

INFORMATIK IM KONTEXT - TEIL 1  
**IT & Mensch**

*Alan Kniep, Livi Franke*  
7. Dezember 2020



**Universität Hamburg**  
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführungsveranstaltung, Motivation</b>	<b>1</b>
1.1	Definition Mensch-Computer-Interaktion . . . . .	1
1.2	Übungsaufgaben . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Menschliche Informationsverarbeitung</b>	<b>5</b>
2.1	Model Human Processor . . . . .	7
2.2	Mensch-Computer-Interaktion . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Wahrnehmung</b>	<b>10</b>
3.1	Wahrnehmungstheorie . . . . .	10
3.2	Menschliche Sensorik . . . . .	10
3.3	Visuelle Wahrnehmung . . . . .	11
3.3.1	Objekterkennung . . . . .	13
3.4	Auditive Wahrnehmung . . . . .	14
3.5	Tastsinn . . . . .	15
3.6	Geruchs- und Geschmackssinn . . . . .	17
3.7	Psychophysik und Wahrnehmung . . . . .	18
<b>4</b>	<b>Kognition</b>	<b>19</b>
4.1	Gedächtnis, Erinnern & Wiedererkennen . . . . .	19
4.2	Lernen und Fertigkeitserwerb . . . . .	21
4.3	Logisches Denken . . . . .	22
4.4	Entscheidungen treffen . . . . .	23
4.5	Aufmerksamkeit und Belastung . . . . .	24
<b>5</b>	<b>Kommunikation &amp; Handlung</b>	<b>25</b>
5.1	Kommunikation . . . . .	25
5.1.1	Interaktionsformen . . . . .	25
5.2	Handeln . . . . .	26
5.3	Fehler . . . . .	27
5.4	Aktion und Motorik . . . . .	28
5.5	Modelle . . . . .	29
5.6	Kontrolle-Display Relation . . . . .	31
<b>6</b>	<b>Interaktionsparadigmen</b>	<b>32</b>
6.1	Klassische Interaktionsgestaltung . . . . .	32
6.1.1	Commandline Interfaces . . . . .	32
6.1.2	Form-Fill Interfaces . . . . .	32

6.1.3	Point & Click Interfaces . . . . .	33
6.1.4	Menu Interfaces . . . . .	33
6.1.5	Direkte Manipulation . . . . .	33
6.1.6	WIMP-GUI . . . . .	34
<b>7</b>	<b>Interaktionsdesign &amp; Usability</b>	<b>35</b>
7.1	Usability, User Experience, Accessibility . . . . .	35
7.2	Affordances . . . . .	35
7.3	Mentale & konzeptionelle Modelle . . . . .	36
7.4	Mappings . . . . .	36
7.5	Design-Regelwerke . . . . .	36
7.5.1	Prinzipien . . . . .	37
7.5.2	Heuristiken . . . . .	37
7.5.3	Patterns . . . . .	38
7.5.4	Standards . . . . .	38
7.5.5	Guidelines . . . . .	38
<b>8</b>	<b>Glossar</b>	<b>39</b>

# 1 Einführungsveranstaltung, Motivation

## 1.1 Definition Mensch-Computer-Interaktion

“**Mensch-Computer-Interaktion** (MCI) (engl. Human-Computer Interaction (HCI)) beschäftigt sich mit der benutzergerechten Gestaltung von allgegenwärtigen interaktiven Systemen und ihren Mensch-Maschine-Schnittstellen.”

---

Markus Dahm

### Benutzergerecht:

- Effektiv
- Effizient
- Zufriedenstellend

Nutzung des IT-Systems.

Mensch-Computer-Interaktion wird auch als 3. Evolution von IT-Systemen bezeichnet,

1. Evolution: Konzentration auf die Hardware (bau von Computern bzw. Rechenmaschinen), vorallem Mainframe (one Computer, many people) bis zu den 70ern Jahren
2. Evolution: Fokus auf Softwareprojekten (zur Kontrolle der Hardware), vorallem PC (one person, one Computer) in den 80er, und 90er Jahre
3. Evolution: Konzentration auf der Entwicklung von IT-Systemen zur Unterstützung des Nutzers (Unterstützung beim Lernen, beim Arbeiten, beim Kommunizieren, beim Unterhalten), vorallem Ubiquitous Computing (one person, many computers) ab diesem Jahrhundert.

Die Art und Weise der Formfaktoren von Computern hat sich verändert und werden zunehmend allgegenwärtiger.

Mobility	High	Mobile Computing	Ubiquitous Computing
	Low	Traditional Computing	Pervasive Computing
		Low	High

**Embeddedness**

Abbildung 1.1: Issues and Challenges in Ubiquitous Computing, K. Lyytinen, 2002

**Mode Error:** Wenn eine korrekte Aktion im falschen Modus gemacht wird. Zum Vorbeugen solcher Fehler können Indikatoren eingebaut werden, welche bevor es zu einem solchen Fehler kommt auf diese aufmerksam machen. Bspw. wenn die richtigen Tasten zur Passworteingabe gedrückt werden, aber Capslock aktiviert ist. In diesem Fall kann ein Symbol eingeblendet werden um Capslock zu signalisieren.

“Nun ist es gottseidank so, dass wenn wir Fehler machen, nicht immer [...] Menschen sterben müssen.”

---

Steini

### CHAOS-Studie:

1.	User Involvement	15.9%
2.	Executive Management Support	13.9%
3.	Clear Statement of Requirements	13.0%
4.	Proper Planning	9.6%
5.	Realistic Expectations	8.2%
6.	Smaller Project Milestones	7.7%
7.	Competent Staff	7.2%
8.	Ownership	5.3%
9.	Clear Vision & Objectives	2.9%
10.	Hard-Working, Focused Staff	2.4%
11.	Other	13.9%

Tabelle 1.1: Interviews mit IT-Managern zur Identifikation von (Miss-)Erfolgsfaktoren von IT-Projekten, Standish Group (<http://blog.standishgroup.com/>), 2015

Bei der Entwicklung von IT-Systemen muss von Anfang an der Mensch im Zentrum stehen, ansonsten lässt sich das nicht mehr korrigieren.

“Creating an interface is much like building a house: If you don’t get the foundations right, no amount of decorating can fix the resulting structure.”

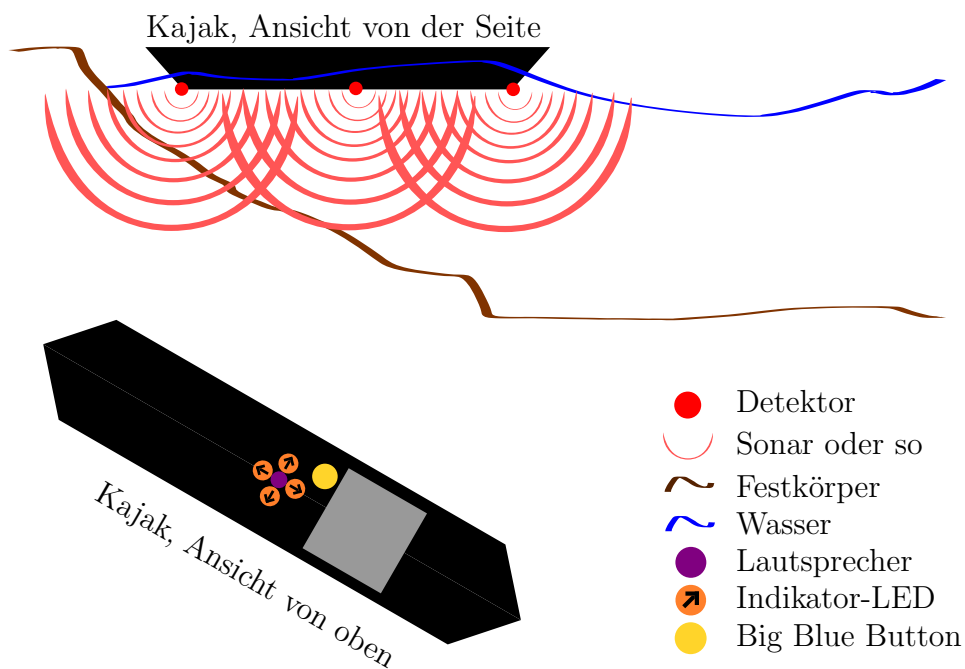
J. Raskin

## 1.2 Übungsaufgaben

### Navigation für Inuit

#### Anforderungen

- einfach und intuitiv bedienbar
- mit dickeren Handschuhen bedienbar
- wasser- sowie kältefest
- offline funktionieren (bspw. keine Sateliten, Internet, etc.)



#### Beschreibung

Auf der Außenseite des Kajaks sind Detektoren angebracht welche bspw. mit Sonar eine Karte der Unterwasserumgebung zeichnen und, sollte das Kajak an einer Seite zu nah an einem Festkörper sein, ein Signal über Lautsprecher ausgeben, sowie redundant ein Signal über Lichtindikatoren (mehrfarbige LED), welche die betroffene Seite des Kajaks

in rot angeben. Mit dem Big Blue Button kann durch die Modi gewechselt werden, wodurch die Funktionalität der Indikatoren geändert werden kann.

Mögliche Modi wären, aber nicht limitiert auf:

- Kollisionserkennung (rote LED)
- Grober Kompass (blaue LED)

Der Kompassmodus gibt die grobe Richtung gen Norden an, in dem immer ein oder zwei LED blau leuchten. Die Kollisionsignale werden auch in diesem Modus funktionieren, indem die LED im Falle einer bevorstehenden Kollision temporär den Modus zurück wechseln.

Der Gedanke ist, dass in diesem Fall simpler=besser ist um Hardware- sowie Human-Errors zu vermeiden. Aufgrund der überschaubaren Anzahl an Modi und der farblichen Unterscheidbarkeit der LEDs sind auch Mode-Errors unwahrscheinlicher.

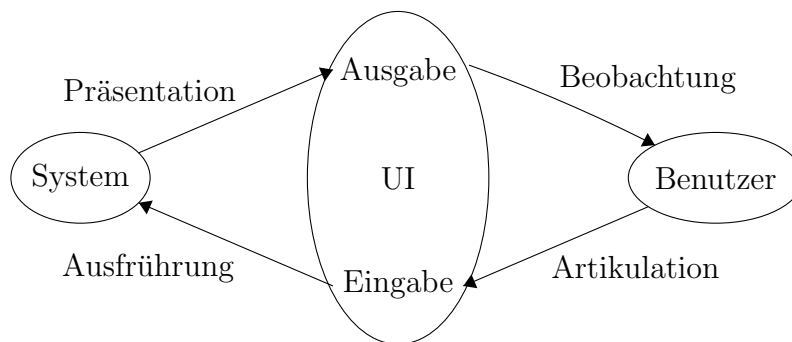
### **Thought Paper - Sutherlands Ultimate Display, Zusammenfassung**

Wir haben ein gutes Verständnis von der Welt um uns herum durch Gewohnheit, Computer und alles was mit ihnen kommt, gibt uns eine neue Facette, etwas unvertrautes oder nicht realisierbares. Die Möglichkeiten, die einem ein Computer bringt um quasi die Welt um sich herum zu verändern haben keine Grenzen, also wenn man es sich vorstellen kann, wird es vermutlich irgendwann geschaffen. Die Limits eines heutigen Computers sind in ein paar Jahren ganz andere, sodass die Steuerung von neuen Systemen intuitiver, mehr accessible und ausführlicher wird. Ein ultimatives Display, also die immersivste, Computer-erzeugte Umgebung, welche künstlichen bzw. neuen Realismus ermöglicht, nicht nur audiovisuell, sondern alle Sinne abdeckend und mehr, ist quasi die Endstufe von virtueller Realität (VR).

## 2 Menschliche Informationsverarbeitung

Die Interaktion mit der “digitalen Welt” erfolgt über sogenannte **Benutzerschnittstellen** (engl. User Interface; UI). Diese sind häufig multimedial, verwenden also verschiedene Medien (Bilder, Videos, Text, etc.) UI's bestehen meist aus sogenannten **Ausgabegeräten** (z.B. Monitore, Lautsprecher, haptische Geräte, ...) und aus **Eingabegeräten** (z.B. Maus, Tastatur, Sprache, ...)

Das System (die Hardware) wird in einem **Interaktionsframework** über die Benutzerschnittstelle mit dem Benutzer verbunden. Dabei “beobachtet” der Benutzer die Ausgabe und kann über die Eingabe was artikulieren, was zu einer Ausführung auf der Systemseite führt. Das System berechnet dann irgendwas und “präsentiert” dies, welches zu einer Änderung in der Ausgabe führt.



Der Mensch kann unterschiedlich betrachtet werden. Einmal (1) in Hinblick auf die **Perzeption**, also die Wahrnehmung durch Sicht, Hören, Berührung usw.; (2) **konzeptionell**, also dem Verständnis vom System und der Planung von Arbeitsschritten; und (3) **physisch**, also dem Durchführen von Aktionen, bzw. physischer Interaktionen.

### Was ist der Mensch?

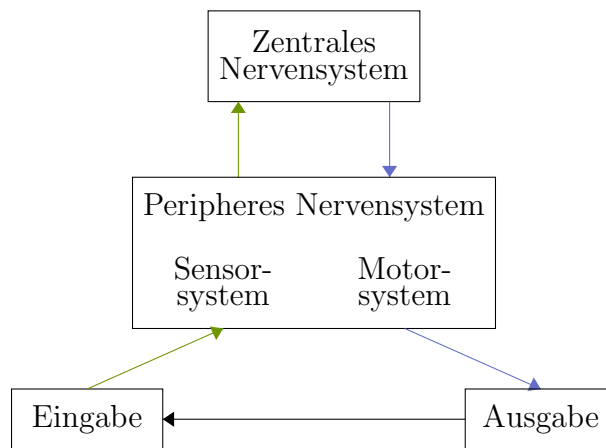
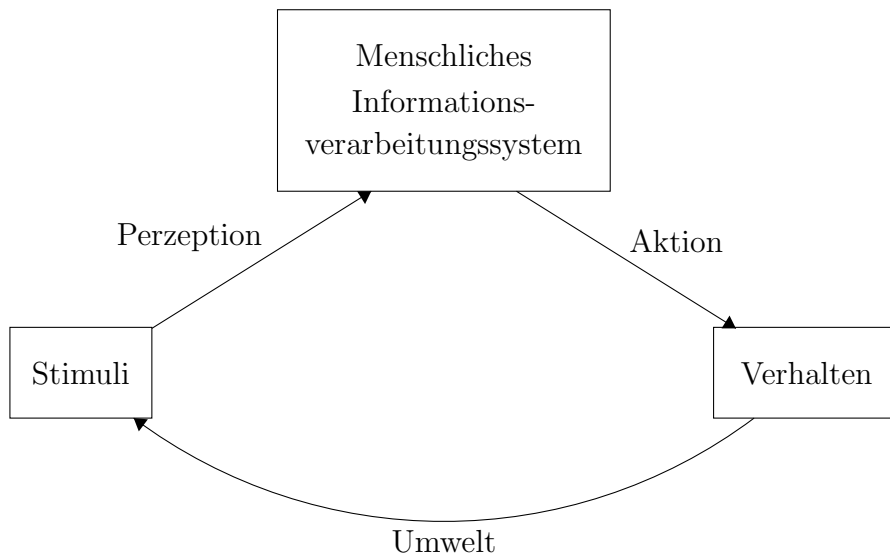
Es gibt verschiedene Sichtweisen auf den Menschen, da wäre beispielsweise die **Physikalische Sicht**, die sich mit dem Körper und der Ergonomie beschäftigt. Also beispielsweise, wo sollten Knöpfe positioniert sein, etc.

Dann gibt es da die Sichtweise der **kognitive Psychologie**, die sich mit der Informationsverarbeitung des Menschen beschäftigt.

Außerdem gibt es die Sichtweise der **Linguistik**, welche sich mit der Kommunikati-



on und der Verarbeitung von natürlicher Sprache beschäftigt. Des Weiteren wäre da die Sichtweise des Menschen als **Informavore** und **soziales Wesen**, dabei steht die Soziologie, Anthropologie, Informations- und Kommunikationswissenschaft.



**Informationsverarbeitung** passiert in mehreren Schritten. Sie startet mit der Perzeption (Aufnahme), welche über die Sinneskanäle (s. folgende Tabelle) erfolgt. Daraufhin können Informationen unterschiedlich gespeichert werden, einerseits über den (1) **sensorischen Speicher**, manchmal auch Ultrakurzzeitgedächtnis genannt, welcher quasi ein Buffer in der passiven Informationsverarbeitung ist; über das (2) **Arbeits- bzw. Kurzzeitgedächtnis** um Informationen für kürzere Zeiträume zu speichern sowie

das (3) **Langzeitgedächtnis** um Informationen auch nach einiger Zeit noch abrufen zu können.

Informationen sind allerdings nicht nur “read only”, sondern können auch transformiert werden. Dies passiert teilweise passiv, teilweise aktiv, bspw. durch Nachdenken, Lernen, Problemlösen, Verarbeiten, etc.

Zum Ende der Informationsverarbeitungssystem gibt es **Endeffektoren**, die der Mensch durch gewisse motorische Aktionen auslösen kann. Dies sind im Endeffekt physische Interaktionen wie bspw. Hände, Beine, Stimmbänder u.Ä., aber auch Dinge wie der Körperhaltung und -position.

Wahrnehmungssystem	Organ	Empfindung
visuell	Auge	Farbe, Helligkeit
auditiv	Ohr	Tonhöhe, Lautstärke
haptisch	Haut, Muskelspindel	Druck, Stellung
thermisch	Haut	Temperatur
olfaktorisch	Nase	Geruch
gustatorisch	Mund	Geschmack
...	...	...

## 2.1 Model Human Processor

Die Idee ist es, den Menschen aus der Sicht der Informations- und Kognitionspsychologie sowie der Information zu simplifizieren für eine einfacheres Studium der Schnittstellen zwischen Mensch und System.

Dieses Model besteht aus drei Subsystemen; dem **Eingabe-/perzeptuellen System** zum Aufnehmen von Stimuli; dem **kognitiven System**, welches für die rationale Verarbeitung von Informationen dient; sowie dem **Ausgabe-/Motorsystem** zur Kontrolle von Aktionen.

Jeder dieser Prozesse benötigt Laufzeit. Diese wurde empirisch ermittelt und betrifft:

- Perzeption:  $\tau_P = 100$  [50 ~ 200] ms
- Kognition:  $\tau_C = 70$  [25 ~ 160] ms
- Motorik:  $\tau_M = 70$  [70 ~ 360] ms

Die menschliche Informationsverarbeitung hat eine eingehende Informationsmenge von ca. 1.5 GBits/s, wovon ca. 15 MBits/s die Rezeptoren und ca. 50 – 100 Bits/s das Bewusstsein erreichen. Um diese Datenmenge derartig zu verringern, werden Informationen **gefiltert und selektiert**.

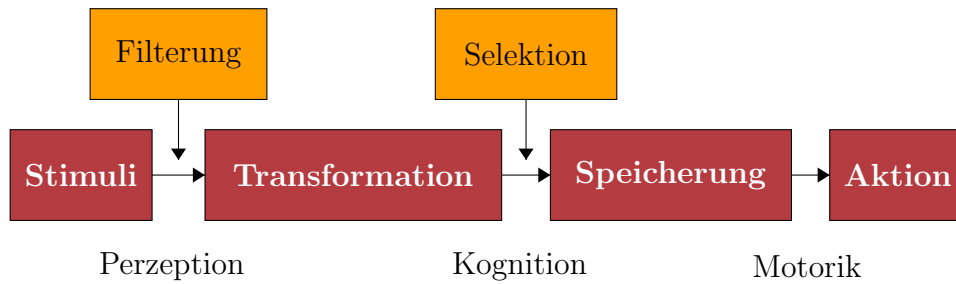
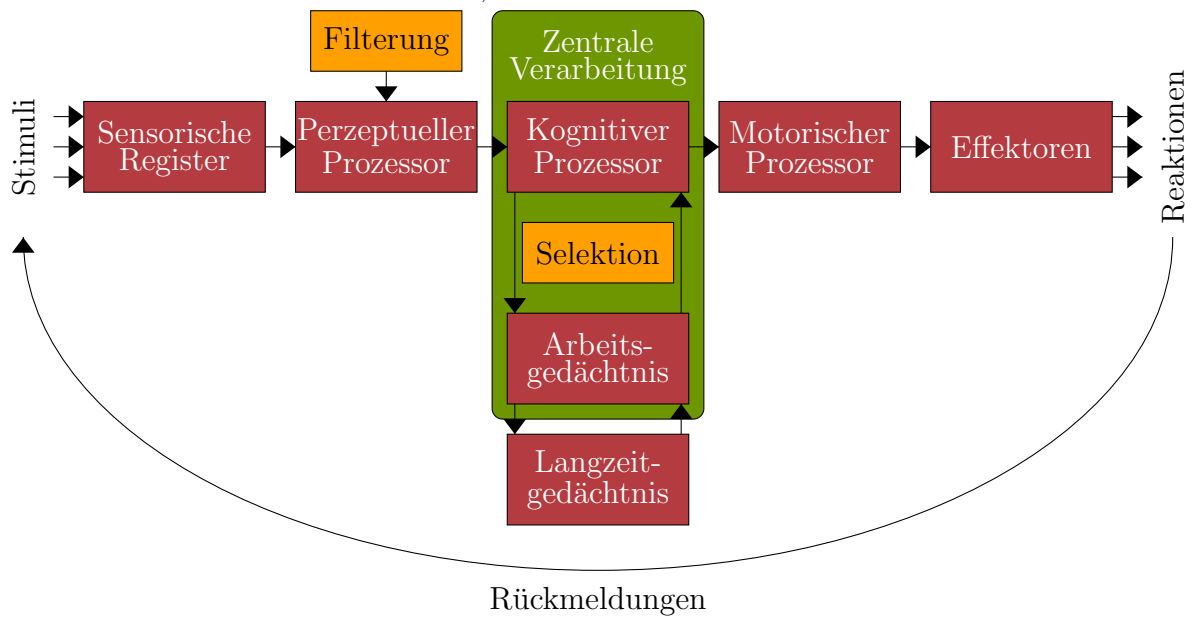


Abbildung 2.1: Modell "Human Processor: An Engineering Model of Human Performance." nach S.K Card, T.P Moran und A. Newell



Andere Modelle sind bspw.

- SOAR - **S**tate **O**perator **A**pply **R**esult  
A. Newell: Soar: An Architecture for General Intelligence, Artificial Intelligence, 33, 1987
- EPIC  
D. E. Kieras: EPIC - A cognitive architecture, 1997

## 2.2 Mensch-Computer-Interaktion

Die Übergänge zwischen Perzeption und Kognition sind fließend.

Tabelle 2.1: Visuelle Wahrnehmung

attentiv	präattentiv
kontrolliert	automatisch
benutzt zumeist Fovea	auch peripher möglich
detailliert	oberflächlich
seriell	parallel
langsam	schnell
unterdrückbar	nicht unterdrückbar
bewusst	unbewusst
aufmerksam	voraufmerksam

Präattentive Eigenschaften sind bspw. folgende:

- Farbe (Farbton, Intensität)
- Bewegung (Flackern, Richtung)
- Form (Orientierung, Länge, Weite, Kolinearität, Gruppierung, Markierungen)

Beispiele zum Testen von Attention bzw. Präattention gibt es [hier](#).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup><http://visualizedd.wordpress.com/process-paragraph/>

# 3 Wahrnehmung

## 3.1 Wahrnehmungstheorie

Die Wahrnehmungstheorie versucht das **subjektiv-psychologische Erleben** und die **objektiv-physiologische Messbarkeit** verbinden, bzw. einen Übergang schaffen.

**Perzeption lässt sich aufteilen in:**

- Exterozeption, die Verarbeitung von Reizen aus der Umwelt
- Interozeption, die Verarbeitung von Reizen aus dem Körperinnern
- Perzepte, subjektiv sinnvolle Gesamteindrücke aus gefilterten und selektierten Informationen

**Wahrnehmung durch sensorische Integration**

Stimuli werden von **Sinnesorganen** als **Sinneswahrnehmungen** aufgenommen und an das zuständige sensorische Gehirnareal weitergeleitet. Anschließend wird dann ein **Sinneseindruck** aus mehreren, zusammenhängenden Modalitäten produziert.

**Sensorische Kombination, Kreuzmodale Wahrnehmung**

Die Kombination mehrerer sensorischer Eindrücke, wobei Sinnesmodalitäten miteinander **interagieren**. Dabei kann die Sinneswahrnehmung, eines Sinnesorgans durch den Sinneseindruck eines anderen verfälscht werden. So können andere Sinneseindrücke entstehen, als würde ein Stimulus nur von dem ersten Sinnesorgan wahrgenommen werden.

Kontext und Vorerfahrung kann unsere Wahrnehmung täuschen und verändern. Die von uns wahrgenommene Umwelt ist daher nie eine direkte, "korrekte" Abbildung der Realität, sondern eine Interpretation basierend auf der Struktur von Perzepten.

Abbildungen, Lektion 3, Folien 11-18

## 3.2 Menschliche Sensorik

**Analoge Signale** Analoge Signale definieren einen zeitlich kontinuierlichen Verlauf einer physikalischen Größe und können durch stetige Funktionen mit stufenlosem und unterbrechungsfreiem Verlauf beschrieben werden.

**Perioden** sind sich in festen Zeitabständen wiederholende Signale, ein Zyklus dieser Periode wird auch Phase genannt. Beispiele für periodische Signale sind Licht, Schall und Vibration.

Es gibt **Longitudinalwellen**, welche von in die Ausbreitungsrichtung schwingenden Oszillatoren erzeugt werden und **Transversalwellen**, welche von quer zur Ausbreitungsrichtung schwingenden Oszillatoren erzeugt werden.

**Amplitude:**  $[u] = \text{m}$ ,  $[a] = \text{m}$  oder  $[y_{\max}] = \text{m}$  ist der Betrag der maximalen Auslenkung.

**Wellenlänge**  $[\lambda] = \text{m}$  gibt die Länge einer Periode der Welle an.

**Frequenz**  $[f] = \text{Hz}$  gibt die Anzahl der Schwingungen pro Zeiteinheit  $[t] = \text{s}$  an.

Die Umrechnung von Frequenz  $f$ , Wellenlänge  $\lambda$  und Geschwindigkeit  $v$  wird durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$\lambda = \frac{v}{f} f = \frac{1}{P} P = \frac{1}{f}$$

### 3.3 Visuelle Wahrnehmung

[Hier Quantenphysik-Infos einfügen]  $c \approx 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  Sichtbares Licht befindet sich ca. im Bereich 400 nm bis 780 nm, also zwischen Ultraviolett ( $< 400 \text{ nm}$ ) und Infrarot ( $> 780 \text{ nm}$ ).

Je "weißer" ein Objekt für uns erscheint, desto weniger absorbiert und desto mehr reflektiert es und andersherum. Das gleiche gilt auch für Farben. Bspw. je "roter" ein Objekt erscheint, desto mehr rote Wellenlängen werden reflektiert und desto mehr andersfarbige Wellenlängen absorbiert. Je heller dieser Rotton nun wirkt, desto mehr werden auch andersfarbigen Wellenlängen reflektiert.

Abbildungen, Lektion 3, Folien 42-46

Ein Bild landet um  $180^\circ$  gedreht auf unserer Retina (Netzhaut)

**Akkommodation:** Durch Muskelkontraktion wird die Brechkraft des Auges dynamisch angepasst um so Objekte in beliebiger Entfernung scharf zu sehen.

**Emmertsche Gesetz:** Der Sehwinkel  $\Theta$  hängt von Distanz  $D$  und Größe  $H$  des Objektes ab. Daraus folgt:

$$\frac{B}{H} = \frac{W}{D} \Rightarrow H \sim B \cdot D$$

Abbildungen, Lektion 3, Folien 52-56

Auf der Retina befinden sich zwei verschiedene Arten von Photorezeptoren:

(1) Erstens die Zapfen (etwa sieben bis acht Millionen), welche für Farb- und Tagessehen (**Photopisches Sehen**) zuständig sind und in die drei Typen S (hauptsächlich Blautöne), M (hauptsächlich Grüntöne) und L (hauptsächlich Rottöne) (Wellenlängen) unterscheidbar sind und (2) zweitens die Stäbchen (etwa 100 bis 120 Millionen), welche für die Hell-Dunkel-Empfindung und das Dämmerungssehen (**Skotopisches Sehen**) zuständig sind.

**Sehschärfe** meint die Fähigkeiten Konturen und Muster zu erkennen. Sie hängt von dem Auflösungsvermögen, der Abbildungsqualität sowie den optischen Eigenschaften (Kontrast, Farbe, Form) von Objekt und Umgebung ab.

Die höchste Sehschärfe liegt im Zentrum unserer Sicht, in etwa vergleichbar mit der Breite des Daumens bei ausgestrecktem Arm.

**Dreifarbentheorie:** Thomas Young und Hermann von Helmholtz haben festgestellt, dass jede von uns wahrnehmbare Farbe durch Kombination dreier verschiedener Wellenlängen herstellbar ist.

Werden weder Zäpchen noch Stäbchen durch Licht erregt, so sehen wir schwarz, werden hingegen alle erregt sehen wir weiß.

Pixel von modernen Monitoren sind häufig in drei Subpixel, bzw. drei verschiedene Arten von Subpixel aufgeteilt. Diese repräsentieren die Dreifarbentheorie mit den Farbe rot, grün und blau (RGB). Durch sie lassen sich alle sichtbaren Farben darstellen.

<b>Strahlung</b> (Radiance)	Betrag der, die Lichtquelle verlassenden Lichtenergie auf Leinwand fallendes Licht	
<b>Beleuchtung</b> (Illuminance)		
<b>Luminanz</b> (Luminance)		von Leinwand reflektiertes Licht
<b>Helligkeit</b> (Brightness)		wahrgenommener Eindruck abhängig von Luminanz

**Kontrast** ist das Verhältnis von Luminanz eines Objekt zu dessen Hintergrund und wird definiert als:

$$K = \frac{L_V - L_H}{L_H} = \frac{\Delta L}{L_H}$$

Hierbei ist  $L_V$  die Luminanz des Vordergrund-,  $L_H$  die Luminanz des Hintergrundreizes und  $\Delta L$  die Differenz zwischen  $L_V$  und  $L_H$ .

Die **Kontrastsensitivität** des Menschen liegt bei 1 : 200 bis 1 : 250 (Anzahl unterscheidbarer Graustufen), wobei die Iris die Menge des einfallenden Lichts variieren kann. Der Gesamtkontrast liegt bei insgesamt 1 : 100 000, aber nicht bei einer einzigen Wahrnehmung.

**Machsche Bänder** führen zu verstärkten Wahrnehmung eines Kontrast zwische Kanten mit leicht unterschiedlicher Schatierung. Grund hierfür ist die **Laterale Hemmung:** Beisammenliegende Rezeptoren können benachbarte Nervenzellen hemmen und dadurch Kontrastübergänge heller bzw. dunkler wirken lassen, als sie eigentlich sind.

### 3.3.1 Objekterkennung

#### Ansichtsbasierte Erkennungsmodelle

Das zu erkennende Objekt wird mit gespeicherten Ansichten (evtl. aus verschiedene Perspektiven) verglichen. Dabei wird das Objekt mit Repräsentationen aus dem Gedächtnis verglichen. Mittels Interpolation oder Extrapolation wird aus den bekannten Ansichten daraus geschlossen, wie das Objekt aus der momentanen Perspektive aussehen könnte.

#### Strukturelle Erkennungsmodelle

Das zu erkennende Objekt wird in strukturelle Komponenten zerlegt und diese verglichen mit Objekten, die aus ähnlichen Komponenten bestehen.

Eine Theorie der strukturellen Erkennung ist dabei die **Geonentheorie**, wobei Objekte als Zusammensetzung geometrischer Primitive (Geonen) verstanden werden.

Abbildungen, Lektion 4, Folie 136ff

Retinalen Bild	grobe Kontrasterkennung
Primärskizze	Kantenerkennung aus Kontrast
2.5D-Skizze	Oberflächeneigenschaften durch Tiefenhinweise → orientierte Oberflächen und Richtungszuweisungen
3D-Modell	Zusammenfügen von Vorwissen und 2.5D-Skizze

Tiefenhinweise	Wirkungsbereich	Klassifizierung	Positionsbestimmung
Verdeckung	Kompletter Bereich	Monokular	Relativ
Disparität	< 10 m	Binokular	Relativ
Konvergenz	< 2 m	Binokular	Absolut
Akkomodation	< 2 m	Monokular	Absolut
Image Blur	Kompletter Bereich	Monokular	Relativ
Linearperspektive	Kompletter Bereich	Monokular	Absolut
Texturgradient	Kompletter Bereich	Monokular	Relativ
Relative Größe	Kompletter Bereich	Monokular	Absolut
Bekannte Größe	Kompletter Bereich	Monokular	Absolut
Höhe im Gesichtsfeld	> 30 m	Monokular	Relativ
Atmosphärische Perspektive	> 30 m	Monokular	Absolut
Shape from Shading	Kompletter Bereich	Monokular	Relativ
Schattenwurf	Kompletter Bereich	Monokular	Relativ
Bewegungsparallaxe	> 20 m	Dynamisch	Relativ
Accretion	Kompletter Bereich	Dynamisch	Relativ



**Basisdilemma:** Tiefenerkennung ist nicht immer bereits bei der 2.5D-Skizze möglich, da gewisse Punkte auf Oberflächen auf den gleichen Punkt der Retina fallen und damit nicht unterschieden werden können, wodurch gewisse Tiefenhinweise verloren gehen.

Abbildung, Lektion 4, Folie 130

**Gesichtserkennung:** Für die Gesichtserkennung ist ein dedizierter Bereich in der Großhirnrinde zuständig. So ist die Erkennung von Gesichtern unabhängig von z.B. Objekten. Aus evolutionären Gründen sind wir sehr gut im Erkennen von Gesichtern.

## 3.4 Auditive Wahrnehmung

### Audiosignale

Audiosignale sind Schall- bzw. Druckwellen, welche sich konzentrisch zum Entstehungspunkt mit einer Geschwindigkeit  $v \approx 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  im Raum ausbreiten. Die Schallgeschwindigkeit ist abhängig von Medium (Dichte, etc.), Temperatur und Druck abhängig.

**Aperiodische Luftdruckschwankungen** werden als **Geräusche** wahrgenommen, **periodische Luftdruckschwankungen** als Ton.

Das **hörbare Spektrum** liegt im Allgemeinen zwischen 20 Hz und 20 kHz. Kleinere Frequenzen ordnet man dem Infraschall zu, größere dem Ultraschall.

Unterschiedliche Frequenzen nehmen wir als **Tonhöhen** wahr, dabei bedeutet eine höhere Frequenz eine höhere Tonhöhe. Dabei kann der Mensch keine kleinen Frequenzdifferenzen als 1.5 Hz diskriminieren.

Zur Messung der **Lautstärke** wird die logarithmische Skala bel bzw. Dezibel (dB) genutzt. Hierbei hängt die Lautstärke von der Änderung des Luftdrucks ab.

$$L = 2 \cdot \log_{10} \frac{P_2}{P_1} \text{ B} = 20 \cdot \log_{10} \frac{P_2}{P_1} \text{ dB}$$

Die wahrgenommene Lautstärke hingegen variiert von der Frequenz, der Gesundheit des Ohres sowie äußeren Faktoren.

Abbildung, Lektion 4, Folie 167ff

Die **Klangfarbe** ist das Resultat aus Grundton und Obertönen, welche einen verschiedene Quellen unterscheiden lässt.

**Psychoakustik** ist das Erfassen von Zusammenhängen von Schall und davon ausgelösten Sinnesempfindungen.

Zum Wahrnehmen von Schall dient unser **Ohr**. Dabei werden Änderungen des Luftdrucks wahrgenommen, in elektrische Signale transformiert und anschließend vom Hörnerv

Außenohr	Ohrmuschel bis Trommelfell
Mittelohr	Trommelfell bis Schnecke
Innenohr	Schnecke und Hörnerv
Trommelfell	dünne Hautschicht (0.1 mm), vibriert durch Schallwellen

ans Gehirn weitergeleitet.

### Zentrales Hören

- Transduktion (Umwandlung von Schallwellen in neuronale Impulse)
- Gruppierung der Klangbilder
- Szenenanalyse und Extraktion von auditiven Eigenschaft
- Interpretation der auditiven Umgebung

**Geräuschlokalisierung:** Durch unterschiedliche Wahrnehmung eines Schallsignales auf beiden Ohren, kann Anhand dieser Unterschiede ein Signal geortet werden, diese Fähigkeit ist allerdings sehr limitiert.

Als Ansätze dienen hierbei die Schalldämpfung sowie die wahrgenommene Lautstärkereduktion durch zunehmende Distanz, Bewegungsparallaxe (nahe Geräusche bewegen sich schneller an einem vorbei) und Reflektionen, außerdem auch die zeitlichen Unterschiede zwischen beiden Ohren und die Intensitätsdifferenz.

Wenn ein Ton einer gewissen Lautstärke wahrgenommen wird, kann währenddessen kein weiterer, leiserer Ton einer naheliegenden Tonhöhe wahrgenommen werden. Man nennt dies **Maskierung**.

Das menschliche Gehör hat mehrere Maskierungsbereiche, sogenannte kritische Bänder, welche unterschiedlich breite Frequenzbereiche abdecken. Einige Audioformate berücksichtigen genau dies.

**Vestibulärer Sinn:** Dieser dient zur Feststellung von Beschleunigungen (linear, rotierend) und der Wahrnehmung der Gravitation.

**Vestibulookulärer Reflex:** Dient zur Stabilisation des Bildes auf der Retina während Bewegungen des Kopfes.

## 3.5 Tastsinn

Der Tastsinn meint die **taktile** und **haptische** Wahrnehmung, also das passive Berührtwerden und das aktive Ertasten.

Die taktile Wahrnehmung passiert dabei durch Rezeptoren unter der Haut, welche unter anderem Informationen wie Druck (durch **Mechanorezeptoren**, Berührung und Vibration zwischen 3 – 500 Hz), Wärme (**Thermorezeptoren**) und Schmerz (**Nozizeptoren**) wahrnehmen können.

- **Dynamische Haptik:**
  - – Laterale Bewegungen (Texture)
  - Druck Wahrnehmung (Härte)
  - Konturwahrnehmung
- **Statische Haptik:**
  - – Statischer Kontakt (Temperaturwahrnehmung)
  - Halten von Objekten (Gewichtwahrnehmung)
  - Umschließung von Objekten (Volumenwahrnehmung)

Die haptische Wahrnehmung passiert durch **Kinästhetische Rezeptoren** in Muskeln, Sehnen und Gelenken. Dabei ist die **Propriozeption** die Wahrnehmung von eigener Bewegung und Lage im Raum durch Kinästhesie und Lagesinn.

## 3.6 Geruchs- und Geschmackssinn

In der MCI sind diese Sinne deutlich unterrepräsentiert, da diese dort keine große Anwendung finden durch mangelnde Relevanz und zu schwere Stimulation.

Die **gustatorische Wahrnehmung**, auch Schmeckempfinden genannt, passiert durch Reize in Organe wie den Geschmacksknospen.

Die **Olfaktorische Wahrnehmung** hingegen ist das Geruchsempfinden und passiert in der Nase. Er ist ebenfalls für das Schmecken, aber auch für die Identifikation und das Abspeichern von Orten, Situationen, Emotionen usw. zuständig.

## 3.7 Psychophysik und Wahrnehmung

Nach dem **Weberschem Gesetz** bleibt das Verhältnis einer wahrnehmbaren Veränderung einer Reizintensität  $\Delta R$  zum vorherigen Reiz  $R$  konstant. Diese sogenannte differentielle Wahrnehmbarkeitsschwelle  $k$  ist gegeben durch den **Weber-Bruch**

$$k = \frac{\Delta R}{R}$$

Das **Weber-Fechner-Gesetz** besagt, dass sich der Logarithmus der objektiven Intensität von physikalischen Reizen proportional zur empfundenen Stärke von Sinneseindrücken verhält.

$$E = c \cdot \log\left(\frac{R}{R_0}\right)$$

Nimmt man bspw. zwei schwache Reize wahr, die objektiv gemessen eine Differenz  $d$  in der Reizintensivität aufweisen, so kann man diese relativ gut unterscheiden. Nimmt man zwei starke Reize mit der selben Differenz in der Reizintensität wahr, so lassen sich diese nicht, bzw. nicht so gut unterscheiden.

“[Die] **Adaption** bezeichnet [die] Anpassungen von Rezeptoren an konstante Reizintensität und -dauer[.] **Sensorische Adaption** ist [der] Prozess hin zu einer verminderten Sensibilität eines Sinnesorgans als Folge konstanter Stimulation[.]”

---

Frank Steinicke

Die **Habituation** bezeichnet die Gewöhnung bzw. Adaption an einen Reiz. Diese findet auf einer höheren kognitiven Ebene statt. So ist eine Gewöhnung an einen langfristigen (evtl. nicht durchgehenden) Reiz möglich.

**(multi-)sensorische Integration:**

$$L = \sum_i w_i \cdot L_i \quad \sum_i w_i = 1$$

Dabei gibt  $w_i$  an wie viel Gewicht dem Sinn  $L_i$  gegeben wird. Ist es zumbeispiel sehr Dunkel, so bekommt der Sehsinn eine deutlich geringere Gewichtung, als wäre es hell.

Beispiel - Bayes'sche Regel, Lektion 5, Folie 253f

# 4 Kognition

## 4.1 Gedächtnis, Erinnern & Wiedererkennen

Multi-Speicher-Modell, Lektion 5, Folie 253f

Das **sensorische Register/Ultrakurzzeitgedächtnis** fungiert als Zwischenspeicher für Reize und besteht aus **ikonischen**, **echoischen** und **haptischen** Registern. Die visuellen Informationen aus dem ikonischen Register bleiben nur etwa 0.5 bis 1 Sekunde gespeichert, während die auditiven Informationen aus dem echoischen Register für 4 bis 5 Sekunden gespeichert werden.

Nach dem First-in-first-out Prinzip (FIFO-Prinzip) werden ca. 4 bis 10 Elemente extrahiert und anschließend gelöscht.

Das **Arbeitsgedächtnis** wird verwendet um bewusste Prozesse parallel auszuführen bspw. Berechnungen durchzuführen oder Texte zu verstehen. Für das Zwischenspeichern von Informationen wird ein längerer Zeitraum benötigt. In dem Kurzzeitgedächtnis gespeicherte Informationen können innerhalb von weniger als 70 *textms* abgerufen werden. Gespeichert werden diese für ca. 15 bis 30 Sekunden gespeichert.

**Chunking** (deutsch Superzeichenbildung) bezeichnet Sinneinheiten von Informationen, also Informationsgruppen, um eine höhere Speicherkapazität zu erreichen. Dabei können Menschen  $4 \pm 2$  bzw.  $7 \pm 2$  Chunks im Arbeitsgedächtnis speichern.

Der (1) **Primär-** und der (2) **Rezenzeffekt** beagen, dass man sich am besten an die (1) früher eingehenden und an die (2) später eingehenden Informationen am besten erinnern kann, allerdings nicht so gut an die Informationen dazwischen.

Die Informationen im Arbeitsspeicher werden nach dem Abschluss der Aufgabe für die die Informationen gespeichert wurden gelöscht.

Das **Langzeitgedächtnis** wird verwendet zur langfristigen Speicherung von Informationen über wenige Minuten oder mehrere Jahre. Das Abrufen von Informationen dauert dabei mit 0.1 s relativ lang im Vergleich zum Ultrakurzzeit- und Arbeitsgedächtnis. Dabei hat das Langzeitgedächtnis den Vorteil, dass es eine relativ große Kapazität hat, wobei nur wenige Informationen verloren werden.

Das **deklarative/explicite Gedächtnis** besteht aus dem **episodischen Gedächtnis**, welches für das Speichern von Erlebnissen zuständig ist und dem **semantischen**

**Gedächtnis**, welches Fakten speichert. Das deklarative Gedächtnis ist wichtig für bspw. das überprüfen von Hypothesen, das Schlussfolgern, die Anwendung von Regeln, etc. Das **semantische Netz** ist eine Art Map mit vielen Wechselbeziehungen (Relationen) zwischen Begriffen und Informationen zu einem großen Netz, sodass **Assoziationen** es ermöglichen, Verbindungen zwischen Begriffen herzustellen. Das **Nicht-deklarative bzw. implizite Gedächtnis** dient der Speicherung von prozeduralem Wissen (motorische/kognitive Fertigkeiten).

Priming (vorangegangene Reize)	→	Assoziieren	→	Erkennen
Prozedural (motorische Fähigkeiten)	→	Üben	→	Können
		Semantisch (Fakten)	→	Lernen
			→	Wissen
Episodisch (persönliche Ereignisse)	→	Erfahren	→	Erinnern

Der Unterschied zwischen “Erinnern” und “Erkennen” ist, dass man beim Erinnern keine Anhaltspunkte hat um Informationen schnell abrufen zu können und somit entweder frei erinnern muss oder seriell, während man beim Erkennen eine Auswahl an Ansätzen hat, von denen man im Endeffekt nur noch das auswählen muss, was dem Gedächtnis entspricht.

Der **Recognize-Act-Zyklus** wird beim Erkennen ausgeführt und sorgt dafür, dass Informationen aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen bzw. aktiviert werden können und dadurch Informationen wieder im STM verfügbar sind oder verändert werden.

Die **Spurenverfallstheorie** beschreibt die über Zeit abnehmende Fähigkeit des Erinnerns und Erkennens. Sie sagt aus, dass neben aktivem Nutzen von Informationen auch häufiges Aktivieren von Informationen die Fähigkeit aufrecht erhält. Es ist effizienter, Informationen über Zeit verteilt und wiederholt zu lernen, als lange Zeit am Stück.

Die **Interferenztheorie** ist unterteilbar in zwei Arten:

- **Proaktive Interferenz/Hemmung** beschreibt das Beeinträchtigen neuen Wissens durch altes
- **Retroaktive Interferenz/Hemmung** beschreibt das Beeinträchtigen alten Wissens durch neues

Die **Erfahrungspyramide**, illustriert, wie viel Prozent man bei verschiedenen Aktivitäten behält. Dabei wird zwischen **passivem Lernen** (Lesen, hören, sehen, hören und hören) und dem **aktivem Lernen** (Reden und schreiben, tun). So behält man nach der Erfahrungspyramide etwa 10% dem gelesenen Inhalt und 90% von dem was man tut.

## 4.2 Lernen und Fertigkeitserwerb

Mit "Lernen" ist der Erwerb von kognitiven sowie motorischen Fähigkeiten und Fertigkeiten gemeint; sowohl beabsichtigt, als auch beiläufig. Es beschreibt den Prozess der Veränderung des eigenen Verhaltens, Denkens oder Fühlens.

Bei der **Loci-Methode**, wird sich das episodische Gedächtnis zu nutze gemacht in dem Lerninhalte in eine fiktive Struktur gegliedert werden. So kann bspw. eine Zahlenfolge als Geschichte gespeichert werden. Dabei hat der Anwender vorher jeder Ziffer ein Wort zugeordnet und dies auswendig gelernt,

Bei der **Gedächtnispalast-Methode** gibt es ein gedankliches Gebäude, welches als Speicherort dient und eine umfassende Informationsverankerung ermöglicht.

### Fertigkeitserwerb

- **Kognitive Phase** - Das Einprägen und Abrufen von Fakten
- **Assoziative Phase** - Erhöhung der Schnelligkeit und Genauigkeit durch üben
- **Autonome Phase** - Automatisierte Anwendung der Fertigkeit ohne abruf der Informationen/Fakten

Es gibt verschiedene **Lernformen**, welche unterschiedliche Erfolgsraten haben. Anders gesagt lassen sich Dinge auf verschiedene Arten und Weisen erlernen und dies mit unterschiedlicher Effizienz.

Die **Lernbewertung** erfolgt indem man zum gleichen Zeitpunkt mehrere Gruppen mit einer jeweils anderen Lernmethode lernen lässt und anschließend die benötigten Zeiten vergleicht.

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Zeit}_{\text{Kontrollgruppe}} - \text{Zeit}_{\text{Transfergruppe}}}{\text{Zeit}_{\text{Kontrollgruppe}}} \cdot 100$$
$$\text{Effektivität} = \frac{\text{Zeit}_{\text{Kontrollgruppe}} - \text{Zeit}_{\text{Transfergruppe}}}{\text{Zeit}_{\text{neue Lerntechnik}}}$$

Die **Kontrollgruppe** lernt die Fertigkeit direkt bei der Anwendung dieser, die Transfergruppe hingegen indem sie eine neue Lerntechnik anwendet (bspw. Dekomposition).

Das **Potenzgesetz der Übung** beschreibt die Reduzierung benötigter Ausführungszeit einer motorischen Aufgabe durch Wiederholung.

$$T_n = T_1 \cdot n^{-a} + b$$

Dabei ist  $T_1$  die Schwierigkeit der Aufgabe,  $a$  der Lernparameter und  $b$  die notwendige, minimale Ausführungszeit.  $T_n$  gibt dann die benötigte Zeit für die Aufgabe nach  $n$  Wiederholungen an.



## 4.3 Logisches Denken

Die Logik, also die Lehre des vernünftigen Schlussfolgerns untersucht den Aufbau von Argumenten auf ihre Gültigkeit, wobei die Gültigkeit unabhängig vom Inhalt der Aussage ist.

Der Mensch besitzt die kognitive Fähigkeit, logisch zu denken und Erkenntnisse aus Vorstellungen, Erinnerungen und Begriffen zu formen.

Logisches Schlussfolgern wird in mehrere Arten unterteilt:

- **Deduktion** ist die Methode zum Beweisen, dass etwas stimmt, indem vom Allgemeinen zum Besonderen gefolgert wird.
- **Induktion** ist die Methode zum Zeigen, dass etwas prinzipiell, operativ ist, indem vom Einzelnen zum Allgemeinen gefolgert wird.
- **Abduktion** ist die Methode zum Erwägen, dass etwas sein kann, indem von Resultat und Regel zum Fall gefolgert wird.

### Beispiel Deduktion:

Prämisse: Aus  $A$  folgt  $B$ .  $A$  gilt.

Konklusion:  $B$  gilt ebenfalls

### Beispiel Induktion:

Prämisse: Für  $a \in M$  gilt  $B$ .

Konklusion: Für alle  $x \in M$  gilt  $B$ .

### Beispiel Deduktion:

Prämisse: Aus  $A$  folgt  $B$ .  $B$  gilt.

Konklusion:  $A$  gilt ebenfalls

Deduktion ist als einziges genanntes Verfahren in sich schlüssig

## 4.4 Entscheidungen treffen

Das **Gesetz von Hick/Hick-Hyman** beschreibt die benötigte Zeit  $T$ , die eine Person benötigt um eine Entscheidung zu treffen bei einer Anzahl  $n$  an Optionen:

$$T = b \cdot \log_2(n + 1), \quad b : \text{empirisch}$$

Eine Auswahl an komplexen Alternativen (bspw. Verschachtelung) kostet mehr Zeit als einfache Alternativen, allerdings ist dies nicht immer möglich zu beachten, dass bspw. Bildschirmgrößen die Möglichkeiten einschränken.

Es gibt eine Korrelation zwischen IQ und der Geschwindigkeit der Verarbeitung (engl. Processing Speed). Die Zeit um Entscheidung zu treffen berechnet man wie folgt:

$$\frac{\log_2 n + 1}{\text{Processing Speed}}$$

$$\text{Reaction Time} = \text{Movement Time} \frac{\log_2 n + 1}{\text{Processing Speed}}$$

Hierbei hat Übung einen Einfluss auf die Reaktionszeit

## 4.5 Aufmerksamkeit und Belastung

Über die **Aufmerksamkeit** teilen wir Bewusstseinsressourcen Inhalte oder Aufgaben zu. Dabei ist die Konzentration das Maß für die Intensität und Dauer der Aufmerksamkeit.

Der **Cocktail-Party-Effekt** beschreibt die Fähigkeit von Menschen, trotz starkem Stimmengewirr eine Unterhalten führen zu können bzw. sich auf eine Unterhaltung fokussieren zu können. Dabei werden andere Stimmen in der Wahrnehmung um bis zu 15 dB gedämpft.

**Fokussierung:** Ein Interface kann so gestaltet werden, dass durch besondere Farbigkeit, Größe usw. die Aufmerksamkeit auf einzelne Objekte fokussiert werden kann.

Die **kognitive Ressourcen** eines Menschen sind beschränkt, sodass eine **kognitive Belastung** unter verschiedenen Umständen spürbar wird; bspw. Zeitdruck, Multitasking, emotionale Last, etc.

Die Belastungen lassen sich daher in verschiedene Arten aufteilen:

- **Lernbezogene Belastung:** Lernen der Fertigkeit
- **intrinsische Belastung:** Das Bearbeiten einer Aufgabe
- **extrinsische Belastung:** Äußere Einflüsse die das Bearbeiten der Aufgabe erschweren

Abbildungen & Beispiele, Lektion 6, Folie 109ff

# 5 Kommunikation & Handlung

## 5.1 Kommunikation

Multicodalität	Unterschiedliche Kodierungen zur Repräsentation von Informationen (Text, Sprache, etc.)
Multimedialität	Unterschiedliche Medien zur Kommunikation (bspw. Monitor, Kopfhörer, etc.)
Multimodalität	Unterschiedliche Modalitäten zur Wahrnehmung (bspw. visueller, auditiver oder haptischer Sinn)
Interaktivität	Austausch zwischen Mensch und Computer

In der **Mensch-Computer-Kommunikation** dient der Computer als **Kommunikationspartner**, (bspw. Sprachassistent oder Chatbot) während er in der **Mensch-Computer-Interaktion** als **Handlungsraum** dient.

Außerdem kann der Computer als **Ressource** (Arbeitsmittel), **Automat** (Werkzeug), **Medium** oder **künstliche Realität** gesehen werden.

Uncanny Valley & Abbildungen, Lektion 7, Folie 14ff

Intentionale Ebene	“Was soll erreicht werden?”
Pragmatische Ebene	“Welche Ziele und Unterziele müssen dazu erreicht werden?”
Semantische Ebene	“Welche Gegenstände und Objekte sind nötig?”
Syntaktische Ebene	“Wie müssen Äußerungen und Handlungen formuliert werden? Welche Regeln sind einzuhalten?”
Lexikalische Ebene	“Welche Zeichen/Operationen stehen zur Verfügung?”
Sensomotorische Ebene	“Welche motorischen Aktionen müssen durchgeführt werden?”

Abbildung dazu, Lektion 7, Folie 21

### 5.1.1 Interaktionsformen

Die **Deskriptive Interaktionsform** benötigt in der Regel erinnern (Recall) und basiert auf der sprachlichen Beschreibung.

Die **Deiktische Interaktionsformen** benötigen in der Regel eine Wiedererkennung (Recognition) und basiert auf der Selektion mittels Zeigehandlungen.

## 5.2 Handeln

Die **Handlung** ist der kleinste Teil des Verhaltens für ein bewusstes Ziel. Dabei werden häufig **Werkzeuge** verwendet, welche durch Routine mit der Zeit aus dem Bewusstsein verschwinden können.

Intellektuelle Ebene	bewusste Regulation
Sensomotorische Ebene	automatisierte Steuerung
Fähigkeitsbasierte Ebene	automatisches Handeln, basierend auf stereotypischen Handlungsmustern
Regelbasierte Ebene	regelbasiertes Handeln, basierend auf Gedächtnisinhalten zu Reizen
Wissensbasierte Ebene	Handeln im Unbekannten, manuelles Problemlösen und Analysieren
Perzeptueller Fehler	Wahrnehmungsfehler
Kognitiver Fehler	Überbeanspruchung kognitiver Ressourcen
Motorischer Fehler	Abstimmungsfehler zwischen Sensorik und Motorik
Arbeitsfehler	Denk-, Gedächtnis- oder Interpretationsfehler
Ausrutscher	Unterlassungs- oder Flüchtigkeitsfehler
Erkennungsfehler	Beurteilungsfehler
Misslingen	Scheitern trotz bekannter Lösung
Capture Error	Vertraute Aktion beeinflusst Intention
Description Error	Aktion am falschen Objekt
Mode Error	Korrekte Aktion im falschen Modus

Abbildungen, Lektion 7, Folie 41ff

Fehler-Beispiele, Lektion 7, Folie 60ff

## 5.3 Fehler

**Transformationsdistanz** (Kluft, engl. Gulf) meint die Schwierigkeit beim Übergang von einer Handlungsebene zur nächsten. Dabei unterscheidet man zwischen dem **Gulf of Execution** und dem **Gulf of Evaluation**.

Zum **Gulf of Execution** tragen vor allem mangelnde Kenntnisse des Nutzers über das Konzept, zuwenige Kenntnisse über die Bedienung oder eine unklare bzw. umständliche Bedienung des Systems bei.

Kann die Zielerreichung nicht erkannt werden, ist die Darstellung nicht klar interpretierbar oder ist der Zustand nicht oder nur schwer erkennbar führt dies zu einer zunehmend größeren **Gulf of Evaluation**.

Mit einem guten Interaktionsdesign, können Brücken gebaut werden um die “Kluften” zwischen dem physischem System und den Zielen zu schließen.

Abbildungen dazu, Lektion 7, Folie 53f

## 5.4 Aktion und Motorik

Das **motorische System** ist, als Teil des zentralen Nervensystems, zuständig für die Bewegung. Dabei wird unterschieden zwischen der **Zielmotorik**, also den bewussten motorischen Äußerungen und der **Stützmotorik**, also die Körperhaltung und -stellung sowie Bewegungsautomatismen.

Pyramidenbahnsystem & Abbildungen, Lektion 7, Folie 75f

Das **Reafferenzprinzip** Reafferenzprinzip, Lektion 7, Folie 78f

## 5.5 Modelle

**GOMS** (Goals, Operators, Methods, Selection Rules) ist ein Modell für die menschliche Informationsverarbeitung, wobei die Interaktion des Benutzers in elementare Aufgaben (perzeptuell, kognitiv, motorisch) aufteilt. Bei der Aufteilung spricht man von einer Menge an Methoden, welche wiederum aus Operationen bestehen.

Bei GOMS werden im Allgemeinen allerdings Unberechenbarkeiten, Müdigkeitsverhalten u.Ä. nicht beachtet, weshalb diese nicht immer akkurat sein können.

Beim CMN-GOMS (Card, Moran & Newell) sind die Ziele des Benutzers das Goal, die Aktionen, die der Benutzer tätigt die Operators, die Sequenzen von Operationen die Methods und die Regeln nach denen die Operatoren oder Methoden ausgewählt werden die Selection Rules.

Beim KLM-GOMS (Keystroke-Level Model) erfolgt eine Zeitabschätzung der Operationen, sodass die Zerlegung der Aufgaben zu **atomaren Aktionen** zeitlich abgeschätzt werden kann. Genauerer, Lektion 7, Folie 84 – 102

**Fitts' Gesetz:** Die Zeit die benötigt wird, um ein Ziel zu treffen und ist dabei abhängig von der Größe  $S$  des Ziels sowie der Distanz  $D$  zum Selbigen.

$$T = a + b \cdot \log_2\left(\frac{D}{S} + 1\right)$$
$$I_D = \log_2\left(\frac{D}{S} + 1\right)$$

Hierbei ist  $I_D$  (in der Vorlesung  $ID$ ) der **Schwierigkeitsindex** (Index of Difficulty) und  $a$  sowie  $b$  empirisch bestimmt, wobei  $a$  die Verzögerung bis zum Bewegungsbeginn (intercept) und  $b$  die Beschleunigung und gerätespezifische Änderung der Bewegung (slope) ist.

Der **Durchsatz** (Throughput, Index of Performance)  $I_P$  (in der Vorlesung  $IP$ ) ergibt sich wie folgt:

$$I_P = \frac{I_D}{T}$$

Der **effektive Schwierigkeitsindex**  $I_{D,e}$  (in der Vorlesung  $ID_e$ ) ergibt sich aus der effektiven Größe  $S_e$  und der effektiven Distanz  $D_e$ ; der **effektive Durchsatz**  $I_{P,e}$  (in der Vorlesung  $IP_e$ ) aus dem effektiven Schwierigkeitsindex und der Zeit:

$$I_{D,e} = \log_2\left(\frac{D_e}{S_e} + 1\right)$$
$$I_{P,e} = \frac{I_{D,e}}{T}$$

Mit dem **Steering Law** lässt sich die Zeit berechnen, um die Maus durch einen zweidi-



mensionalen Pfad zu navigieren (bspw. ein Dropdown Menu)

$$T = a + b \cdot \int_S \frac{1}{W(S)} ds$$

Bei einem geraden Weg mit einer Breite  $B$  und einer Höhe  $H$ , lässt sich die Formel wie folgt vereinfachen:

$$T = a + b \cdot \frac{W}{H}$$

## 5.6 Kontrolle-Display Relation

Bei der **räumlichen Relation** unterscheidet man zwischen horizontaler und vertikaler Bewegung. Dabei ist die **C/D Sensitivität** die über die **C/D Gains** definierte Empfindlichkeit, Geschwindigkeit und Genauigkeit einer Kontroll-Bewegung.

Das **Three-State Model** beschreibt mögliche Zustände von Eingabegeräten und den Übergängen. Dadurch kann bspw. die **Positionierung** einer Maus oder eines Pointers absolut oder relativ bestimmt werden.

# 6 Interaktionsparadigmen

## 6.1 Klassische Interaktionsgestaltung

Zu den Interaktionsparadigmen zählen

- Commandline Interfaces (CLI)
- Form-Fill Interfaces
- Point & Click Interfaces
- Direkte Manipulation
- Menu Interfaces
- Windows-Icons-Menus-Pointer GUI (WIMP-GUI)

### 6.1.1 Commandline Interfaces

CLIs werden gesteuert durch vordefinierte Kommandos, welche häufig noch zusätzliche (teils optionale) Parameters besitzen. Derartige System basieren auf deskriptiven Interaktionsformen (sprachlichen Beschreibungen), sie benötigen daher das aktive Erinnern von Befehlsnamen, -parametern, Syntax usw.

Vorteil solcher Systeme ist, dass sie ziemlich effizient sind und dabei optimal zielführend. Außerdem lassen sich diese vergleichsweise einfach anpassen und erweitern und können mit häufig geringsten Systemanforderungen praktisch unbegrenzte Funktionen erfüllen.

CLIs bieten sich an den Stellen an, an denen komplexe Funktionen, benötigt werden, von Admins definierte Mengen an Funktionen schnell ausführbar sein müssen oder große Datenmengen verarbeitet, gespeichert oder übertragen werden müssen.

### 6.1.2 Form-Fill Interfaces

Dies sind Formulare mit aus Feldern in welche Daten eingegeben werden können. Sie besitzen außerdem Navigationsmöglichkeiten sowie weitere Eingabemöglichkeiten.

Sie sollen die Dateneingabe vereinfachen und auch für Nicht-Experten verständlich machen. Allerdings sind diese nur für bestimmte Informationsstrukturen sinnvoll und brauchen viel Bildschirmplatz.

Form-Fill Interfaces basieren ebenfalls eher auf deskriptiven Interaktionsformen, aber haben die Möglichkeit, bspw. durch Verwendung vordefinierter Felder, auch durch Wiedererkennung zu funktionieren.

### **6.1.3 Point & Click Interfaces**

Hier werden die Interfaces durch Zeigergeräte wie eine Maus oder die Hand bedient, wobei alle Menüs, Kommandos und Optionen durch diese Zeigergeräte ausgewählt und angeklickt werden können und dadurch bspw. kombiniert werden können. Daher ist dies eher auf deiktischen Interaktionsformen basierend und erlaubt Wiedererkennen statt Erinnern.

Diese Art von Interface wird bspw. für Webseiten und manche Videospiele genutzt, aber auch für Fahrkarten- sowie Kaffeautomaten.

Vorteilhaft ist, dass diese Art der Interaktion sehr der natürlichen ähnelt und nur eine geringe und somit Fehler reduzierende Menge an Variabilität in der Nutzung hat. Allerdings ist dies relativ ineffizient, da die notwendigen sensomotorischen Interaktionen gegebenenfalls aufwendig oder bspw. mit der Maus zu bewältigende Strecken lang sind.

### **6.1.4 Menu Interfaces**

Derartige Interfaces kombinieren Eigenschaften und Bedienweisen von Point & Click Interfaces mit Tastatursteuerung, Texteingabe und mehr. Hierbei werden eher deiktische Interaktionsformen verwendet, wodurch auch hier Wiedererkennen möglich ist. Allerdings erhöhen Verschachtelungen von Menüs den kognitiven Aufwand, während eine konsistente Positionierung diesen eher verringert.

### **6.1.5 Direkte Manipulation**

Diese Interfaces sind eine spezielle Form von Point & Click Interfaces, bei denen nur geringe Vorkenntnisse notwendig sind und diese sich durch Benutzung verbessern. Hierbei wird das zu manipulierende Objekt permanent grafisch angezeigt und dieses durch Aktionen instantant transformiert.

Hier wird sich oft an Alltäglichem orientiert, von der Benennung hin zum Layout spiegeln sich Inhalte aus der echten Welt wieder und machen die Benutzung damit intuitiver.

Die Benutzung erfolgt dabei häufig über deiktische Interaktionsformen durch wenige

Begriffe und Bedienoperationen und erlauben somit das Wiedererkennen. Die Bedienung ist dabei schnell erlernbar und verständlich, manchmal auch generisch.

Nachteil hierbei ist allerdings, dass komplexe Funktionen häufig ineffizient sind durch deren Komposition. Außerdem benötigen derartige Interfaces häufig mehr Planung und haben einen hohen Entwicklungsaufwand.

### **6.1.6 WIMP-GUI**

GUI steht für Graphical User Interface. WIMP-GUIs ermöglichen eine Bedienung mit Hilfe von Fenstern, Darstellungen und Symbolen (auch Window-Gadgets bzw. Widgets) sowie Menüs und Zeigern. Fenster ermöglichen es bspw. durch Scrollbars die Begrenzungen eines Monitors zu umgehen und mittels Menüs die Struktur intuitiver zu gestalten und die Navigation zu erleichtern.

Durch Icons (ikonische Abbildungen) kann die Navigation und das Verständnis der Umgebung vereinfacht und eine eher auf Wiedererkennung basierende Navigation ermöglicht werden. Auch der Pointer (Mauscursor) wird dabei durch ein sich mit der Maus bewegendes Icon repräsentiert.

Widgets sind genauer Fensterbereiche welche Maus- oder Tastatureingaben erfassen und anhand dieser Zustände ändern oder speichern können. Hierzu zählen bspw. Knöpfe, Slider, Textfelder, etc.

# 7 Interaktionsdesign & Usability

## 7.1 Usability, User Experience, Accessibility

**Usability** bezieht sich auf die Effektivität bzw. Effizienz mit der ein Ziel in einer spezifischen Umgebung von einer Benutzerin oder einem Benutzer erreicht werden kann, verbunden mit einer Zufriedenheit.

Standards wie die ISO 9241-11 formulieren diese mit einer Reihenfolge, sodass die **Effektivität** zunächst dafür sorgen soll, dass eine Person in der Lage ist, ihr Ziel zu erreichen, gefolgt von der **Effizienz**, dies auch mit minimalem Aufwand zu tun, sodass die Person am Ende eine **Zufriedenstellung** erfährt.

**Accessibility**, auf deutsch Barrierefreiheit, meint die Gestaltung einer Schnittstelle auf eine Art, sodass diese auch von Personen mit Beeinträchtigungen genutzt werden können. Dies kann bspw. die Unterstützung von spezieller Technologie (assistive Technologie) bedeuten.

**User Experience** ist dabei der übergeordnete Begriff, welcher die Usability und Accessibility als das “Während” der Nutzung sowie das “Vor” und das “Nach” der Nutzung zusammenfasst.

Auch für dies gibt es einen ISO-Standard, die ISO 9241-210, welche das “Vor” als die Vorstellung des Nutzens des Produktes meint, ohne dieses bereits genutzt zu haben; das “Während” wie die obige ISO 9241-11; und das “Nach” als Verarbeitung der Nutzung sowie eine emotionale Bindung zum bzw. Distanzierung vom Produkt.

## 7.2 Affordances

Nach Gibson sind **Affordanzen** alle zur Verfügung gestellten Gebrauchseigenschaften eines Objektes, welche objektiv messbar und abhängig von den individuellen Fähigkeiten der Benutzer sind, die **Actual Actions Possibilities**. Nach Norman hingegen sind Affordanzen aber nur die Eigenschaften, die auch von dem Benutzer wahrgenommen werden, die **Perceived Actions Possibilities**. Den Schnitt beider nennt man **perceptible affordances**.

Eigenschaften, welche wahrgenommen werden, aber keine tatsächliche Eigenschaften sind nennt man **false affordances**, nicht wahrgenommene, tatsächliche Eigenschaften nennt

man **hidden affordances**.

Affordanzen werden oftmals automatisch und unbewusst wahrgenommen und deuten auf eine gute Nutzbarkeit hin. Sie sollten grundsätzlich erkennbar gestaltet werden.

Mit **virtueller Affordanz** wird sich auf virtuelle Objekte bezogen, da diese kaum physikalische Eigenschaften besitzen und alle Eigenschaften über visuelle (auf dem Bildschirm) oder auditive (via Lautsprecher, Kopfhörer, etc.) Aspekte suggeriert werden müssen.

## 7.3 Mentale & konzeptionelle Modelle

Ein **mentales Modell** ist eine Repräsentation eines Objektes oder Prozesses im Bewusstsein, weshalb es lediglich ein Ausschnitt der Wirklichkeit ist. Ein derartiges Modell hilft einem Benutzer dabei, sich Vorstellungen von eben diesen zu manifestieren.

Ein **konzeptionelles Modell** sind Konzepte aus der Sichtweise des Anwendungsbereichs bzw. Interaktionsdesigners beschrieben, welche zur Beschreibung und Erklärung von Terminologie und Anforderung dienen.

Beide Modellarten müssen miteinander funktionieren, so muss ein Designer das mentale Modell mit in die Gestaltung einfließen lassen.

**Interface Metaphern** dienen dazu, das mentale Modell eines Benutzers an das konzeptionelle Modell anzupassen indem meist aus der Realität bekannte Verbildlichungen genutzt werden um intuitive Benutzung zu suggerieren.

## 7.4 Mappings

Eine gebrauchstaugliche Gestaltung soll die Intentionen eines Benutzers auf die Gestaltungselemente abbilden, gelingt dies, ist auch das Design gelungen.

Damit dies gelingt wird häufig auf die Wiederverwendung von mentalen Modellen gebaut, sodass gleiche Funktionen immer die gleichen Aktionen auslösen.

Solche Mappings bauen daher oft auf **Image Schemata** auf, welche auf basalen Erfahrungen aufbauen, sodass diese durch Interaktion mit der Umwelt als “wiederkehrende, dynamische Wahrnehmungs- und Verhaltensmuster abstrahiert und multimodal repräsentiert” werden.

## 7.5 Design-Regelwerke

Affordanzen und mentale Modelle nehmen häufig gemeinsamen Einfluss auf die Verständlichkeit von Objekten und Umgebungen, ohne dabei expliziten Vorgaben zu folgen. Al-

lerdings können **Design-Regelwerke** teilweise auf verschiedenen Ebenen helfen, wobei diese in folgende Ebenen unterteilt werden:

### 7.5.1 Prinzipien

**Prinzipien** sind als unterste, am wenigsten konkretisierte Ebene abstrakte Regeln zur Gestaltung, welche meistens unabhängig von der Technologie und dem Kontext sind. Sie werden abgeleitet aus Erkenntnissen der Grundlagenwissenschaften und sind für Interaktionsdesigner essenziell.

Ein Unterpunkt der Prinzipien ist der **Goldene Schnitt**, welcher das Verhältnis zwischen Zerteilungen  $a + b$  einer Strecke  $c$  beschreibt als  $1 : 1.61803\dots$  bzw.  $1 : \phi$ . Dieses Verhältnis wird schon seit der Antike in vielen Bereichen der Kunst und des Handwerks verwendet.

Zu den Prinzipien gehören auch die folgenden **Gestaltgesetze**:

- **Multistabilität** als Tendenz zur mehrdeutigen Wahrnehmung
- **Invarianz** zum Erkennen einfacher Objekte unabhängig von derer Transformation
- **Emergenz** zum Erkennen von komplexen Objekten aus einfachen Mustern
- **Vergegenständlichung** zum Erkennen von räumlichen Strukturen ohne eigentliche Repräsentation

### 7.5.2 Heuristiken

**Heuristiken**, auch **goldene Regeln** genannt, sind Gestaltungsregeln, welche simpel aber spezifisch und konkret formuliert sowie empfehlenswert sind. Dazu zählen bspw. Shneidermans 8 Goldene Regeln, 6 Regeln nach Dix, Nielsens 10 Heuristiken, usw.

Nielsens 10 Heuristiken lauten dabei wie folgt:

- Einfache und natürliche Dialoge
- Ausdrucksweisen der Benutzenden
- Minimale mentale Belastung
- Konsistenz
- Rückmeldungen
- Klare Auswege
- Abkürzungen



- Gute Fehlermeldungen
- Fehlervermeidung
- Hilfe und Dokumentation

### 7.5.3 Patterns

**Patterns** sind Möglichkeiten zum Lösen von bestimmten, meist grundlegenden Gestaltungsproblemen mittels **Mustern / Templates**.

Ein Beispiel dafür ist das **Feature/Search/Browse- Pattern**, welches aus Artikeln, einer Suchfunktion und einer Liste an durchstöberbaren Items besteht.

### 7.5.4 Standards

Mit **Standards** sind ziemlich spezifische Regeln zur Gestaltung gemeint, welche einen verbindlichen Charakter haben. Diese sind nicht allgemeingültig und finden daher nicht überall Anwendung. Dazu zählen bspw. auch die weiter oben erwähnten ISO Normen.

### 7.5.5 Guidelines

**Guidelines** hingegen sind Regeln mit einem a priori verbindlichem Charakter von Standards und sollen die interne und externe Konsistenz sicherstellen. Sowa sind bspw. Guidelines von Firmen hinter Betriebssystemen, welche ein einheitliches Design über alle Programme der Plattform möchten.

## 8 Glossar

<b>Bezeichnung</b>	<b>Beschreibung</b>
Auditory Icon	Ein akustisches Symbol, welches ein Objekt oder einen Vorgang im UI (intuitiv) darstellt
Dominanz	Einzelne Sinne sind dominanter, weshalb deren Informationen bevorzugt werden.
Dynamische Haptik	Haptische Wahrnehmung durch Bewegung
Earcon	Ein synthetisches Geräusch zur abstrakten Codierung von Informationen im UI
Extrapolation	Konstruieren bzw. extrapolieren einer Ansicht außerhalb bekannter Ansichten
Forced Feedback	Körperinnere Informationen, über Stellung und Position von Gliedmaßen.)
Interpolation	Konstruieren bzw. interpolieren einer Ansicht zwischen bekannten Ansichten
Kinästhetische Rezeptoren	Rezeptoren zur haptischen Wahrnehmung von Eigenbewegung
Kognition	Informationsverarbeitung, Informationstranformation, Informationsspeicherung
Konzeptionell	Das mentale Verständnis vom System, der Planung und den Arbeitsschritten
Mechanorezeptoren	Rezeptoren zur taktilen Wahrnehmung von Berührung und Vibration
Nozizeptoren	Rezeptoren zur taktilen Wahrnehmung von Schmerz
Perzeption	Wahrnehmung, Informationsaufnahme
Perzeptuell	Wahrnehmung von Informationen (sehen, hören, berühren, etc.)

<b>Bezeichnung</b>	<b>Beschreibung</b>
Physisch	Durchführung von Aktionen (Mausbewegungen, Augenbewegung, etc.)
Propriozeption	Wahrnehmung eigener Bewegung und Lage im Raum durch Kinästhesie und Lagesinn
Psychophysik	z.B. die Wahrnehmungsschwelle, Reizunterscheidung, Reizerkennung oder Skalierung
Statische Haptik	Haptische Wahrnehmung durch Halten
Thermorezeptoren	Rezeptoren zur taktilen Wahrnehmung von Wärme