarschaftsbeziehungen verloren**, da **nur** der jeweilige **Pixelblock betrachtet** wird.
- **Flexibles Kompressionsverfahren**, da nur die **algorithmischen Grundprinzipien** definiert wird, die **konkrete Implementierung** z.b. bzgl. Farbmodell, Quantisierungstabellen, Koeffizientenkodierung,... über **flexibel** bleibt.

Video:

- Bewegungswahrnehmung: bewegung einer bildfrequenz, ab 16hz als bewegung wahrgenommen
- Flimmerverschmelzfrequenz: bei ca. 30hz wird intermittierende Lichtquelle als Konstanz wahrgenommen
- 

#####

Video:

- Bewegungswahrnehmung
  - intraframe codieren, statt nur bild für bild
  - flimmerverschmelzfrequenz
- Analoges und digitales Videosignal
  - keine frage zu der scheibe
    - nur dass wir mittlerweile nicht mehr zeilenbasiert arbeiten
    - von röhre grundprinzip verstanden haben aber nicht die genauen zeitfenster oder krasse details. Warum interlaced gearbeitet wird, merken, dass man wegen stromnetz nur schafft halbbilder zu übertragen und diese nacheinander angezeigt werden. Es gibt interlacing filter um fehler wieder raus zu rechnen
  - wofür BAS steht (B,A,S)
  - Farbfernsehen: Farbmodell genommen was abwärtskompatibel (1 schwarzweiß kanal, ein farbkanal)
  - Digitales Video-Signal
    - Diskretisierung: Brauchen orts-, farbauflösung und zeitliche auflösung
    - 2 ansätze Spatial, temporal (wiederholungen nicht doppelt speichern)
    - bewegungskompensation verstanden haben, dass also nicht nur differenzen auf ges bild untersucht/kodiert wird, sondern makroblöcke verwendet werden. (möglichst ähnlichen makroblock finden und dann die differenz kodieren)
    - Group of Pictures, wie ie sich aufbauen, was sind I, B und P Frames.

--

#####

## Webtechnologien

- **HTTP** (Hypertext Transfer Protocol)
  - **Netzwerk-Protokoll** der **Anwendungsschicht** zur **Auslieferung** von **Hypermedia-Dokumenten** (z.b. HTML)
  - Umsetzung des Client-Server-Modells
  - **Zustandslos**, es werden **keine Daten zwischen** mehreren **Anfragen** gespeichert
  - **Verbindung** von **Client initiiert**
    - Client baut **TCP-Verbindung** auf
      - TCP (**Transmition Controll Protocol**) ist ein Protokoll der **Transportschicht**
    - Client sendet Anfrage
    - Server verarbeitet und sendet antwort (die Statuscode und evtl. weitere Daten enthält)

- GET, POST, DELETE, PUT, OPTIONS, HEAD, TRACE, PATCH,...
- REST (Representational State Transfer)
  - Programmierparadigma für Webservices
  - Verwendung des HTTP-Protokolls zur Kommunikation mit einem Service auf einem Webserver
  - Verschleierte Abstraktion von Umsetzung auf dem Server
  - Zentrale Steuerung verschiedener Services möglich
- **XML (eXtensible Markup Language)**
  - dient dazu **Daten** zu **speichern** und zu **transportieren** (Fokus: Was beinhalten die Daten für Informationen? → **Strukturierung** von **Information**)
  - **Erweiterbare** Auszeichnungssprache zur Beschreibung von hierarchisch strukturierten Daten
  - Text-basiert, theoretisch **human readable**
  - Metasprache für Auszeichnungssprachen
  - erweiterbar, limitiert weder Art, Anzahl oder Aufbau der Elemente
  - W3C-Standard, offen, lizenzfrei, kostenlos → weit verbreitet
  - **Wohlgeformt**: das XML-Dokument hat **valide Syntax** und **erfüllt** alle in den **XML-Spezifikationen beschriebenen Regeln**
  - **Valide**: das XML-Dokument erfüllt die **konkreten Regeln** eines **Schemas** (welches in **DTD** beschrieben ist)
  - **Document Type Definition (DTD) = DOCTYPE**
    - **Deklariert Dokument bestimmten Typs** durch einen **Satz** von **Regeln**
      - **schränkt Anzahl, Reihenfolge** und **Art** der erlaubten **Elemente** und **Attribute** ein
      - Definiert die Struktur von Dokumenten
      - <!DOCTYPE bezeichner> vor Wurzelement
      - Nur definierbar, dass bestimmter Typ erlaubt ist, keine Einschränkungen des Wertebereichs dieses Typs möglich
- **HTML (Hypertext Markup Language)**
  - dient dazu **Daten darzustellen** (Fokus: Wie sehen die Daten aus?: **Strukturierung** von **Aussehen** der **Information**)
  - Sprache zur Beschreibung der **Struktur** und **Semantik** der Inhalte eines Webdokuments
  - Strukturierung durch **hierarchisch** angeordnete HTML-Elemente (Tag-Syntax)
  - **CSS (Cascading Style Sheets)**
    - **Deklarative Sprache** zur **Beschreibung** von **Formatierung** und **Darstellung** für **HTML** und **XML**-Dokumente
    - Grundprinzip: Selektion bel. Anz. von Objekten durch Selektor. Beschreibung der Formatierung der ausgewählten Elemente
- **JavaScript**
  - für **dynamische Webseiteninhalte**
  - kann
    - **User Input verarbeiten**
    - Auf **events reagieren**
    - das **DOM manipulieren**
    - **CSS Styles manipulieren** (Inline-Styles)
  - Prototyp-basierte Objektorientierung
  - Interpretierte Skript-Sprache, d.h. JavaScript wird nicht vor Auslieferung in Maschinencode umgewandelt (kompiliert), sondern zur Laufzeit interpretiert.
  - dynamisch typisierte Variablen, nicht Typ-sicher
  - Implizit definierte Variablen
- **JSON**:
  - Einfache Text-basierte Repräsentation von Objekten
  - Ausgehend von Root-Objekt werden Key-Value-Paare definiert
  - kann nur flache Datentypen abbilden, Objekt-verweise sind also nicht möglich

-

## Human Computer Interaction

### - Mensch-Machine-Interaktion

- Mensch-Maschine-System (Timpe, 2002) liegt vor, wenn menschliche Komponente (Mensch, Gruppe von Menschen)) mit technischer Komponente (Maschine, Computer, Fahrzeug, komplexe technische Anlage, technischer Prozess) zsm Aufgabe bearbeitet
- Mensch **nimmt** über **Sensorik Informationen auf**, dann **Informationsverarbeitung**  
dann Über **Motorik** auf **Interaktionsgeräte** des Computers übertragen.  
Dort findet in **CPU Datenverarbeitung** statt  
das Ergebnis wird schließlich über **Anzeigen** und **Effektoren ausgegeben**.
- Kritik: Eigentlich nicht **Dialog** sondern **verschränkte Prozesse**

### - Menschliche Informationsverarbeitung

(nach Rasmussen, 1986)

- 1. Ebene (**Fertigkeiten**): Mensch erkennt durch **Sensor** sensorische **Ausgaben**, aus denen er sofort **Merkmale** extrahiert/versteht auf welche er **sofort reagieren** kann mit **automatisierten, sensorischen Mustern**.
  - Es wird nicht nachgedacht und **keine Aufmerksamkeitsressourcen** werden verbraucht
- 2. Ebene (**Regelbasiertes Verhalten**): Zuerst muss **erkannt** werden um was für **Zeichen** es sich handelt. Zeichen (z.b. Verkehrszeichen) sind **Elemente**, die dem Mensch etwas zu **erkennen** geben, **aufgrund derer** er auf die Umwelt **reagieren** kann. Fand die **Assoziation** auf **Zustand** oder **Aufgabe** statt, so kann mittels **Abrufen** einer **gespeicherten Regael** darauf **Reagiert** werden.
  - **Aufmerksamkeitsressourcen** notwendig, aber **wenige**
- 3. Ebene (**Wissensbasiertes Verhalten**)
  - Zuerst müssen **Symbole** unter zuhelfenahme der **Kognition identifiziert**. Dann muss der Mensch **Verstanden** werden was die **Aufgabe** ist und diese in **Abstimmung** mit seinen **Zielen** gebracht werden. Weiß der Mensch **welche** (Teil-) **Aufgaben** zu lösen sind, kann er planen , bzw. die Probleme **runterbrechen** auf **Teilprobleme**, welche er dann mit den **gespeicherten Regeln** (also auf Ebene 2) **lösen** kann.
  - Am **meisten Aufmerksamkeitsressourcen** notwendig.
- Tätigkeiten von **höheren Ebenen** können durch **Wiederholungen automatisiert, bzw. in tiefere Ebenen** sinken und somit weniger Aufmerksamkeitsressourcen benötigen werden

- (nach Johannsen, 1993)

- Reize —> Sensorischer Kurzzeitspeicher—>Wahrnehmung—>Entscheidung und Antwortauswahl —> Antwortausführung—Antworten—>Reize  
Entscheidung und Antwortauswahl <—> Arbeitsgedächtnis <—> Langzeitgedächtnis —>Wahrnehmung

- **Sachproblem**: Das Problem, das der Benutzer **lösen** will **um** seine **Ziele** zu **erreichen**. Es besteht **unabhängig von** einem **Technischen** System.

- **Interaktionsproblem**: **Wenn** Nutzer (idr) zur Lösung des Sachproblems ein **Technisches System verwendet**, so entsteht zusätzlich ein Interaktionsproblem.

- Je **größer** das Interaktionsproblem, desto **weniger kognitive Ressourcen** hat der Nutzer zur Lösung des **Sachproblems** zur Verfügung.

- **Usability** (Gebrauchstauglichkeit) (EN ISO 9241 Teil 11):

- Usability ist das **Ausmaß**, in dem ein **Produkt durch** einen bestimmten **Benutzer** in einem **bestimmten Nutzungskontext genutzt** werden kann, um bestimmte **Ziele effektiv, effizient** und mit **Zufriedenheit** zu erreichen.
- Gründe



- Usability-Methoden helfen Erwartungen und bedürfnisse potentieller Nutzer zu ermitteln und zu erfüllen
- Prozessbegleitender Einsatz von Usability-Untersuchungen fördert frühzeitige Fehlererkennung und führt damit zu Reduktion der Produktionskosten
- Zeit- und Ressourceneinsparung durch benutzerfreundliche Technikgestaltung
- ...
- **Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit:**
  - 1. **Effektivität** (= **Ziele / Genauigkeit**)
    - **Ziele** oder Teilziele des Benutzers im **Verhältnis** zur **Genauigkeit** und **Vollständigkeit**, mit der er diese erreichen kann.
    - Effektivität beschreibt den Grad der Zielerreichung
    - Bsp: Ziel: viele Bäume Fällen. Verwendet man Kettensäge so fällt man mehr Bäume als mit einer Feile. Damit ist der Grad der Zielerreichung höher und somit die Motorsäge effektiver.
  - 2. **Effizienz** (= **Effektivität / Ressourcenaufwand**)
    - Grad der **Effektivität** im **Verhältnis** zum **Aufwand** an **Ressourcen**. (Relevanter Aufwand kann psychische oder physische Beanspruchung, Zeit, Material oder monetäre Kosten enthalten)
    - Effizienz ist ein Maß der Wirtschaftlichkeit.
    - Bsp: Kettensäge vs Feile. Da der Zeitaufwand, bzw. die Kosten des Lohns des Baumfällers deutlich dem Benzinverbrauch, bzw. den Kosten für den Kauf des Benzins überwiegen ist die Kettensäge effizienter als die Feile.
  - 3. **Zufriedenheit**
    - Beschreibung des **Ausmaßes** in dem **Benutzer** von **Beeinträchtigungen** frei sind und ihre **Einstellungen** zur **Nutzung** des **Produkts**.
- **Grundsätze der Dialoggestaltung** (EN ISO 9241 Teil 10):
  - 1. **Aufgabenangemessenheit**
    - Benutzer wird unterstützt seine Arbeitsaufgabe **effektiv** und **effizient** zu erledigen
  - 2. **Selbstbeschreibungsfähigkeit**
    - Jeder einzelne **Dialogschritt** ist **durch Rückmeldung** des **Dialogsystems** unmittelbar **verständlich** oder wird dem Benutzer auf Anfrage **erklärt**.
  - 3. **Steuerbarkeit**
    - Der Benutzer ist in der **Lage** den **Dialogablauf** zu starten, sowie seine **Richtung** und **Geschwindigkeit** zu **beeinflussen**, **bis** das **Ziel erreicht** ist.
  - 4. **Erwartungskonformität**
    - Dialog ist **konsistent** und **entspricht** den **Merkmale** des **Benutzers** (z.B. den Kenntnissen aus dem **Arbeitsgebiet**, der **Ausbildung** und **Erfahrung** des Benutzers, sowie den allgemein anerkannten **Konventionen**)
  - 5. **Fehlertoleranz**
    - das Beabsichtigte **Arbeitsergebnis** kann **trotz** erkennbar **fehlhafter Eingaben** entweder mit **keinem** oder **minimalen Korrekturaufwand** durch Benutzer **erreicht** werden
  - 6. **Individualisierbarkeit**
    - **Dialogsystem** lässt **Anpassungen** an die Erfordernisse der **Arbeitsaufgabe**, individuellen **Vorlieben** des Benutzers und **Benutzerfähigkeiten** zu
  - 7. **Lernförderlichkeit**
    - Dialog **unterstützt** und leitet Benutzer wird beim **Erlernen** des Dialogsystems an
- **8 Goldene Regeln des Dialogdesigns** (Shneiderman, 1992)
  - 1. **Konsistenz**
    - Alle Abkürzungen und beschreibende Symbole müssen innerhalb des Gesamtsystems Konsistenz aufweisen
  - 2. **Abkürzungen (Shortcuts)** für erfahrene Benutzer
    - bereitstellungen von Abkürzungen für erfahrene Nutzer um schneller arbeiten zu können
  - 3. **Informatives Feedback**
    - Benutzer müssen immer über aktuellen Zustand (warten, laden,...) des Systems informiert sein

- Anweisungen und Erklärungen müssen eindeutig und unmissverständlich sein
- 4. Abgeschlossenheit
  - Aktionen sollten klaren Anfang und klares Ende haben
  - Eindeutiges Feedback, wenn Aktion abgeschlossen ist
- 5. Einfache Fehlerbehandlung
  - Fehler sollten möglichst nicht auftreten, und ansonsten einfach behoben werden können
- 6. Stornierung / Abbruch
  - Jede letzte Aktion muss widerrufbar sein, Eingabe muss "ungeschehen" gemacht werden können (undo)
- 7. Benutzerkontrolle
  - Benutzer soll Gefühl haben, dass das System auf ihn reagiert, nicht er auf das System
- 8. Kurzzeitgedächtnis entlasten
  - Jede Bildschirmseite soll nur einen Gedanken darstellen, der Benutzer nur auf eine Frage antworten müssen
- **10 Usability-Prinzipien (Nielsen)**
  - 1. Einfache und natürliche Dialoge
  - 2. Ausdrucksweisen des Anwenders
  - 3. Minimale mentale Belastung des Anwenders
  - 4. Konsistenz
  - 5. Rückmeldungen
  - 6. Klare Auswege
  - 7. Abkürzungen
  - 8. Gute Fehlermeldungen
  - 9. Fehlervermeidung
  - 10. Hilfe und Dokumentation
- **Kritik an Usability-Engineering**
  - Nur die Oberfläche wird betrachtet
    - Aufgabenanalyse fehlt
  - "Joy of Use" wird nicht betrachtet
    - Ansprechen jenseits Funktionalität nicht abgedeckt
    - Benutzererleben = Usability + "Look & Feel"
  - Soziale Aspekte, Arbeitssituationen etc. werden nicht beachtet
- **Usability-Fragebögen**
  - ISOMetric (Willumeit, 1993)
    - S (short): numerische Bewertung
    - L (long): numerische und qualitative, gestaltungsunterstützende Evaluation
  - ISONORM (Primmer & Anft, 1993)
  - Vergleich; Beide geeignet für Bewertung und Vergleich von Softwar. Aber laut Studie ist Siometriks angenehmer, besser für Befragten um Meinung auszudrücken, Schneller
- **User Centered Design**
  - **Kreislauf:**
    - Identify need for user centered design  
(Den **Menschenzentrierten Gestaltungsprozess** planen)
    - → 1. Specify context of use (Field research)  
(Den **Nutzungskontext verstehen und beschreiben**)
      - **Benutzermerkmale, Arbeitsaufgaben, Umgebung**
      - **Methoden:** Einzel-Interviews, Literaturrecherche, Lautes Denken, Beobachtungsstudien, Analyse bestehender Systeme, Body Storming, Fokus-Gruppen
        - Fokus-Gruppe: 6-8 Experten aus Zieldomäne, 1-2 Moderatoren. Sammeln von Benutzeranforderungen, finden von Lösungsideen im Verständnis von Akzeptanz und der Technologie des "Impacts". Ergebnis: Geclusterte Anforderungs-Liste, Lösungsideen
        - Interview: Um Verständnis der Benutzeranforderungen zu vertiefen und Anforderungslücke zu schließen. Ergebnis: Detaillierte Anforderungen und Realisierungsideen.
    - → 2. Specify product requirements (Interviews & focus groups)  
(Die **Nutzungsanforderungen spezifizieren**)
      - durch Benutzer bestätigen lassen und kontinuierlich überarbeiten
      - Methode: Anforderungsdefinition

- —> 3. Produce design solution (Participatory design)  
(**Gestaltungslösungen** entwickeln, die die **Nutzungsanforderungen erfüllen**)
  - Affordances, Mappings, Gestaltungsgesetze, Design-Prinzipien, Metaphern, Interaktionsparadigmen, Normen, etc. beachten
  - **Methoden:** Prototyping, Paper-Prototyping, Wizard-of-Oz-Technik, Heuristische Analyse, Simulation
    - **Paper-Prototyping:** Schnelle und Kostengünstige Methode, die aussagekräftige Ergebnisse bzgl. Interaktionseigenschaften liefert.
      - Ziele
        - Zum Auffinden von Usability-Problemen.
        - Auswahl einer Designalternative aus mehreren möglichst stark divergierenden Design-Möglichkeiten.
        - Auswahl wichtiger und optionaler Funktionen
        - Auswirkungen außerhalb der Benutzungsschnittstelle
      - Computer durch Menschen (Entwickler) simuliert
      - Moderator leitet Erstellung, achtet auf Orientierung an Aufgabenstellung und Geringhaltung des Niveaus der Entwürfe. Moderiert Schnittstellen-Test.
      - Usability-Experte beobachtet Schnittstellen-Tests, protokolliert sie und wertet sie aus. Leitet daraus Gestaltungsvorschläge ab
      - Phasen:
        - Konzeptionelles Design
          - Brainstorming und Skizzieren von groben Gestaltungsalternativen
          - Abgleich mit Benutzeranforderungen
        - Interaktions-Design
          - Mögliche Aktivitäten, Screens, Menüs, Interaktionen auf Post-it-Zetteln notieren
            - gruppieren, duplikate entfernen.
          - Gruppen benennen und in logische Reihenfolge bringen, ggf. verschlanken
        - Schnittstellen-Design
        - ...
- —> 4. Evaluate design (User testing) —> 1. oder Product meets user specific requirements  
(Gestaltungslösungen aus der **benutzerperspektive evaluieren**)
  - Methoden: Vergleichende Benutzerstudien, Langzeituntersuchung
  - —> **Iteration**, soweit Evaluierungsergebnisse hierfür Bedarf aufzeigen (zu 1, 2 oder 3)
  - oder: —> Gestaltungslösung erfüllt die Nutzungsanforderungen

## - Emotionen

- **objektgerichtete** (extern/intern), **vergleichbar flüchtige** (Sekunden bis Minuten), **handlungsleitende Zustandsveränderungen**, die mit einer bestimmten **Valenz** (angenehm vs. unangenehm) einhergehen und sowohl durch **Gedanken** als auch **körperliche Reaktionen** begleitet werden können.
- Unterscheidung:
  - kategorische Ansätze: Emotionen Kategorien zuordnen. z.B. Wut, Angst, Ekel, Überraschung, Freude, Trauer. (evt. mit Grad)
  - Dimensionale Ansätze
    - Emotionen mittels Punkt in Koordinatensystem, das die Achsen Valenz (angenehm vs. unangenehm) und Arousal (Erregung: aktiviert vs. deaktiviert) hat.
    - Den Punkten auf diesem Koordinatensystem (oder Punkt auf Kreis, der durch x+y definiert wird) sind Emotionen zugeordnet.

## - User Experience (Preim & Dachzelt, 2015)

- User Experience (UX): Das **Nutzererleben**
  - Spaß ist wesentliche Komponente
  - **Komponenten von UX:**
    - Zufriedenheit bei der Nutzung
    - Spaß
    - Wahrgenommene Attraktivität
- **User Experience Design (UXD):** Die **Gestaltung** von **positiven Erlebnissen** und deren **Aufrechterhaltung**
  - z.B. Fahrererlebnisse, **Urlaubserlebnis** bei **Verbereitung** von **Reisen mittels Touristischer Websites**, Leseerlebnis mit eBook-Readern, Lernerlebnisse, Spielerlebnisse
- UX sollte in allen Entwicklungsphasen berücksichtigt werden
  - Anforderungsanalyse: was wünschen Nutzer, was lehnen sie ab

- Anforderungsdefinition: Konkrete UX-Ziele festschreiben
- Prototypen-Erstellung: Verschiedene UX-Aspekte ansprechen
- Testen: UX evaluieren
- **Hedonische Qualität**
  - fördern **Selbstvertrauen** der Benutzer
  - **stimulieren** Benutzer
  - fördern **Selbstverwirklichung** der Benutzer
  - —> fördern entstehen von positiven Gefühl
- versuch **Benutzerbefürdnisse** zu **befriedigen**
  - Gefühl von **Nähe** und **Verbundenheit** mit Menschen (z.b. Skype)
  - **Kontrolle** haben (digitaler Terminkalender)
  - sich an **schönen** dingen erfreuen
  - etwas zu haben, was **populär/begehr** ist (iPhone9)
  - ...
- AttrakDiff
  - Testet pragmatische Qualitäten eines Produkts und hedonische Qualitäten
    - **Stimulation: Streben** nach **persönlicher Entwicklung, Verbesserung** von **Kenntnissen** und **Fertigkeiten**
    - **Identität: Selbstdarstellung durch Objekte**, Wunsch auf **speziifische Weise wahrgenommen** zu werden
  - ausschließliche Betrachtung pragmatischer Qualität zu vereinfachend, da Personen mit Produkten auch weitere Bedürfnisse verbinden
  - Fragebogen im Format des semantischen Differentials
  - Auswertung in neun Quadranten (x-achse: Pragmatische Qualität, y-achse: hedonische Qualität)
- positive UX umfasst Emotionen, Ästhetik, Freude
- positive UX ist abh. vom Nutzungskontext
  - Herausforderungen (bei PC-Spielen gut, nicht bei Online-banking)
  - Vertrauen (Interneteinkauf)
  - Seriosität / nicht verspielt (online Banking)
  - Verspieltheit (freizeitorientierte Angebote)
- UX **bestimmt von Systemmerkmalen, Nutzermerkmalen, Aufgabe/Situation**
- **6 Schlüsselprinzipien des Benutzer-zentrierten Designs für Interaktive Systeme** (ISO 9241-210, 2010)
  - **Design basiert** auf explizitem **Verständnis** der **Benutzer, Aufgaben** und der **Umgebung**
  - **Benutzer** sind während des **gesamten Entwurfs** und **Entwicklungsprozesses involviert**
  - Design wird durch **benutzer-zentrierte Evaluationen angetrieben** und immer wieder **überarbeitet**
    - dafür kann z.B. der AttrakDiff Fragebogen verwendet werden
  - **Prozess ist iterativ**
  - **Design adressiert** das **gesamte Benutzererleben** (UX)
  - Das **Design Team** beinhaltet **multidisziplinäre Fertigkeiten** und **Perspektiven**
- **3DUI / Virtual Reality**
  - VR = System, dass Benutzer durch **interaktive Grafik** in **Echtzeit** mit **dreidimensionalen Modellen** und einer geeigneten Ausgabetechnik erlaubt in die Modellwelt **einzutauchen** und diese direkt zu **manipulieren**
  - **Immersion:** Realitätsnahe Darbietung und Wahrnehmung
    - Fachbegriff für "Eintauchen" (in eine virtuelle Welt)
      - Wie sehr bin ich meiner Umgebung bewusst?
      - Wie real fühlt sich die VR an?
      - Wie gut blendet Augmentierung sich in Wirklichkeit ein?
      - Subjektives Qualitätsmaß
  - **Imagination:** Erleben als quasi reale Welt
    - ermöglicht Transfer von Fertigkeiten in die virtuelle Welt

- **Interaktion:** Bidirektionale Interaktion in Echtzeit
- Gebrauch verschiedener menschlicher sensorischer Kanäle und Modalitäten (visuell, auditorisch, taktil, Geruch, Geschmack, etc.)
- **Mixed-Reality-Kontinuum** (#TODO definitionen für die begriffe)
  - <- Real environment
  - Augmented reality (AR)
    - System/Anwendungen, die die reale Welt durch virtuelle Inhalte erweitern
    - Inhalte werden verankert (an Referenzpunkten)
    - Referenzpunkte werden verfolgt —> Augmentierung bleibt stabil
    - Grundanspruch: Elemente so verorten, dass sie sinnvoll in AR sind
    - Kategorisierung:
      - AR-Hardware-Art
        - See Through AR
          - Augmentierungen auf durchlässiger Oberfläche visualisiert (Brillenglas, Fenster/ Windschutzscheibe,...)
          - Bsp: HoloLens, Auto HUD
        - Pass Through AR
          - Realität wird durch optischen Sensor betrachtet (Kamera) und auf einem Bildschirm wiedergegeben. Augmentierungen werden in das Kamerabild eingezeichnet
          - Endgeräte: Smartphones, Tablets
    - AR-Tracking-Verfahren
      - im allgemeinen visuell. Zur Erkennung und Verfolgung (von Referenzpunkten)
      - klassische Marker-basierte Erkennung (Fiducial markers)
        - Schwarz-weiß leicht zuerkennen
        - Rotation eindeutig kodiert (keine symetrie)
        - Tracking von 6-DOF (degrees of Freedom) muss möglich sein
        - Niedriger Immersionsgrad, offensichtlicher Fremdkörper in der Realität (Kann gewollt sein, Nutzer erkennt Marker als Marker)
      - **Natural Feature Tracking (NFT)**
        - über Algorithmen werden Feature Points in Markern bestimmt
          - gute Feature punkte: möglichst eindeutig, kontrastreich, an kanten/ übergängen, Orientierung/richtung —> Ecken
        - geeignete Marker haben viele, geometrisch gut verteilte Feature Points
        - Im Kamerabild werden die Featurepoints bestimmt und gegen die Feature Points der Marker gematcht.
        - höherer Immersionsgrad, Verortung der Augmentierung ist nicht (leicht) erkennbar
        - SIFT-Like feature detectors (Scale Invariant Feature Transform) zur Bestimmung von Feature Points
          - Grundprinzip: Bestimmung von Feature Points(starken Ecken), Beschreibung der Feature Points (Feature descriptor)
          - Objekte/Bilder können über Menge von Feature Points beschrieben /erkannt werden
        - herausforderung:
          - perspektivische Verzerrung der Feature Points zu geometrischer Position umrechnen.
          - veränderliche Lichtverhältnisse
  - **Objekt Erkennung**
  - **Vollständig markerlose Erkennung / Raum-Tracking**
    - Arbeitsschritte:
      - Kartographierung der Umgebung (Bestimmung von Referenzpunkten)
      - Positionieren von Augmentierungen relativ zu diesen Referenzpunkten
    - Herausforderung:
      - 3D (Tiefen-) Informationen aus 2D-Bildern generieren (Handykamera)
      - Verortung der Kamerabilder /Verbindung von virtuellen Weltkoordinaten und realen Koordinaten
    - Bewegungsverfolgung: Bewegung des mobilen Geräts in der Realität wird erkannt, vermessen und verfolgt

- Information von Trägheissensoren (IMU, Internal Measurement Unit)) und optischen Daten (Odometry) werden kombiniert
  - Odometrie: (alt gr.: Weg messen). überbegriff zur Logalisierung beweglicher Systeme im Raum.
    - Einfachster Fall: Raumdrehung /Distanzmessung —> Odometer
    - Versuch Bewegung (Rotation & Translation) eines mobilen Systems über Zeit zu verfolgen
      - dafür Antriebssystem auslesen (+evtl lenkung), andere Stütztechnologien (z.B. GPS)
    - Visuelle Odometrie: Wegvoerfolgung basierend auf visuellen Informationen. Unterscheidung verschiedene Verfahren/Technologien: Monoskopisch / Stereoskopisch / Tiefenkamera; Feature-basiert / direkt / Hybrid
  - SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)
    - Anwendungsfall der Visual Odometry)
    - Navigation eines Agenten/ Roboters in einem unbekannten / nicht kartographierten Gebiet —> Relative Lokalisierung vom Ausgangspunkt
    - Ausgehend von Startpunkt wird Bewegung eines Agenten basierend auf der zeitlichen Abfolge von Kamerabildern ermittelt (zusätzlich Stütztechnologien möglich)
- Augmented virtuality (AV)
  - Vortieöoe Realität um physische EObjekte angereichert, z.b.Hammer und Meißel für Bildhauerprogram, Stift zum zeichnen in VR
- Virtual environment (Virtual Reality)->
- Mixed Reality als überbegrif für Mischformen
- **Tangible User Interfaces:**
- Auf den hoch entwickelte Fertigkeiten zur Interaktion mit Objekten der realen Welt aufbauen anstelle von abstrakten symbolischen Reprääsentationsformen
- Def: TUIs bestehen aus digitalen und physischen repräsentationen. Diese sind gekoppelt mit dem zugrundeliegenden digitalen Modell und ermöglichen dessen manipulation. (Digitales Model kann durch veränderung des phyisschen repräsentation verändert werden)
- Bsp: Marble-Answering Machine:
  - Bei Anrufwirft Anrufbeantworte Kugel aus. Zum Abhören (oder Rückrufen) muss Kugel eingeworfen werden.
- Bsp: Reactable
  - Stueerelemente: Soundgeneratoren, Soundfilter, Controler, Globale Parameter
  - Multitouch Hardware
  - ...
- Sizzieren
- Vorteile/Eigenschaften:
  - **Schnelligkeit** der Erstellung
  - geringe **Kosten**
  - **Verwerfbarkeit**
  - Viele Varianten
  - klarer eigener Stil/**Charakteristische Skizziersprache**
  - wenig Details/Angemessener Verfeinerungsgrad
  - Mehrdeutigkeit
- Sketch-based interfaces (Skizzenbasierte Interfaces)
  - 2 Sorten
    - zum Zeichnen (Konvertieren digitalisierte Striche einer Skizze in geometrische objekte)
    - mmithilfe von Zeichnen Skizzen System steuern (bsp. Regler zeichnen)(Erlauben es das System durch Skizzieren zu steuern oder Schnittstellenelemente zu modifizieren)
  - Intuitiv und einfach
  - freihand-skkizzieren ist natürlicher Bestandteil alltäglicher Interaktion zwischen Menschen
  - **kombinieren Flexibilität** ud **Einfachheit** der Benutzung von **Papier** und **Stift** mit den **Verarbeitungskapazitäten** des **Computers**
  - Skizzenbasierte Schnittstelen wirken natürlich wie papier aber wesentlich smarter
  - 
  -

#####

-----

- Usability-fragebögen: wir sollten nennen können #TODO in welcher art und weise man usability messen kann: welche fragebögen gibt es
- Interaction Beyond the desktop. 3DUI/Virtual reality
  - Immersion, Interaktion (möglichkeit bidirektional in echtzeit zu interagieren), Imagination (Erleben als quasi reale welt)
- Mixed Reality Kontinuum: Simple frage: definieren. begrifflichkeiten kennen
  - reale umgebung haben wir heutzutage quasi nicht mehr.
  - mixed reality wird umgangssprachlich heute anders begriffen,, was aber nicht so ist wie es in dem kontinuum gemeint ist.(vorsicht: ist auf gleicher folie)
- Tangible User interfaces: vlt. muss ein tangible UI erläutert werden, dafür kann z.b. Marble-Answering machine verwendet werden. Wichtig: digitale und physische repräsentation sind gekoppelt.
  - MCRit: Digitales Model kann durch veränderung der physischen repräsentation verändert werden
- Skizzieren: Warum skizzen toll. Schnell, charakteristische skizziersprache
- Sketch-based Interfaces (skizzenbasierte schnittstellen): 2 Sorten: zum zeichnen und mit hilfe von skizzen system steuern.

bei habakuk mehr offene fragen. z.b. beschreiben sie diesen prozess, nennen sie diese kriterien.  
bei droste konkreter