



BACHELORARBEIT

Daniel Goldhahn

**Erstellung eines Konzeptes zur Nutzerinteraktion in
einem VR-,smart Environment‘ Szenario unter Nutzung
eines Tablet-PC**

**Development of a concept for user interaction in a
VR ,smart environment‘ scenario while using a
tablet PC.**

Fakultät für Informationstechnik & Elektrotechnik

BACHELORARBEIT

**Erstellung eines Konzeptes zur Nutzerinteraktion in einem
VR-,smart Environment‘ Szenario unter Nutzung eines Tablet-PC**

Autor:

Daniel Goldhahn

Studiengang:

Multimediatechnik, B.Eng.

Seminargruppe:

MK07w1-B

Erstprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Klaus Müller

Zweitprüfer:

Dipl.-Ing. (FH) Philipp Klimant

Mittweida, November 2010

Urheber- und Kennzeichenrecht:

Der Autor ist bestrebt, in allen Publikationen die Urheberrechte der verwendeten Bilder, Grafiken und Texte zu beachten, von ihm selbst erstellte Bilder, Grafiken und Texte zu nutzen oder auf lizenzfreie Grafiken und Texte zurückzugreifen.

Alle innerhalb der Publikation genannten und ggf. durch Dritte geschützten Marken- und Warenzeichen unterliegen uneingeschränkt den Bestimmungen des jeweils gültigen Kennzeichenrechts und den Besitzrechten der jeweiligen eingetragenen Eigentümer. Allein aufgrund der bloßen Nennung ist nicht der Schluss zu ziehen, dass Markenzeichen nicht durch Rechte Dritter geschützt sind!

Das Copyright für veröffentlichte, vom Autor selbst erstellte Objekte bleibt allein beim Autor dieses Berichtes. Eine Vervielfältigung oder Verwendung solcher Grafiken und Texte in anderen elektronischen oder gedruckten Publikationen ist ohne ausdrückliche Zustimmung des Autors nicht gestattet.

Zusammenfassung

Durch ‚smart Environments‘, also intelligente Umgebungen, welche durch eine Vernetzung von Alltagsgegenständen den Menschen bei ihrer täglichen Arbeit helfen sollen, wurden Konzepte wie die des ‚smart Home‘ und ‚smart Office‘ entwickelt. Diese stellen Neuentwicklungen dar, die das alltägliche Leben des Menschen stark beeinflussen werden. Um diese Szenarien greifbar zu machen und sie auf Nutzerfreundlichkeit und Akzeptanz zu testen, werden sie in einer virtuellen Umgebung simuliert. Um die spätere Nutzerinteraktion realitätsnah abbilden zu können, muss dazu ein Interaktionskonzept entwickelt werden. Dieses wird im Rahmen dieser Bachelorarbeit realisiert. Das dafür zum Einsatz kommende Interaktionsgerät stellt hierbei ein handelsüblicher Tablet-PC mit Touchscreen dar. Dieser dient der Kommunikation des Menschen mit dem ihm umgebenden intelligenten System. Es werden Möglichkeiten aufgezeigt, welche die Interaktion intelligenter Geräte untereinander sowie zwischen System und Nutzer darstellen. Anwendungsbeispiele zur Umsetzung der virtuellen Umgebung sind aus den Bereichen ‚smart Home‘ und ‚smart Office‘ zu entwickeln. Dafür werden geeignete Interaktionen herausgefiltert, welche sinnvoll in der virtuellen Umgebung umzusetzen sind. Mit dieser Bachelorarbeit wird eine Grundlage geschaffen, welche die Umsetzung einer nutzerfreundlichen Benutzerschnittstelle ermöglicht, um zukünftige Neuentwicklungen im Bereich des ‚smart Environment‘ dem Menschen nahzubringen, so dass dieser es als selbstverständlich erfährt.

Inhaltsverzeichnis

Titelblatt	iii
Urheber- und Kennzeichenrecht	v
Zusammenfassung.....	vi
Inhaltsverzeichnis	vii
Abbildungsverzeichnis	ix
Tabellenverzeichnis	x
1 Einleitung	1
1.1 Einführung	2
1.1.1 'Smart Environment'	2
1.1.2 Das Leben der Familie Müller	7
1.1.3 Virtual Reality (VR)	9
2 Grundlagen	11
2.1 Software-Ergonomie	11
2.1.1 Mensch-System-Interaktion	11
2.1.2 Wie kommunizieren Mensch und Computer	11
2.1.3 Wie kann die Software-Ergonomie helfen	12
2.1.4 Interdisziplinarität	15
2.2 Wahrnehmung	15
2.2.1 Optik.....	16
2.2.2 Scharf sehen.....	17
2.2.3 Bewegungen.....	17
2.2.4 Wahrnehmungsfehler	17
2.2.5 Tiefensehen	18
2.2.6 Bewegungsindizierte Tiefenkriterien.....	20
2.2.7 Gestaltungsgesetze	20
2.2.8 Akustik	23
2.2.9 Haptik.....	25
2.3 Gedächtnis und Erfahrung.....	25
2.3.1 Sensorisches Gedächtnis.....	26
2.3.2 Kurzzeitgedächtnis	26

2.3.3	Langzeitgedächtnis.....	27
2.3.4	Metaphern.....	28
2.3.5	Automatismen.....	29
2.4	Kommunikation.....	29
2.4.1	Bilder.....	30
2.4.2	Mimik und Gestik.....	31
2.5	Handlungssysteme.....	31
2.5.1	Aufmerksamkeit.....	32
2.5.2	Handlungsregulation.....	32
2.6	Fehler.....	33
2.6.1	Fehlertypen.....	33
2.7	Überlastung.....	35
2.8	Antwortzeiten.....	35
3	Hauptteil.....	39
3.1	Modelle.....	39
3.2	Ziele.....	42
3.3	Hardware.....	43
3.4	Nutzerinteraktion.....	45
3.5	Benutzer.....	46
3.6	Umgebung.....	47
3.7	Kontexte.....	48
3.8	Personas.....	49
3.9	Persona-Lebenszyklus.....	51
3.10	Qualitätsmerkmale.....	51
3.10.1	Funktionale Kriterien.....	55
3.10.2	Dialogkriterien.....	58
3.10.3	Ein- und Ausgabekriterien.....	66
3.11	Prototyping.....	69
3.11.1	Evaluation.....	73
4	Fazit.....	77
	Literatur- und Quellverzeichnis.....	xi

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1:</i>	„smart Home“	4
<i>Abbildung 2:</i>	„smart Office“	5
<i>Abbildung 3:</i>	Blockschaltbild der menschlichen Informationsverarbeitung	16
<i>Abbildung 4:</i>	Objekte im Vordergrund verdecken diese im Hintergrund.	18
<i>Abbildung 5:</i>	Ähnliche Objekte im Vordergrund sind größer als diese im Hintergrund.	18
<i>Abbildung 6:</i>	Objekte im Vordergrund sind näher und niedriger als diese im Hintergrund.	19
<i>Abbildung 7:</i>	Texturgradient.....	19
<i>Abbildung 8:</i>	perspektivische Verzerrung.....	19
<i>Abbildung 9:</i>	Objekte, die nahe beieinander liegen, werden gruppiert. .	20
<i>Abbildung 10:</i>	Nähe ist ein dominantes Merkmal für die Gruppenbildung. ..	21
<i>Abbildung 11:</i>	Gruppierung nach dem Gestaltungsgesetz der Ähnlichkeit ..	21
<i>Abbildung 12:</i>	Ein zusammengesetztes Objekt.....	22
<i>Abbildung 13:</i>	Mehrere widersprüchliche Informationen gleichzeitig	22
<i>Abbildung 14:</i>	Gleiches Schicksal fast Objekte zusammen.....	23
<i>Abbildung 15:</i>	Sensorisches Kurzzeitgedächtnis	26
<i>Abbildung 16:</i>	Aufteilung des Langzeitgedächtnisses	28
<i>Abbildung 17:</i>	Handlung und Handlungsregulation	33
<i>Abbildung 18:</i>	Zeitverhalten von interaktiven Systemen.....	36
<i>Abbildung 19:</i>	Phasen eines rückgekoppelten Software-Entwicklungsprozesses	40
<i>Abbildung 20:</i>	Spiral-Modell der Software-Entwicklung.....	40
<i>Abbildung 21:</i>	Benutzerorientierter Entwicklungszyklus	41
<i>Abbildung 22:</i>	Inkompatibilität vom mentalen und technischen Modell....	42
<i>Abbildung 23:</i>	Anpassung von mentalem und technischem Modell	43
<i>Abbildung 24:</i>	Touchscreen Anordnung der Interaktionselemente am Beispiel	45
<i>Abbildung 25:</i>	IFIP-Modell für Benutzerschnittstellen (nach Dzida, 1983)...	52
<i>Abbildung 26:</i>	Anwendungsrahmen für Gebrauchstauglichkeit (nach ISO 9241-11).....	54
<i>Abbildung 27:</i>	Benutzerinterface – lokale Verfügbarkeit – Sicherheitsaspekt	56
<i>Abbildung 28:</i>	Drucken-Dialog	60
<i>Abbildung 29:</i>	Optimierter Drucken-Dialog.....	60
<i>Abbildung 30:</i>	Symbolik beim Audio-/Video-Player	61
<i>Abbildung 31:</i>	Fortschrittsbalken	62
<i>Abbildung 32:</i>	Selbstbeschreibungsfähigkeit von Icons	63
<i>Abbildung 33:</i>	Windows Sicherheitswarnung	64
<i>Abbildung 35:</i>	Benutzeroberfläche zur intuitiven Bedienung	70
<i>Abbildung 36:</i>	Drehregler.....	71

<i>Abbildung 37:</i>	Schieberegler	71
<i>Abbildung 38:</i>	Pie-Kontext-Menü Kombination	71
<i>Abbildung 40:</i>	Auszug aus dem ISONORM-Fragebogen	74
<i>Abbildung 41:</i>	fiktives Ergebnis des AttrakDiff für die grafische Benutzerschnittstelle des Tablet-PCs	75

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1:</i>	Umsetzung software-ergonomischer Erkenntnisse	13
<i>Tabelle 2:</i>	Funktionsumfang ‚smart Home‘ und ‚smart Office‘	47

1 Einleitung

In einer Zeit in der Computer allgegenwärtig sind und uns in allen Bereichen des Lebens unterstützen, ist es wichtig diese in den Hintergrund rücken zu lassen. Der Anspruch hierbei ist, eine geeignete Schnittstelle zu finden, um den Menschen Komfort und Sicherheit zu bieten ohne ihn dabei, durch eine Flut von Informationen, zu überlasten. Das Ziel dieser Arbeit soll sein, eine Grundlage für die Entwicklung einer Nutzerschnittstelle zu bieten, welche mit einem Tablet-PC die Interaktion in einer virtuellen Umgebung ermöglichen soll. Da Konzepte, wie das des 'smart Environment', aufgrund der stetig wachsenden Vernetzung von Geräten, zukunftsweisend sind, und hierfür bisher kaum eine Interaktion mit einem Tablet-PC Anwendung gefunden hat, soll diese Arbeit den Grundstein hierfür legen. Da ein Tablet-PC durch seine multimedialen Möglichkeiten prädestiniert für die Interaktion in einer intelligenten Umgebung ist, soll besonders die grafische Oberfläche im Fokus liegen. Sie bildet die direkte Schnittstelle zwischen Mensch und Computer und sollte deshalb aufgrund moderner Erkenntnisse der Software-Ergonomie so konzipiert werden, dass eine intuitive Handhabung gewährleistet ist, um den Menschen zu unterstützen ohne diesen dabei zu belasten. Aufgrund des zeitlich eingeschränkten Rahmens dieser Bachelorarbeit wird auf eine softwareseitige Entwicklung der Benutzerschnittstelle verzichtet. Die Erstellung des Konzeptes wird sich mit ein paar ausgewählten Funktionen auseinandersetzen, welche zum besseren Verständnis, durch eine Visualisierung zweier virtueller Umgebungen, untermalt werden soll. Zunächst einmal soll ein Überblick geschaffen werden, was unter einem 'smart Environment' zu verstehen ist. Anschließend werden nötige Grundlagen der Software-Ergonomie aufgeführt um ein Verständnis dafür zu entwickeln, wie die Mensch-Computer-Interaktion funktionieren kann. Zum Schluss sollen die gewonnenen Erkenntnisse, anhand der zu entwickelnden Nutzerschnittstelle, umgesetzt werden.

1.1 Einführung

1.1.1 *'Smart Environment'*

'Smart Environment' bezeichnet ein technologisches Konzept, welches eine vernetzte Umgebung darstellt. Sensoren, Aktoren, Displays und computergestützten Elemente gehen dabei fast unsichtbar und nahtlos in Alltagsgegenstände über. Sie beschränken sich dabei nicht nur auf Räume oder Gebäude, sondern bieten ebenso eine Vernetzung mit der Außenwelt und lassen sich von dieser aus steuern. Die vernetzte Umgebung lässt sich dabei entweder über verschiedene Touchpanels, Computer oder sogar mobilen Endgeräten lokal oder auch aus der Ferne bedienen und bietet dem Anwender somit eine Unmenge an Funktionalität und Komfort. Dabei muss auf ein intuitives und für alle Benutzerklassen anpassbares Interface geachtet werden. In einer von Mikroelektronik und Kommunikationstechnik dominierten Welt, in welcher alles miteinander vernetzt wird, rückt der Computer immer mehr in den Hintergrund und ist trotzdem allgegenwärtig. Was heute die Vernetzung der Computer ist, wird in Zukunft die totale Vernetzung sein. Dabei kommunizieren die 'smarten' Alltagsgegenstände fast autonom und tauschen Informationen aus, um den Menschen bei der Bewältigung seiner alltäglichen Aufgaben, auf eine neue, intuitive Art zu unterstützen und um ihn weitestgehend von lästigen Routineaufgaben zu befreien. Doch diese neue Technologie bringt auch eine Vielzahl von Problemen mit sich. Nicht nur größere wirtschaftliche Konsequenzen müssen getragen werden, auch soziale Aspekte rücken in den Fokus. Die Sicherheit ist hierbei ein wichtiger Punkt, welcher die größte Hürde auf dem neuen Weg darstellen wird. Was vor einigen Jahren noch den persönlichen Computern vorbehalten war, hält heute immer mehr Einzug in andere Geräte. So sind bereits jetzt Fernsehgeräte, Recorder, Spielkonsolen und sogar Haushaltsgeräte wie der Kühlschrank mit dem Internet verbunden. Wir werden also Schrittweise dem neuen Zeitalter entgegen geführt und langsam mit der immer mehr um uns greifenden Vernetzung vertraut gemacht. Wie einst Kopernikus das geozentrische Weltbild, mit der Erde als Mittelpunkt unseres Sonnensystems, durch das heliozentrische Weltbild mit der Sonne als solchem, ersetzte, so muss auch der Mensch an Stelle des Computers in den Vordergrund rücken. Dies zu bewältigen, gilt es in den nächsten Jahren und Jahrzehnten anzugehen. Dafür bedarf es einer genaueren Betrachtung von Mensch und Maschine. Wie hat die Maschine

Einzug in unser Leben erhalten und was muss getan werden damit sie nicht immer mehr unserer Zeit in Anspruch nimmt, sondern uns neue Freiräume verschafft. Um ein paar Grundlagen der Mensch-Computer-Beziehung verständlicher zu machen und einen Einblick in die menschliche Wahrnehmung zu verschaffen, sollen die nächsten Kapitel dazu dienen, den Grundstein für die erfolgreiche Entwicklung eines benutzerfreundlichen und intuitiven Benutzerinterfaces zu legen. Im Anschluss daran wird anhand zweier speziell ausgewählter Szenarien gezeigt, wie die Entwicklung und Evaluierung einer Benutzerschnittstelle angegangen werden muss, um den Anwender von morgen auf eine leicht verständliche und intelligente Art mit seiner neuen Umgebung kommunizieren zu lassen. Im Bereich 'smart Home' wird ein Wohnzimmer, mit ein paar wenigen Elementen, Mittelpunkt der Betrachtung sein und im Bereich des 'smart Office' ein Konferenzraum.

'Smart Home' bezeichnet in seiner Gesamtheit die Umgebung im privaten Bereich. Stellvertretend hierfür können ein Haus oder auch eine Wohnung sein. In diesem ersten Szenario soll im Einzelnen ein Wohnzimmer dargestellt werden, bei welchem eine Vernetzung von Fernseher, Fenster- wie Türenverriegelung sowie Jalousiensteuerung vorhanden ist. Gewählt wurden diese Elemente, weil sie einen Großteil der Aspekte miteinander vereinen, um das intelligente Wohnen energieeffizienter, wirtschaftlicher und flexibler zu machen, um somit Komfort und Sicherheit bieten zu können. Dabei erfüllen einige Funktionen mehr, als nur Routineaufgaben. Im Einzelnen dient die Fenster- und Türensteuerung der automatischen Lüftung der Räumlichkeiten und die Jalousiensteuerung als Blickschutz beziehungsweise Schutz vor zu starker Sonneneinstrahlung. Dies bietet Komfort und unterstützt den Bewohner bei alltäglichen Dingen. Doch wie kommt hierbei die Sicherheit ins Spiel? Im Falle eines unerwünschten Eindringens in das Haus oder beim Verdacht eines solchen, kann entweder automatisch beim Aufbrechen von Türen oder Fenstern, sowie auch manuell, in Form eines Alarmknopfes, das gesamte Licht im Haus oder der Wohnung aktiviert werden. In einem mehrstöckigen Haus wäre es zusätzlich damit verbunden, dass sich sämtliche Türen und Fenster samt Jalousien im Erdgeschoss öffnen und auf dem Fernseher die Überwachungskamerabilder dargestellt werden um den Eindringling zu verschrecken und gleichfalls eine Fluchtmöglichkeit zu bieten ohne dass dabei Menschenleben in Gefahr geraten.



Abbildung 1: ‚smart Home‘

'Smart Office' stellt den geschäftlichen Bereich des 'smart Environment' dar. In dieser Arbeit soll auf einen Konferenzraum eingegangen werden, bei welchem eine Steuerung des Fensterglases, einen LCD-Displays sowie eines Whiteboards in Kombination mit einem Projektor und Drucker dargestellt wird. Aus Gründen der Geheimhaltung, bei wichtigen Gesprächen oder Vereinbarungen, kann bei Bedarf das gesamte Fensterglas zu den restlichen Büroräumen sowie nach außen abgedunkelt werden. Das großflächige Display dient der Darstellung des oder der Gesprächspartner bei einer Videokonferenz oder aber zur Darstellung der Flottenverteilung bei einem Unternehmen mit größerem Fuhrpark. Das Whiteboard in Kombination mit einem Projektor und Drucker dient dazu, skizzierte und/oder projizierte Bilder je nach Bedarf auszudrucken. In den Tischen integrierte schnurlose Datenübertragungsmöglichkeiten bieten den schnellen Austausch von Dokumenten oder Dateien zwischen den Anwesenden oder zur Darstellung auf dem Whiteboard, dem Monitor oder dem persönlichen Display.



Abbildung 2: ‚smart Office‘

Da eine ausführliche Vernetzung aller Gegenstände zu umfassend für diese Arbeit wäre, soll hier trotz allem eine kleine Aussicht geboten werden was die Zukunft noch mit sich bringen kann oder bereits bringt. Was für Anforderungen sollten an ein 'smart Environment' gestellt werden? Hierzu ein paar wichtige Punkte:

- **Komfort**
Dies wird unter anderem durch die Abnahme von Routineaufgaben wie dem Abrufen von Statusmeldungen zur aktuellen Lage der Waschmaschine oder Spülmaschine erreicht oder durch das Senden einer Einkaufsliste auf ein mobiles Endgerät durch den Kühlschrank. Auch die Bereitstellung verschiedener automatischer Szenarien wie Urlaub, kurze Abwesenheit, Anwesenheit, Nacht, gegebenenfalls Pflegedienst oder auch der Alarmmodus sollen ein breites Band an Unterstützung bieten.
- **Ökonomie / Energieeffizienz**
Durch eine intelligente Vernetzung von Wasser-, Heizungs- oder Lichtsteuerung beispielsweise, soll für eine optimale Ressourcenausbeute gesorgt werden. So ist es möglich die Spüle mit der Spülmaschine sowie der Toilettenspülung zu verbinden um je nach Verschmutzungsgrad das Wasser optimal im Kreislauf zu nutzen. Ebenso der Einsatz von alternativen Energiequellen und eine optimale

Steuerung aller Energieverbraucher sollten eine maximale Wirtschaftlichkeit des 'smart Environment' schaffen.

- Sicherheit

Wie bereits angesprochen, muss durch die komplexe Vernetzung der Umgebung ein hohes Maß an Sicherheit geboten werden. Dabei geht es nicht nur um die Systemsicherheit wie und wann ein Gerät oder ein Anwender zu welcher Zeit Zugriff auf eine Ressource hat, sondern auch um einfachste Kontrollfunktionen wie die Überprüfung der geschlossenen Fenster oder der abgestellten Herdplatte. Eine Einschränkung oder die Notwendigkeit von Fernsteuerungen muss dabei ebenso Beachtung finden, denn eine Herdplatte sollte man nur lokal einschalten können, nicht jedoch über ein mobiles Endgerät oder von außerhalb des Hauses.

- Flexibilität

Egal in welchem Raum man sich befindet, die Multimediafunktionen können je nach vorhandener Technik automatisch auf andere Räume übertragen werden. Ebenso die Telefonrufumleitung innerhalb des Hauses.

- Gesundheit

In diesem Bereich kann die Telemedizin moderne Möglichkeiten bieten verschiedenste Vitalfunktionen wie Blutdruck, Blutzucker, Puls oder Gewicht zu überwachen um über Termine zur Medikamenteneinnahme hinzuweisen oder bei Abweichung der Vitalwerte zu warnen. Im Zweifelsfall kann somit auch ein Arzt oder Pflegedienst verständigt werden um die Notwendigkeit eines Hausbesuches per Video-Telefonat abzuklären.

Diese Punkte und noch mehr stellen die Möglichkeiten dar, welche eine intelligente Umgebung bei alltäglichen Aufgaben bieten kann. Um dies anhand eines Fallbeispiels zu versinnbildlichen, soll im Folgenden ein kurzer Auszug aus dem Leben der Familie Müller gegeben werden, welche auch in späteren Kapiteln noch Gegenstand der Betrachtung sein soll.

1.1.2 Das Leben der Familie Müller

Familie Müller lebt in einem Haus welches nach dem Konzept des 'smart Environment' gestaltet wurde. Herr und Frau Müller befinden sich auf Arbeit, ihre zwei Kinder in der Schule. Im Laufe des Tages erhält Frau Müller eine Sms auf ihr Handy. Die Nachricht wurde ihr vom Haus gesendet, da sich der Überwachungsmodus geändert hatte als die Kinder von der Schule heim gekommen sind. Einige Zeit vergeht und es kommt erneut eine Meldung. Scheinbar wurde vergessen die Herdplatte auszuschalten. Da das Haus weiß dass sich Herr und Frau Müller auswärts befinden, wird diese Nachricht automatisch an beide übermittelt um darauf reagieren zu können. Frau Müller, die gerade keine Zeit hat daheim anzurufen und die Kinder darauf aufmerksam zu machen, schickt einfach per Handy ein Kommando an das Haus um diesem mitzuteilen die Herdplatte zu deaktivieren. Nach Feierabend begibt sich Frau Müller auf den Weg in die Kaufhalle und lässt sich hierfür direkt vom Kühlschranks die aktuelle Einkaufsliste senden, damit sie nichts vergisst. Daheim angekommen, die beiden Händen voll bepackt nähert sich Frau Müller dem Haus. Da sie aufgrund eines bei sich tragenden Transponders vom Haus erkannt wird, öffnet dieses automatisch die Türe so dass Frau Müller die Einkäufe bis in die Küche tragen kann. Beim Betreten des Hauses schalten sich nacheinander die Beleuchtung ein, so dass immer nur unmittelbar in dem Raum Licht ist, wo es benötigt wird. Beim Hereinkommen aktivierte sich außerdem das in der Wand integrierte Touchpanel – ein stationäres Gerät des mobilen Tablet-PCs – im Eingangsbereich, auf dem einige aktuelle Statusmeldungen angezeigt wurden. So meldete das Haus, dass ihre Lieblingsserie aufgezeichnet wurde und für sie im System bereitliegt. Aber auch Meldungen wie der Erhalt von Emails in ihrem Postfach sind ersichtlich. Während sie die Einkäufe verstaute unterstützt sie ihr ältestes Kind Lieschen bei der Hausarbeit. Ihre Aufgabe ist es Staubzusaugen. Da nur die Küche über einen Saugroboter verfügt muss Lieschen mit einem Schlauch ausgerüstet von Raum zu Raum ziehen. Das Haus verfügt über einen Zentralstaubsauger, so dass man bequem staubsaugen kann ohne dabei ein Gerät hinter sich herziehen zu müssen. Unterdessen erledigt Frau Müller in der Küche noch einige Dinge und hat über den Touchscreen im Kühlschrank ihr Musikprogramm gestartet. Auf dem Weg in den Haushaltsraum folgt ihr, wie gewünscht, die Musik durch das Haus während sie die Vorbereitung der Waschmaschine vornimmt. Nach getaner

Arbeit begibt sich Frau Müller ins Wohnzimmer und greift zum mobilen Tablet-PC um ihre Post abzurufen. Da ihr eine Freundin ein paar Urlaubsbilder geschickt hat, möchte sie diese gern auf dem Fernseher anschauen und lässt sich die Fotos darauf darstellen. Ein paar Stunden später, ihr Mann ist bereits heim gekommen, ist gerade das Abendprogramm beendet und es wird Zeit ins Bett zu gehen. Herr Müller aktiviert den Nachtmodus des Hauses. Dabei wird im gesamten Haus das Licht ausgeschaltet und die Rollläden fahren herunter. Die Tür- und Fensterverriegelung wird automatisch überprüft und die Überwachungsanlage im Außenbereich schaltet sich zu. Um den Tag zu beenden drückt Herr Müller den Schalter über dem Bett, woraufhin das Haus sämtliches nicht benötigtes Licht sowie Geräte ausschaltet. Mitten in der Nacht, aber unbemerkt durch die Familie Müller, kümmert sich das Haus um das zeitgerechte Einschalten der Waschmaschine und des Geschirrspülers um den in der Nacht günstigen Strom zu nutzen und rechtzeitig morgens fertig zu sein. Morgens in der Früh. Ein schriller Ton schallt durch das Schlafzimmer. Frau Müller öffnet die Augen und sieht auf dem mobilen Tablet-PC in großen Zahlen dass es Zeit zum Aufstehen ist. Ebenso wird ihr angezeigt, dass bereits die Waschmaschine und der Geschirrspüler ihre Arbeit verrichtet haben. Und somit beginnt ein neuer Tag in der smarten Umgebung von Familie Müller.

Dieser kleine Auszug der Familie Müller soll ein mögliches Szenario darstellen beim Einsatz intelligenter Technik. Was hier noch wie Fiktion erscheint, hat bereits in andere Bereiche unseres Lebens Einzug erhalten. So können wir das Konzept des 'smart Environment' bereits in heutigen Autos erleben. Dort ist die ambiente Technik bereits akzeptiert und bietet uns eine Vielzahl an Möglichkeiten. So haben wir beispielsweise einen voll automatisierten Innenraum und auch Fenster und Spiegel lassen sich elektronisch bedienen. Ebenso im Entertainmentbereich ist von Audio, Video bis hin zu Telefonie alles vorhanden. Diese für uns offensichtlichen und bereits selbstverständlichen Funktionen werden durch eine Unmenge an im Hintergrund arbeitender Prozesse unterstützt, welche unter anderem der Sicherheit dienen und von der Straßenlage, über die Lenkung, bis hin zum Bremsvorgang einiges an Unterstützung bieten um den Fahrer somit zu entlasten, so dass sich dieser auf das wesentliche konzentrieren kann – dem Fahren. Doch um diesen Komfort zu bieten, bedarf es eines umfassenden Wissens über die Mensch-Computer-Interaktion. In dieser

Bachelorarbeit soll deshalb ein Überblick gegeben werden wie an die Mensch-zentrierte Entwicklung einer Benutzerschnittstelle herangegangen werden soll um ein erfolgreiches Produkt zu entwickeln.

1.1.3 Virtual Reality (VR)

Virtual Reality, englisch für virtuelle Realität, beschreibt die Erzeugung eines Systems, in welche der Benutzer in eine künstliche Welt eintauchen kann. Diese Immersion wird gleichgesetzt mit ‚synthetisch‘, ‚unwirklich‘ oder ‚virtuell‘, da die Sinneswahrnehmung des Benutzers durch ein ‚System‘ simuliert beziehungsweise generiert wird. Üblicherweise besteht ein solches System aus verschiedenen Anzeigegeräten zur Erzeugung der Immersion, außerdem aus Sensoren zur Bewegungserkennung und Computern welche diese Benutzeraktionen verarbeiten und auf das Ausgabegerät übertragen. Um künstliche Eindrücke zu simulieren und zu generieren, werden oftmals Computermodelle erzeugt, welche dem Benutzer als ‚virtuelle Welten‘ oder ‚virtuelle Umgebungen‘ präsentiert werden und welche durch verschiedene sensorische Darstellungen wie einem Bildschirm, Soundsystem oder haptischen Ausgabegerät vermittelt werden. Eine wichtige Komponente eines erfolgreichen VR-Systems ist die Bereitstellung von Interaktionsmöglichkeiten, welche dem Benutzer nicht nur verschiedene Sinneseindrücke wahrnehmen lassen, sondern wo er ebenso mit der virtuellen Welt interagieren kann, so dass dieser Einfluss darauf hat und die Möglichkeit besteht sie zu ändern. Weitere Charakteristika von VR sind die Darstellung im Maßstab 1:1 sowie die Echtzeitfähigkeit, welche beide zu einer Visualisierung mit größtmöglicher Realitätstreue beitragen. Das alles macht es für eine Vielzahl von Anwendungsbereichen attraktiv. So wird schon heute VR dazu genutzt, bereits in der Entwicklungsphase das spätere Produkt zu visualisieren um mögliche Konstruktionsoptimierungen vorzunehmen oder das Produkt greifbarer für Designer und Entwickler zu gestalten. Aber nicht nur im Bereich Forschung und Entwicklung findet es Einsatz. Auch für den Wettbewerb kann es ein hilfreiches Mittel sein, den Kunden auf genau sein Produkt aufmerksam zu machen. Dabei werden beispielsweise Messen genutzt, auf denen mithilfe mobiler VR-Präsentationstechniken, den Interessenten ein Eindruck davon zu vermitteln, wie das Produkt arbeitet und wie es sich in ein scheinbar reales Arbeitsumfeld eingliedert.

Modernste VR-Technik als Möglichkeit der effizienten Forschung und Entwicklung sowie der Werbung und Produktvisualisierung wird dazu beitragen, dass dieses Segment in den nächsten Jahren stetig wachsen wird. Somit ist es offensichtlich, bei der Gestaltung eines 'smart Environment' die Einbindung der VR-Technologie zu nutzen um auch hier von deren Vorteilen profitieren zu können.

2 Grundlagen

2.1 Software-Ergonomie

2.1.1 Mensch-System-Interaktion

In der Vergangenheit wurden Softwarelösungen entwickelt, welche ein Problem bearbeiteten sollten, bei welchem der Anwender dieser nicht weiter berücksichtigt wurde. Das führte oftmals zu Problemen. So gab es zum Beispiel 1998 bei SAP eine ganze Anzahl von Beschwerden, welche das Unternehmen zu einer Umstrukturierung seiner Produktlinie veranlasste. Aber nicht nur bei SAP gab es diese Schwierigkeiten. Auch verschiedene Automobilhersteller hatten um die Jahrtausendwende mit diversen Neuentwicklungen für multifunktionale Steuerungen zu kämpfen, welche von der älteren Kundschaft die noch nicht mit Computern aufgewachsen waren, durch eine zu komplexe Bedienung oftmals zu fehlerhafter Anwendung führte und somit nicht der Kundenzufriedenheit dienlich war. Ähnliche Hindernisse gibt es bei der Gestaltung einer Webseite. Wenn beispielsweise ein Gelegenheitsnutzer auf eine unübersichtliche und zu komplexe Seite stößt, kann ihn dies leicht abschrecken und er verlässt die Seite und sucht bei anderen Anbietern weiter. Es lässt sich somit leicht sagen, dass eine ausführliche Planung, Entwicklung und Evaluierung der gewünschten Anwendung Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches Produkt ist. (vgl. Herczeg, 2009)

2.1.2 Wie kommunizieren Mensch und Computer

Bei interaktiven Systemen kommunizieren Mensch und Maschine miteinander in dem sie Informationen austauschen um ein gemeinsames Ziel zu erreichen. Der Informationsaustausch kann dabei auf verschiedene Arten stattfinden:

- Gebrauch von Medien
(Visuell, Akustisch, Taktile)
- Interpretation und Reaktion auf Informationen
(Mensch: flexible Anpassung an neue Situation,
Computer: unflexibel durch vorgegebene Programmierung)

- Verhalten im Kommunikationsprozess
(Mensch ist auf Mensch-Mensch-Interaktion eingestellt
→ Vermenschlichung des Computers)

Um die Schnittstelle zwischen Mensch und Computer zu verbessern werden in späteren Kapiteln ein paar hilfreiche Modelle vorgestellt. (vgl. Herczeg, 2009)

2.1.3 Wie kann die Software-Ergonomie helfen

Durch immer komplexer werdender multimedialer und interaktiver Software und der damit verbundenen Herstellungs- und Nutzungsbedingungen rechtfertigen die Software-Ergonomie. Diese legt fest, ob ein interaktives Computersystem gebrauchstauglich ist. Sie stellt somit die Lehre der Computerarbeit dar.

Da jedoch die Arbeitsplatzgestaltung ebenso angemessen sein muss, ist es wichtig dass auch die Hardware-Ergonomie im Rahmen der Software-Ergonomie berücksichtigt wird. Theoretische und praktische Erkenntnisse werden für die Entwicklung und Nutzung über diverse Formen verfügbar gemacht:

1. Gesetz und Verordnungen für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit;
2. nationale und internationale Normen und Standards;
3. Empfehlungen;
4. Gestaltungsregeln und Styleguides;
5. Software-Bausteine und Entwicklungswerkzeuge.

Jede Form hat hierbei einen unterschiedlichen Nutzen, welcher in Tabelle 1 ersichtlich ist. (vgl. Herczeg, 2009)

	Gesetze	Normen	Empfehlungen	Styleguides	Tools
Quelle	Gesetzestext und Verordnungen	öffentliche Dokumente	Bücher und Berichte	firmeninterne Dokumente	Software-Produkte
Verfügbarkeit	öffentlich	frei käuflich	meist öffentlich	meist proprietär	öffentlich oder proprietär
Durchsetzung	Gesetzgeber	Vertrag	Absprache	Management	Technik
Spezifität	sehr allgemein	allgemein	allgemein bis anwendungsspezifisch	produktions-spezifisch	technologie-spezifisch
Anpassung	praktisch nicht möglich	praktisch nicht möglich	generell möglich	im Einzelfall möglich	aufwändig oder nicht möglich
Abweichung	im Gesetz festgelegte Ausnahmeregelung	formale Ausnahmeregelung	informelle Absprache	mit Antrag und Review	keine
Vorteile	Mindeststandards zum allgemeinen Arbeitsschutz	allgemeine Standardisierung	flexibel und aktuell	Klarheit und verbesserte Qualität; einheitliche Produkte	einheitliche Produkte und Zeitgewinn
Nachteile	unspezifisch	unspezifisch und veraltet	interpretationsbedürftig	unflexibel	unflexibel

Tabelle 1: Umsetzung software-ergonomischer Erkenntnisse (Herczeg, 2009)

Eine Nichteinhaltung aus Unkenntnis beziehungsweise unzureichender Kenntnis von Software-Ergonomie-Erkenntnissen kann zur Folge haben, dass sich negative Auswirkungen auf den Nutzer durch unzulängliche Computeranwendungen ergeben:

- physische und psychische Beeinträchtigungen der Benutzer;
- hoher Einarbeitungsaufwand;
- Herausbildung ‚unentbehrlicher Experten‘, die die schlechten Systeme zu bedienen gelernt haben;
- die Systeme arbeiten gegen die gewohnte oder gewünschte Arbeitsweise;
- Verschiebungen in der Relevanz von Arbeitsvorgängen;
- Aufteilen von Tätigkeiten in für sich gesehen sinnlose Teile;
- Herausbildung geistiger Fließbandarbeit;
- Verschwendung menschlicher Denkfähigkeit und Flexibilität.

Auswirkungen auf die Arbeit machen sich somit durch eine enorme Minderung der Effektivität, Effizienz sowie der Zufriedenheit bemerkbar, auf welche zu einem späteren Zeitpunkt noch etwas ausführlicher eingegangen werden soll. Da die Voraussetzungen für ein gutes Arbeitsergebnis nicht gegeben sind, wird der Anwender des Systems nur unnötig belastet und einem Unternehmen können somit zusätzliche Kosten entstehen. Egal ob effizientes Arbeiten im Büro oder komfortables Arbeiten am heimischen Computer, mittlerweile nehmen Computersysteme im privaten Bereich oftmals denselben, wenn nicht sogar zeitintensiveren Stellenwert ein und dürfen aus diesem Grund nicht vernachlässigt werden um einer negativen Auswirkung vorzubeugen. Es sollte also bei jeder Softwareentwicklung darauf geachtet werden, dass neben der Funktionalität auch die Gebrauchstauglichkeit eine wichtige Rolle einnimmt um den späteren Nutzer so effizient wie möglich arbeiten zu lassen. Dies zu realisieren erfordert eine ausführliche Entwicklung und Evaluierung des interaktiven Systems und macht die Software-Ergonomie somit zu einem unverzichtbaren Instrument auf dem Weg zu einem erfolgreichen Produkt. (vgl. Dahm, 2006)

2.1.4 Interdisziplinarität

Der Erfolg beider Richtlinien der Software-Ergonomie wird durch den Anwender definiert, welcher sich in seinem Arbeitsumfeld sowie sozialem Umfeld bewegt und in welchem eine Vielzahl von Einflüssen auf ihn einwirkt. Andere Wissenschaftsbereiche und Disziplinen tragen also entscheidend zur Entwicklung von gebrauchstauglichen interaktiven Computeranwendungen bei. Diese sind vor allem:

- Arbeitswissenschaften
(Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit, Arbeitsorganisation, Arbeitssoziologie, Arbeitswirtschaft),
- Human-, Sozial- und Geisteswissenschaften
(Arbeits- und Organisationspsychologie, Wahrnehmungs- und Kognitionspsychologie, Physiologie und Medizin, Pädagogik, Linguistik, Soziologie und Kulturwissenschaften, Medien- und Kommunikationswissenschaften),
- Computerwissenschaften
(Informatik, Informationswissenschaften, Telematik, Informationstechnik, Nachrichtentechnik) sowie
- Gestaltungswissenschaften
(Interaktionsdesign, Produktdesign, Kommunikationsdesign, Typographie, Kunst).

Die Anwendung und Umsetzung all dieser Wissenschaften erfordert demzufolge ein gut funktionierendes Team von Fachleuten, welche am besten selbst über entsprechend übergreifende Kenntnisse verfügen. (vgl. Dahm 2009, Herczeg 2009)

2.2 Wahrnehmung

Der Mensch nimmt seine Umwelt über die Sinne Sehen, Hören, Tasten, Riechen und Schmecken wahr. Da der Großteil der Kommunikation zwischen Mensch und Computer über das Sehen und Hören stattfindet, sollen nur diese nachfolgend betrachtet werden. (vgl. Dahm, 2006)

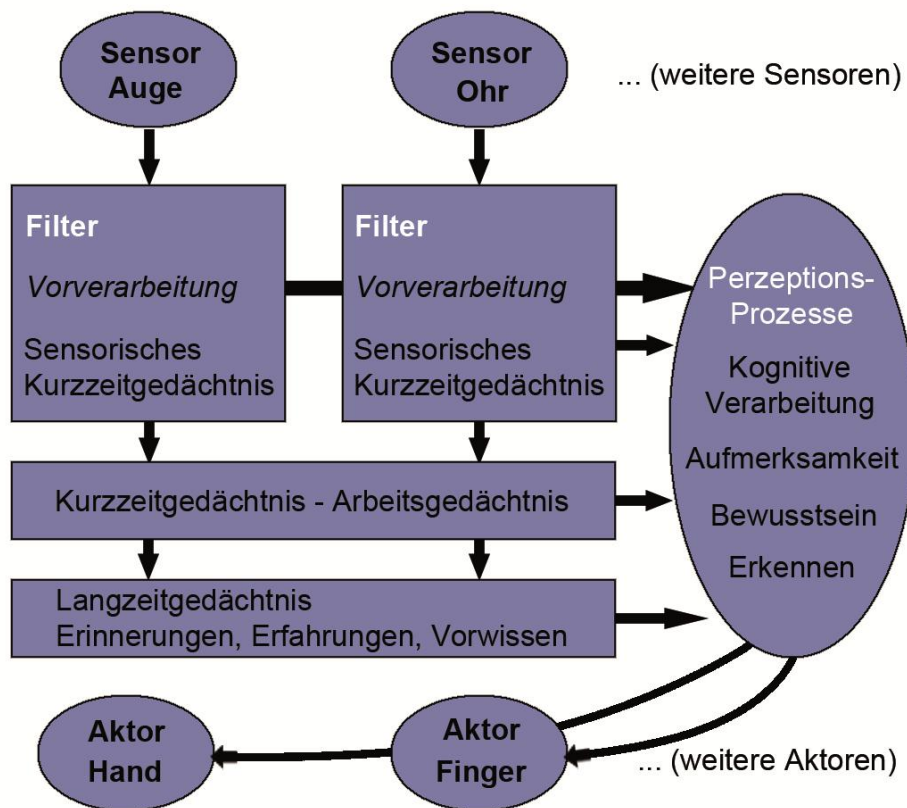


Abbildung 3: Blockschaftbild der menschlichen Informationsverarbeitung

2.2.1 Optik

Der Sinn welcher beim Menschen 80% der Informationsaufnahme ausmacht ist das Sehen. Dieser interagiert in einer langen Prozesskette vom Auge über die Netzhaut bis hin zum Gehirn, in welchem die gesehene Information verarbeitet wird. So sieht das Auge bei einem vorausfahrenden Fahrzeug dessen Bremslicht aufleuchten woraufhin die Netzhaut das einfallende rote Licht wahrnimmt und über die Mustererkennung ein Bremslicht identifiziert. Aufgrund der Erfahrung, wird ein Bremsvorgang eingeleitet. Da dem Sehen in der Mensch-System-Kommunikation eine so wichtige Bedeutung zukommt, soll weiterhin auf ein paar Eigenschaften des menschlichen Sehens eingegangen werden. (vgl. Dahm, 2006)

2.2.2 Scharf sehen

Durch eine dynamische Anpassung der Brechkraft des Auges (Akkommodation), können nah am Auge befindlich Objekte scharf wahrgenommen werden, was für eine echte körperliche Anstrengung sorgt. Dahingegen muss für die Fernsicht ein Objekt ausreichend groß sein um dieses noch erkennen zu können. Ein idealer Abstand lässt sich somit für das Erkennen von Informationen oder das Lesen von Text herleiten, welcher 25-30 cm vom Auge beträgt. In der Mitte des Blickfeldes liegt der Ort mit der größten Sehschärfe. In diesem fokussierten Bereich ist die Aufmerksamkeit am größten und wir nehmen Farben am besten wahr. (vgl. Dahm, 2006)

2.2.3 Bewegungen

Da sich bewegende Objekte schnell den Fokus auf sich ziehen, sollte man dieses Mittel mit Bedacht einsetzen, sofern es sich nicht um einen Film oder eine Animation handelt. Blinkende Objekte sollten fast immer vermieden werden, vor allem, wenn sie ständig blinken, ohne dass eine wichtige Information, zum Beispiel eine Warnung, übermittelt werden soll oder kann. (vgl. Dahm, 2006)

2.2.4 Wahrnehmungsfehler

Nicht nur die Wahrnehmung spielt bei der Gestaltung eine wichtige Rolle, sondern auch Wahrnehmungsfehler, welche im Folgenden nur stichpunktartig angerissen werden sollen (vgl. Dahm, 2006):

- Simultankontrast
- Mach'sche Bänder
- Hermann-Gitter
- Gegenfarbentheorie
- Farbkombination
- Subjektive Farben
- Farbfehlsichtigkeit

2.2.5 Tiefensehen

Da es sich bei einer grafischen Benutzeroberfläche um eine zweidimensionale Fläche handelt, kann der Schein entstehen, dass die Tiefenwahrnehmung keine entscheidende Rolle spielt. Doch dem ist nicht so. Der Eindruck von dreidimensionalen Objekten auf einer zweidimensionalen Oberfläche gibt viele Gestaltungsmöglichkeiten und ist deshalb nicht zu vernachlässigen. So kann durch monokulare Kriterien (Tiefenwahrnehmung mit nur einem Auge) ebenfalls den Schein der Tiefe erzeugen werden. Beispiele (vgl. Dahm, 2006):

- Verdecken von Objekten

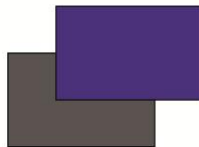


Abbildung 4: Objekte im Vordergrund verdecken diese im Hintergrund.

- Relative Größe im Blickfeld



Abbildung 5: Ähnliche Objekte im Vordergrund sind größer als diese im Hintergrund.

- Relative Höhe im Blickfeld

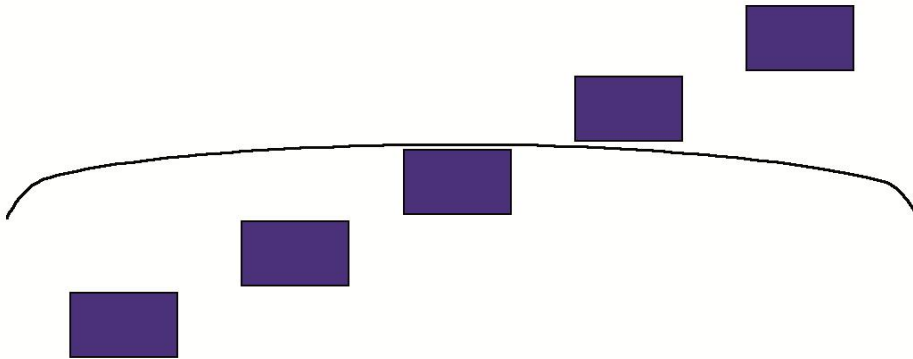


Abbildung 6: Objekte im Vordergrund sind näher und niedriger als diese im Hintergrund.

- Gewohnte Größe von Gegenständen
- Atmosphärische oder Luftperspektive
- Tiefenschärfe
- Texturgradient

Wie in Abbildung 7 dargestellt, verfeinert sich mit zunehmender Entfernung die Musterung. Ebenso laufen die Linien nach hinten zusammen, also ihr Abstand verringert sich.

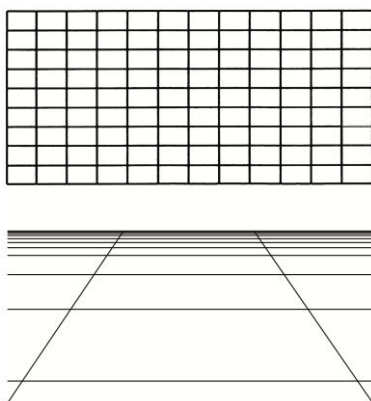


Abbildung 7: Texturgradient

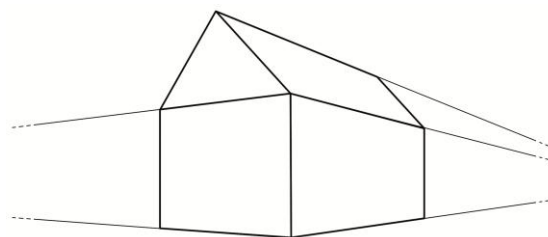


Abbildung 8: perspektivische Verzerrung

- Perspektivische Verzerrung
Ein Objekt, welches groß genug ist, wie beispielsweise ein in Abbildung 8 dargestelltes Haus, wird mit zunehmender Entfernung verzerrt.
- Beleuchtung und Schattenwurf

2.2.6 Bewegungsindizierte Tiefenkriterien

Zu den Kriterien zur Tiefenwahrnehmung durch Bewegungseffekte zählen (vgl. Dahm, 2006):

- Fortschreitendes Zu- oder Aufdecken von Flächen
„Bewegt sich ein Beobachter schräg auf parallele Flächen zu, so wird von der hinteren Fläche immer mehr aufgedeckt.“
- Bewegungsparallaxe
„Nahe Gegenstände bewegen sich schneller als solche in der Ferne. Das liegt an den unterschiedlich großen Strecken, die die Abbilder der Objekte in der gleichen Zeit auf der Netzhaut zurücklegen.“

2.2.7 Gestaltungsgesetze

2.2.7.1 Nähe

Nah beieinander liegende Objekte werden zu Gruppen zusammengefasst. Dabei können sich die Objekte in Form und Farbe sehr unterscheiden wie in Abbildung 9 und 10 ersichtlich. (vgl. Dahm, 2006)



Abbildung 9: Objekte, die nahe beieinander liegen, werden gruppiert.

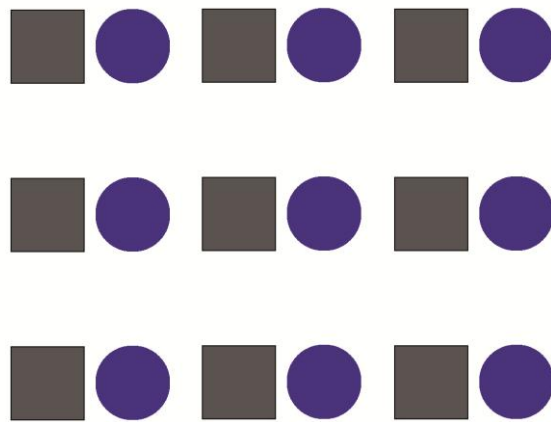


Abbildung 10: Nähe ist ein dominantes Merkmal für die Gruppenbildung.

2.2.7.2 Ähnlichkeit

Ähnliche und gleichartige Objekte werden als zusammengehörig wahrgenommen (Abbildung 11). Form, Helligkeit, Muster oder Farbton kann dabei als ähnlich erkannt werden. (vgl. Dahm, 2006)

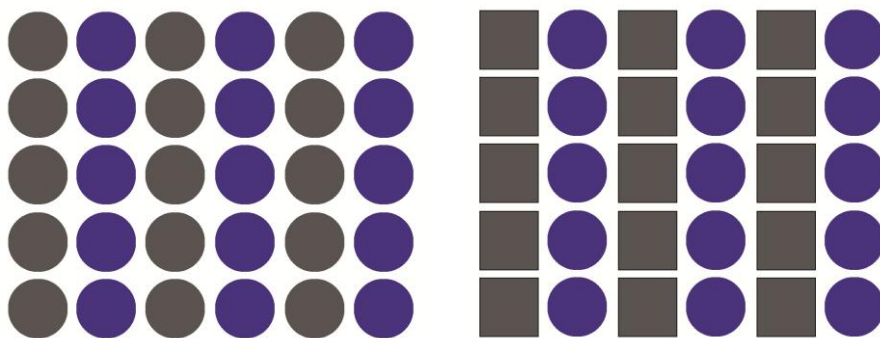


Abbildung 11: Gruppierung nach dem Gestaltungsgesetz der Ähnlichkeit

2.2.7.3 Prägnanz

Zusammengesetzte Figuren, welche nicht als einzelnes Objekt angesehen werden, werden somit als einfachste Formen interpretiert, siehe Abbildung 12. (vgl. Dahm, 2006)

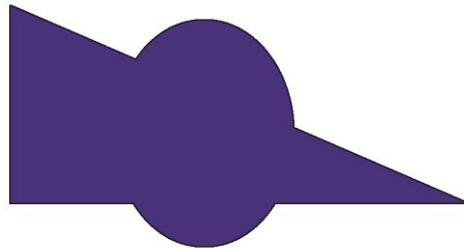


Abbildung 12: Ein zusammengesetztes Objekt

2.2.7.4 Vertrautheit

Formen oder Figuren, welche einmal als zusammengehörig erkannt wurden, lassen sich nicht wieder in die vorher erkannten Urformen überführen. So ergibt beispielsweise das in Abbildung 12 gezeigte Objekt mit etwas Phantasie die Front eines Formel-1-Rennwagens. Aber auch vertraute Dinge, welche widersprüchliche Informationen enthalten können es dem Betrachter schwer machen eine Entscheidung zu treffen. Die Lage des jeweiligen Textes anzugeben ist schwieriger als es auf den ersten Blick erscheint. Es bleibt zu sagen: 'Nicht zu lesen ist sehr schwer'. (vgl. Dahm, 2006)

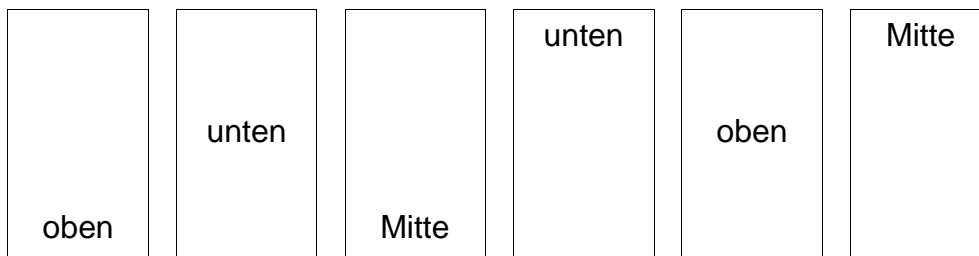


Abbildung 13: Mehrere widersprüchliche Informationen gleichzeitig

2.2.7.5 Gemeinsames Schicksal

Objekte, welche sich durch ihre gleichförmige Bewegung vom Rest abgrenzen, werden ebenfalls als zusammengehörig interpretiert, auch wenn ansonsten kein unmittelbarer Zusammenhang besteht. Bei der Gestaltung der Benutzeroberfläche kann dieses Element genutzt werden um bewusst auf eine Gruppierung von Objekten hinzuweisen. (vgl. Dahm, 2006)

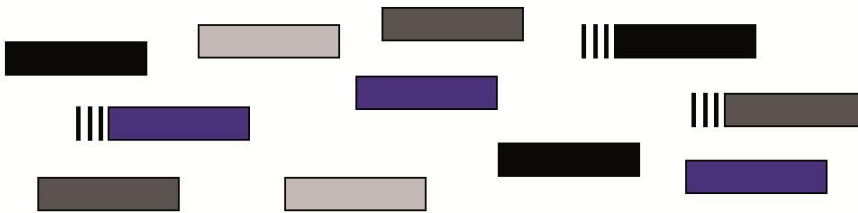


Abbildung 14: Gleiches Schicksal fast Objekte zusammen.

2.2.8 Akustik

Auch wenn das Hören in der Mensch-System-Kommunikation eine sekundäre Stellung einnimmt, so ist es in unserer Zeit der fortschreitenden multimedialen Entwicklung ein Sinn, welcher immer mehr an Bedeutung gewinnt. Einige Grundlagen zum Hören sollen im Folgenden kurz erläutert werden. (vgl. Dahm, 2006)

2.2.8.1 Frequenzumfang

Das menschliche Ohr kann nur Töne zwischen 200 Hz und 15 kHz hören. Dabei ist die Fähigkeit Tonhöhen zu unterscheiden von Mensch zu Mensch unterschiedlich und schwankt stark. Da nur wenige über ein absolutes Gehör verfügen, ist es sinnvoll Informationen nicht nur durch die Tonhöhe zu vermitteln. (vgl. Dahm, 2006)

2.2.8.2 Lautstärke

Der Zusammenhang zwischen Lautstärke und Hörbarkeit eines Tones ist die Hörfläche. Die Hörschwelle (gerade noch hörbar) liegt bei 0 dB(A) und die Schmerzschwelle (als nicht mehr erträglich empfunden) bei 120 dB(A). Auch dies unterscheidet sich bei allen Menschen. Und bei der Entwicklung von interaktiven Systemen für Ältere Menschen, sollte darauf geachtet werden dass deren Hörschwelle mit steigendem Alter immer weiter ansteigt, so dass unter anderem Frequenzen im Bereich der menschlichen Stimme schlechter wahrgenommen werden. (vgl. Dahm, 2006)

2.2.8.3 Richtungshören

Eine horizontale Ortung von Tönen im Raum ist mit beiden Ohren und der asymmetrisch geformten Ohrmuscheln bei einer Frequenz zwischen 500 Hz und 5000 Hz möglich. Dabei kann zwischen fünf Quellen unterschieden werden. Anders verhält es sich bei Ortung von vertikalen Tönen. Diese nimmt das menschliche Gehör wesentlich schlechter wahr, wobei zwischen zirka drei Quellen unterschieden werden kann. Auch in der Raumtiefe lassen sich zirka drei Quellen orten, in der Summe kann das Gehör jedoch nur zwischen fünf verschiedenen Quellen unterscheiden. (vgl. Dahm, 2006)

2.2.8.4 Orientierung

Die Ortung von Schallquellen im Raum gestaltet sich schwierig. Je mehr Schallquellen, desto schwieriger. Sie lassen sich anhand von Tonhöhe, Melodie oder Instrument unterscheiden. Ein ungeschulter Hörer kann nur zirka fünf Quellen unterscheiden und dass nur bei ruhenden Schallquellen. (vgl. Dahm, 2006)

2.2.8.5 Störung und Lärm

Der Mensch ist empfindlicher gegen Lärm oder akustische Störungen als gegen optische Störungen. Dies liegt darin begründet, dass:

- Man seine Ohren nicht schließen kann. Störungen können somit nicht selbst beseitigt oder ignoriert werden.
- Wegdrehen von einer Lärmquelle nützt nichts, da man in alle Richtungen hört, im Gegensatz zum Wegsehen.
- Plötzliche Schallsignale lenken sofort alle Aufmerksamkeit auf sich, was vergleichbar mit schnell bewegten optischen Reizen ist.

Überflüssige, die Sprache übertönende akustische Reize sollten also vermieden werden um das Hörvermögen nicht zu schädigen. (vgl. Dahm, 2006)

2.2.9 Haptik

Als letzten hier aufgeführten und wichtigen Punkt bei der Erstellung eines interaktiven Systems ist der Tastsinn. Dieser kann durch haptische Komponenten die Wahrnehmung von beispielsweise Warnsignalen stark verbessern oder das Gesehene auf einer Benutzeroberfläche untermalen. Da der haptische Wahrnehmungsapparat im gesamten menschlichen Körper verteilt ist, stellt er das größte Wahrnehmungsorgan des Menschen dar. Den Bereich welcher bei der Entwicklung einer interaktiven Benutzeroberfläche relevant ist, bezeichnet man als Bedien- oder Betätigungshaptik. Dieses Gebiet beschreibt die Rückwirkung eines Mechanismus (Force-Feedback) auf die menschliche Wahrnehmung. Da die klassischen Elemente der Mensch-System-Interaktion hauptsächlich auf das Sehen und Hören ausgelegt waren, besteht bei haptischen Ein- beziehungsweise Ausgabegeräten noch ein starkes Defizit. Entwicklungen der letzten Jahre zeigen aber, dass auch dieser Bereich zunehmend an Bedeutung gewinnt. (vgl. Dahm, 2006)

2.3 Gedächtnis und Erfahrung

Da zur Wahrnehmung und Verarbeitung der aufgenommenen Reize das Gedächtnis sowie die Erfahrung nicht zu vernachlässigen sind, werden auch diese hier nachfolgend behandelt. Wie bereits im Zuge der Interdisziplinarität angesprochen, müssen verschiedene Disziplinen betrachtet werden. So ist es wichtig zu verstehen wie zum Beispiel das menschliche Gehirn arbeitet und wie es Dinge wahrnimmt und daraufhin Entscheidungen trifft. Hierfür gibt es unterschiedliche Modelle, welche die verschiedenen kognitiven Phänomene erklären. Dabei handelt es sich jedoch nur um starke Vereinfachungen, welche gut genug für Beobachtungen, Beschreibungen oder Vorhersagungen sind. Das menschliche Gedächtnis ist die Summe unseres Wissens, welches in die folgenden drei Gruppen untergliedert wird:

- Sensorisches Gedächtnis (sensorischer Speicher);
- Kurzzeitgedächtnis (Arbeitsgedächtnis);
- Langzeitgedächtnis

Zur Veranschaulichung dient ebenso Abbildung 3. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

2.3.1 Sensorisches Gedächtnis

Das sensorische Gedächtnis oder auch Ultrakurzzeitgedächtnis nimmt Reize aus der Umwelt wahr und legt diese in den sensorischen Speicher. Dabei handelt es sich um weitaus mehr Informationen als im Kurzzeitgedächtnis aufgenommen werden. Man unterscheidet beim sensorischen Gedächtnis insbesondere den ikonischen (visuellen) und echoischen (auditiven) Speicher. Hierbei ist wichtig zu wissen, dass sich diese in der Zeit unterscheiden in welcher die Informationen gespeichert bleiben. So sind es beim ikonischen Speicher nur Bruchteile einer Sekunde, hingegen beim echoischen Speicher bis zu zwei Sekunden. Dies erklärt, warum akustische Ereignisse, wie ein Gespräch, auch einige Sekunden später noch wiederholt werden können, obwohl man das gehörte nicht mit Aufmerksamkeit verfolgt hat. Beispiele hierfür sind das Aufhorchen durch ein plötzlich fehlendes Geräusch der laufenden Kühltruhe, wenn diese ausgegangen ist. Hierbei wird der Speicher nochmals auf wichtige Informationen durchsucht. Oder aber, das Aufschnappen des eigenen Namen im allgemeinen Gesprächsrauschen einer Gruppe. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

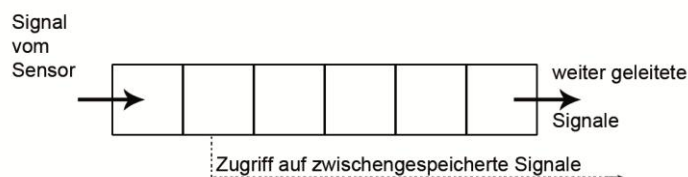


Abbildung 15: Sensorisches Kurzzeitgedächtnis

2.3.2 Kurzzeitgedächtnis

Nachdem die Informationen vom sensorischen Gedächtnis an das Kurzzeitgedächtnis (KZG) weitergereicht wurden, findet hier nun das bewusste Denken statt. Das heißt, es werden Problemlösungsprozesse in Gang gesetzt, welche zur weiteren Selektion der aufgenommenen Daten führen. Dafür steht dem Arbeitsgedächtnis auch wesentlich mehr Zeit zur

Verfügung als dies beim sensorischen Speicher der Fall ist. Je nach Kapazität des menschlichen KZG, können die meisten Menschen, in einer kurzen Zeit immer etwa 7 +/- 2 Chunks (größte zusammenhängende Informationseinheiten) über einen Zeitraum von etwa 15-30 Sekunden speichern. Die Zuverlässigkeit der Zugriffe nimmt jedoch ab, je mehr Chunks gespeichert werden (George A. Miller, 1956). Um das KZG weiter zu optimieren, können durch Gruppierung der Information künstliche Chunks gebildet werden. Sinnvoll gestaltet sich dabei die Verwendung von Chunks wie zum Beispiel bekannte Muster oder Elemente, welche bereits vorhanden sind und somit zu einem Anstieg der Behaltensleistung führen. Weiterhin spielen die Art, die Zugriffsorganisation sowie die Persistenz der Chunks eine wichtige Rolle. Es ist einfacher eine bestimmte Anzahl unterschiedlicher Chunks als die gleiche Anzahl ähnlicher Chunks zu speichern [Herczeg, S.65]*. Ebenso muss beachtet werden, dass ein streng sequenzieller Zugriff auf die Informationen erfolgt, nach dem Prinzip First-in-First-out (FIFO). Die Persistenz betreffend, zeigte sich, dass das KZG sehr empfindlich für Störungen ist, so dass es schon in Bruchteilen einer Sekunde zu Informationsverlust kommen kann. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

2.3.3 Langzeitgedächtnis

Der letzte Schritt zur dauerhaften Speicherung von Informationen erfolgt im Langzeitgedächtnis (LZG). Die Kapazität sowie Verweildauer des Inhalts ist bislang ungeklärt. Studien an Inselbegabten lassen jedoch eine höhere Gedächtniskapazität vermuten, als die normal genutzte. Maßgeblich an der Wirksamkeit der Merkfähigkeit beteiligt ist die Art wie das LZG Wissen organisiert. Assoziationen scheinen hierbei eine wichtige Rolle zu spielen. Aus diesen können flexibel komplexe Strukturen gebildet werden, welche die Nützlichkeit von Chunks beachtlich erhöht. Steigende Relevanz und die Anzahl der Assoziationen sowie deren emotionale Bedeutung führen somit zu einer Festigung des Inhaltes im Gedächtnis. Das Phänomen des Vergessens, das dazu führt, dass Wissen scheinbar verloren geht, scheint nicht am Mangel von Kapazität zu liegen sondern stellt scheinbar einen Schutz vor zu viel Wissen dar. Grundsätzlich gehen Informationen nicht verloren sondern lediglich der Weg dahin wird verschüttet. Es kann also in die folgenden vier Prozesse unterschieden werden:

- Lernen – Neues Einspeichern von Informationen
- Behalten – Bewahren von wichtigen Informationen durch regelmäßigen Abruf
- Erinnern – Reproduktion oder Rekonstruktion von Gedächtnisinhalten
- Vergessen – Zerfall von Gedächtnisspuren oder Interferenzen durch konkurrierende Informationen

In Bezug auf die Software-Ergonomie sollte außerdem noch beachtet werden, dass das Phänomen Erinnerung im Gegensatz zu Wiedererkennung darin besteht, dass es uns leichter fällt uns ganz oder teilweise an präsentiertes Wissen zu erinnern, wie wenn dies über gewisse Assoziationen geschehen soll. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

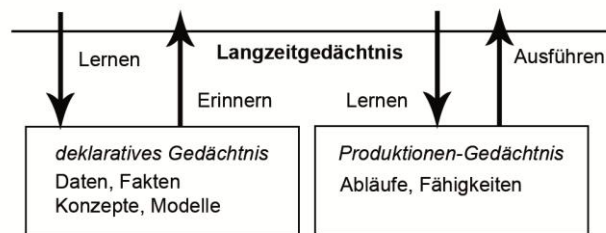


Abbildung 16: Aufteilung des Langzeitgedächtnisses

2.3.4 Metaphern

Bei der Gestaltung multimedialer interaktiver Systeme spielen Metaphern eine wichtige Rolle. Sie bilden Brücken zum Verständnis von Informationen, welche dem Anwender ein Abbild aus der ihnen bekannten Welt vermitteln um auch ein System zu verstehen, welches er bislang noch nicht kannte. Eine bekannte Metapher ist die Abbildung eines Büroschreibtisches auf dem Computer, die sogenannte Desktop-Metapher. Bei dieser wird eine Schreibtischoberfläche dargestellt, welche mit überlappenden Fenstern arbeitet und somit bildhaft das Papier auf dem Tisch darstellen soll. Konkrete Objekte für eine bestimmte Funktionalität sind Ordner, Papierkorb, Knöpfe (Schalter), Tabs und viele mehr. Metaphern können aber nicht nur Vorteile bringen sondern können auch

entwicklungshemmend wirken. Je nachdem welche Benutzergruppe angesprochen werden soll, kann dies zu Missverständnissen führen. Die neue Generation, welche mit multimedialen interaktiven Systemen aufwächst, kennt die traditionelle Büroumgebung nicht mehr. Für sie sind Computer selbstverständlich und leistungsfähig. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

„So wie sich das Auto vom Vorbild der Kutsche lösen musste, um ein eigenes Profil zu gewinnen, muss sich die Mensch-Computer-Schnittstelle von dem anfangs hilfreichen, nun aber eher hemmenden Vorbild des Schreibtisches befreien.“

(Friedewald, 1999)

2.3.5 Automatismen

Bisher war das bewusste Denken und Handeln eines Menschen Gegenstand der Überlegungen. Nun soll sich mit einer anderen wichtigen Frage zur Software-Ergonomie befasst werden. Der der automatisierten Wahrnehmungs- und Handlungsprozesse, die auch ohne unser Bewusstsein ablaufen (Rasmussen, 1983). Ein Beispiel hierfür ist das Autofahren. Dabei handelt es sich um einen erlernten Automatismus, welcher durch immer wiederkehrende Praxis trainiert wird. Dieses gleichförmig bewusste Handeln erlaubt eine schnelle Reaktion auf sensorische Wahrnehmungen. Bezeichnend für diese Art des Wissens sind die Begriffe Fertigkeiten (Skills) oder kompiliertes Wissen. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

2.4 Kommunikation

Kommunikation ist der Austausch von Informationen zwischen zwei oder mehr Personen. Sie kann stattfinden zwischen Menschen, zwischen Maschinen oder auch Mensch und Maschine. Bei wechselseitigem Austausch von Informationen spricht man von einem interaktiven System. Nicht *nicht* kommunizieren geht nicht, dass behauptet der Kommunikationsforscher Paul Watzlawick in seinem metakommunikativen Axiom. Er geht davon aus, dass jedes Verhalten als Reaktion auf etwas oder jemanden eine Art der Kommunikation darstellt.

„Man kann nicht *nicht* kommunizieren!“

(Watzlawick, 1969)

Kommunikation ist somit unumgänglich und findet immer und überall statt. Aufgrund von unterschiedlicher Herkunft oder dem sozialen Umfeld kann diese jedoch stark voneinander abweichen, so dass sie nicht immer von allen gleich verstanden wird. Natürliche Sprache zwischen zwei Menschen ist nicht immer eindeutig und kann zu Missverständnissen führen. Ein Computer hingegen braucht eine eindeutige (künstliche) Sprache, welche schnell durch einen Compiler ausgewertet werden kann. Um eine funktionierende Kommunikation zwischen Benutzern und Anwendung zu gewährleisten, müssen beide über den gleichen Bestand an Zeichen verfügen. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

„Die Grenzen meiner Sprache sind die Grenzen meiner Welt.“

(Ludwig Wittgenstein, 1922)

„Das heißt: Was man mit Worten nicht ausdrücken kann, ist dem kognitiven Bereich des Geistes demnach nicht zugänglich. Eindrücke können zwar über andere Medien aufgenommen werden, jedoch kann erst das, was mit Worten beschrieben werden kann, damit bewusst gemacht werden. Erst dann kann darüber nachgedacht und reflektiert werden. Dann kann sich eine Logik entwickeln, mit der der Wahrheitsgehalt und damit die Bedeutung von Aussagen bestimmt werden können.“ (Dahm, 2006)

Das Denken ist somit das Ergebnis der Sprache, denn was der Mensch nicht ausdrücken kann, kann er auch nicht denken.

„Was sich überhaupt sagen lässt, lässt sich klar sagen; und wovon man nicht reden kann, darüber muss man schweigen.“

(Ludwig Wittgenstein, 1922)

2.4.1 Bilder

Ein weiteres Mittel der Kommunikation sind bildliche Zeichen, welche zum Beispiel durch Icons oder Piktogramme Anwendung finden. Diese haben den Anspruch dass man sie anhand des Bildes erkennt und anzuwenden

weiß. Die Selbsterklärungsfähigkeit stellt somit bei der Entwicklung einer intuitiv bedienbaren Benutzeroberfläche eine Herausforderung dar. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

2.4.2 Mimik und Gestik

Wie bereits erwähnt, stellte Paul Watzlawick fünf ‚pragmatische Axiome‘ (unbeweisbare Lehrsätze) auf. Dabei führe er auf, dass man nicht *nicht* kommunizieren kann. Diese nichtverbale Kommunikation findet in Form von Emotionen statt, welche durch Mimik, Gestik oder Körpersprache transportiert werden. Diese Mittel machen die Kommunikation reicher, da sie wesentlich mehr Information übermitteln als das gesprochene Wort. Als Mimik werden die sichtbaren Bewegungen des Gesichtes bezeichnet. Gestik stellt die nonverbale Kommunikation durch Arme, Hände und der Kopfbewegungen dar. Die Körpersprache drückt sich durch die Körperhaltung aus. Doch wie helfen diese Dinge bei der Mensch-System-Kommunikation weiter? Ein Mensch reagiert bei der Interaktion mit dem Computer unbewusst so, als ob er mit einem anderen Menschen kommunizieren würde. Da dieses Verhalten seit Urzeiten geprägt wurde, ist es überaus wichtig, dieses zu verstehen und in die Erkenntnisse der Mensch-Computer-Interaktion einfließen zu lassen. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

2.5 Handlungssysteme

In den vorherigen Kapiteln wurden die Grundlagen zur Beschreibung von Handlungen erläutert, in diesem geht es nun um Handlungsprozesse die folgendes umfassen (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009):

- die Absicht (Intention), ein Ziel zu erreichen,
- die Durchführung einer Handlung und
- die Steuerung (Regulation) der Durchführung.

2.5.1 Aufmerksamkeit

Eine der wichtigsten Basisleistungen des Gehirns ist die Aufmerksamkeit. Sie ist eine wichtige Voraussetzung für die Bewältigung alltäglicher Dinge, für welche es keine Automatismen gibt und bei denen die Konzentration und konzentrierte Kontrolle unseres Handelns erforderlich ist. Folglich sind die Anforderungen an den mentalen Aufwand zur Benutzung einer Applikation so gering wie möglich zu halten. Dies spiegelt sich in einem größeren Anteil des Bewusstseins wieder, wodurch mehr Ressourcen zur Lösung bereitstehen und somit weniger Fehler gemacht werden, was die Effizienz und Effektivität des Anwenders positiv beeinflusst. Ein Beispiel für die Steigerung der Aufmerksamkeit ist die Fähigkeit des Blindschreibens. Wenn die Bewegungsabläufe der Finger nicht mehr bewusst gesteuert werden müssen, rückt die Aufmerksamkeit vom Schreiben auf das Zuschreibende was dessen Qualität verbessert. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

2.5.2 Handlungsregulation

Die Handlungsregulation erfolgt über das Festlegen eines Zieles über die Planung zur Erreichung des Ziels bis hin zur Ausführung. Das Ziel kann dabei in kleinere Teilziele zerlegt werden, welche expliziert sein können oder eher impliziert. Bei explizierten Handlungen wird sich das weitere Vorgehen bewusst gemacht und danach gehandelt. Implizite Planung bedeutet, dass auf eigene Fähigkeiten zurückgegriffen wird und sich die einzelnen Schritte nicht bewusst gemacht werden. Um das Erreichen des Ziels zu gewährleisten, wird beim Ausführen immer wieder über entsprechende Rückkopplungen sicher gestellt wie die Handlung verläuft und ob das Ziel damit erreicht werden kann. Somit können immer wieder neue, aber ähnliche Situationen bewältigt werden. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

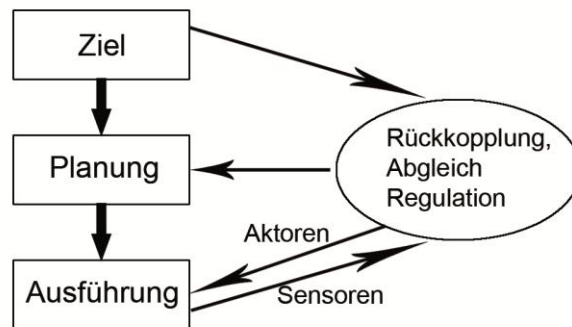


Abbildung 17: Handlung und Handlungsregulation

Laut Winfried Hacker lässt sich die Regulation in verschiedene Arten von Prozessen unterteilen:

- Bewusste Handlungen werden auf der intellektuellen Regulationsebene geregelt, somit kann die Aufmerksamkeit nur einer wichtigen Handlung gewidmet werden.
- Routinehandlungen werden durch flexible Handlungsmuster geregelt, damit immer wiederkehrende Situationen den gegenwärtigen Anforderungen angepasst werden können.
- Vollständig automatisierte Handlungen werden auf der sensomotorischen Ebene reguliert und laufen somit unbewusst ab.

2.6 Fehler

Ein Fehler ist ein Teil der Handlungen, der zur Abweichung vom ursprünglichen Ziel führt und diese negativ beeinflusst.

2.6.1 Fehlertypen

- Schwere Fehler führen dazu, dass das Ziel gar nicht erreicht wird, die Effektivität des Anwenders wird verringert.
- Leichte Fehler führen dazu, dass größerer Aufwand benötigt wird, um das Ziel zu erreichen (Korrektur oder Alternative zur Zielerreichung). Die Effizienz des Anwenders wird beeinträchtigt.

- Jeder Fehler beeinträchtigt zudem die Zufriedenheit des Anwenders.

Es sollte also angestrebt werden, Fehlerfreiheit zu gewährleisten, damit eine Korrektur oder gar ein Nichterreichen des Ziels vermieden wird.

Wo können Fehler also auftreten:

- auf intellektueller Ebene
- auf der Ebene der flexiblen Handlungsmuster
- auf der sensomotorischen Ebene

Fehler auf der intellektuellen Ebene sind Fehler bei denen sich das Ziel nicht explizit klargemacht wird. Randbedingungen sollten also bei gewohnten Handlungen immer berücksichtigt werden. Diese Art von Fehlern ist von Entwicklern einer Software so gut wie nicht zu verhindern, da der Ursprung Denkfehler der Anwender sind. Ebenso auf dieser Ebene treten Fehler auf, bei denen der Benutzer von der Software eine falsche Vorstellung bezüglich der Anwendung hat. Diese können durch Lernunterstützung zur Steigerung der Benutzerkompetenz vermieden werden. Fehler auf der Ebene der flexiblen Handlungsmuster treten dann auf, wenn überstürzt eine gewohnte Handlung ausgeführt wird, ohne die genauen Randbedingungen zu beachten. Dies tritt beispielsweise bei warnenden Dialogen auf, welche ungelesen geschlossen werden. Diese Fehler können verhindert werden, wenn Meldungen, welche eine spezielle Aufmerksamkeit erfordern, dementsprechend gekennzeichnet sind. Ebenso sollten solche Warnhinweise sparsam eingesetzt werden um den Anwender gegenüber diesen Meldungen nicht abstupfen zu lassen. Fehler auf der sensomotorischen Ebene können durch fehlende Konzentration bei der Ausführung der Bewegung (Motorik) auftreten. Ein einfaches Beispiel hierfür ist das Vertippen beim Schreiben auf der Tastatur. Um solchen Fehlern vorzubeugen, ist es angebracht Objekte ausreichend groß zu gestalten um sie ohne größeren Aufwand anwählen zu können. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

2.7 Überlastung

Wie bereits erwähnt kann der Mensch seine Konzentration nur auf eine Sache richten. Kommen zu viele Informationen, dann noch über verschiedene Kanäle und unter hohem psychischem Druck, können diese nicht mehr verarbeitet werden. Im schlimmsten Fall tritt der sogenannte Blackout ein und bleibt solange bestehen, bis die Belastung wieder auf ein erträgliches Maß zurückgegangen ist. Weiterhin können Überlastungen auftreten, wenn der Anwender mit überflüssigen Informationen überflutet wird. Beispiele hierfür sind überfüllte Startseiten eines Webangebots oder aber die überladenen Menüs in Programmen mit grafischer Benutzerschnittstelle. Um für eine Steigerung der Zufriedenheit zu sorgen, sollten Überlastungen vermieden werden. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

2.8 Antwortzeiten

Bei der Mensch-Computer-Interaktion kommt es durch die Abfolge der einzelnen Dialog- oder Handlungsschritte zu Erwartungshaltung in Bezug auf die Antwortzeiten, welche aus der wiederholten Interaktion mit einem Computersystem resultieren.

„Treten im Verhalten interaktiver Systeme unerwartete Verzögerungen auf, so werden viele Benutzer verunsichert, verärgert oder gar frustriert, was sich direkt auf den Faktor der Zufriedenstellung der Benutzer auswirkt. [...] Derartige Verzögerungen sind vor allem lange Antwortzeiten sowie lange Ausgabezeiten [...].“ (Herczeg, 2009)

Aber nicht nur zu lange Wartezeiten können zu erhöhten Fehlerraten führen, auch zu schnelle Systemreaktionen bewirken dass der Benutzers überstürzt arbeitet. Negative Einflüsse für zu hastiges arbeiten können sein:

- schlechter Lernerfolg,
- oberflächliches Rezipieren der Systemausgaben,
- Eingabefehler und
- unüberlegte Aktionen.

„Wir benötigen für gebrauchstaugliche interaktive Systeme also eine gute Balance der Reaktionszeiten von Benutzer und System sowie eine hohe Erwartungskonformität des Zeitverhaltens [...]. Dazu wollen wir im Folgenden die einzelnen Phasen eines Interaktionsschritts genauer betrachten.“ (Herczeg, 2009)

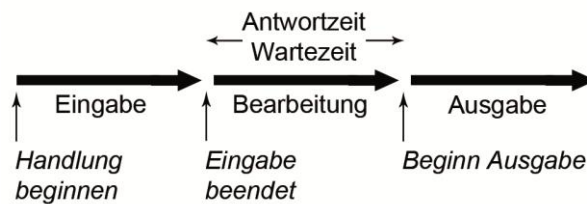


Abbildung 18: Zeitverhalten von interaktiven Systemen

- Die Eingabe des Benutzers beginnt, sobald er anfängt, seine geplante Handlung auszuführen.
- Sobald der Benutzer eine Eingabe beendet hat, beginnt die Wartezeit.
- Sobald die Ausgabe des Computers beginnt, ist die Wartezeit zunächst beendet. Diese Zeit kann bei zu großer Verzögerung ebenfalls als Wartezeit empfunden werden.

Wie für Wartezeiten, gibt es auch für Antwortzeiten eines interaktiven Systems Definitionen. Für die Erwartungen des Benutzers gelten folgende Richtwerte (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009):

- Bis zirka 1 Sekunde wird die Antwort als unmittelbar empfunden.
- Bis zirka 5 Sekunden wird die Antwort als verzögert empfunden.
- Bis zirka 10 Sekunden wird die Antwort als stark verzögert empfunden.
- Ab über 10 Sekunden Wartezeit wird davon ausgegangen, dass keine Antwort mehr zu erwarten ist. Dies ist jedoch abhängig vom verwendeten System.

„Diese Werte differieren zwischen Anwendungsfällen und Benutzergruppen und werden vor allem von den Erfahrungen der Besucher mit anderen gleichartigen Anwendungen geprägt.“ (Dahm, 2006)

3 Hauptteil

In den vorangegangenen Kapiteln wurde eine Übersicht geschaffen, welche uns einen Einblick in die Beziehung zwischen Mensch und Maschine geben sollte. Ebenso wurden Grundlagen aufgezeigt, welche für die Entwicklung eines erfolgreichen Benutzerinterfaces bei einem Tablet-PC Voraussetzung sind.

In den folgenden Kapiteln soll es nun um die Anwendung und Umsetzung gehen um mit den richtigen Methoden und Vorgehensweisen eine gebrauchstaugliche Schnittstelle zwischen Mensch und Computer zu schaffen. Sie soll ihn bei der Arbeit unterstützen, um schneller und besser sein Ziel zu erreichen ohne dabei selbst zum Hindernis zu werden. Diese qualitativen Ziele stellen hierbei den Fokus dar. Quantitative Ziele wie die Sicherstellung der Funktionsweise der Software und anderer programmierseitiger Ziele sollen in dieser Arbeit nicht Gegenstand der Betrachtung sein. Augenmerk soll auf der direkten (sichtbaren) Benutzerschnittstelle, also dem grafischen Interface liegen, da dieses die Funktionen des interaktiven Systems verständlich an den Nutzer übermitteln soll. Doch zunächst einmal ist es wichtig sich die Anforderungen der Software klar zu machen, denn bereits hier befindet sich die erste große Hürde. Dabei sollte man immer nach dem Konzept verfahren 'Design For User' oder 'User Centered System Design'.

3.1 Modelle

Die Herangehensweise für die Softwareentwicklung kann auf unterschiedliche Weise geschehen. So gibt es unter anderem das Wasserfall-Modell, welches eine lineare Reihenfolge der Entwicklungsphasen beschreibt; das Spiral-Modell, welches aufbauend auf das Wasserfall-Modell mit zahlreichen Rückkopplungsmöglichkeiten verknüpft ist; sowie das Prototyping, bei welcher der Anwender praktisch mit eingebunden wird. (vgl. Dahm, 2006)

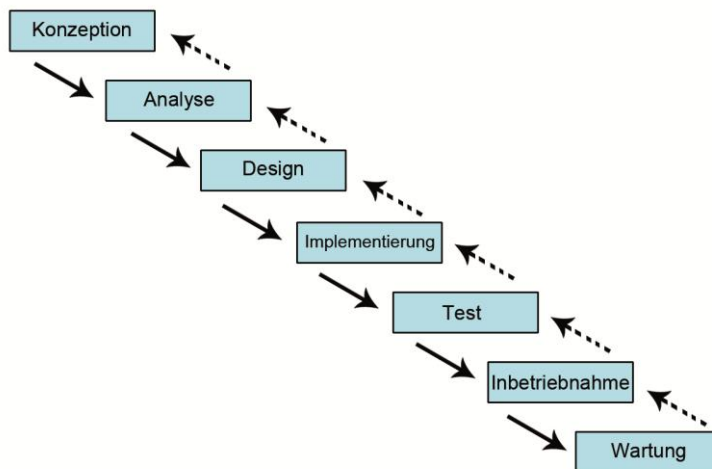


Abbildung 19: Phasen eines rückgekoppelten Software-Entwicklungsprozesses

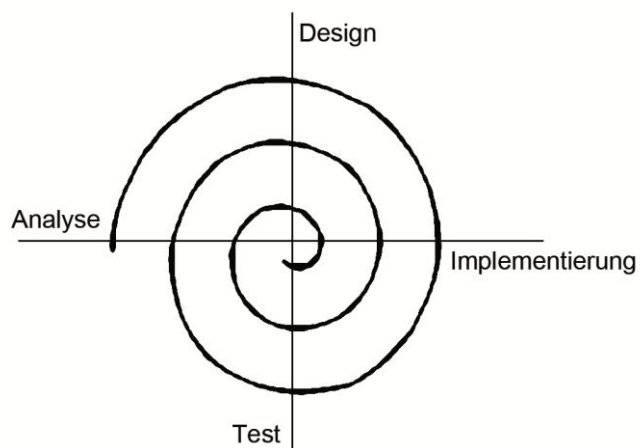


Abbildung 20: Spiral-Modell der Software-Entwicklung

Grundlage für den Entwicklungszyklus stellt hierbei die Norm DIN EN ISO 9421-210 dar, worin die verschiedenen Phasen beschrieben werden.



Abbildung 21: Benutzerorientierter Entwicklungszyklus

Unterteilt ist dieser benutzerorientierte Entwicklungsprozess folgende Phasen in:

- Festlegung der Notwendigkeit einer benutzerorientierten Gestaltung,
- Verstehen und Festlegen des Nutzungskontextes,
- Festlegen von Benutzeranforderungen und organisatorischen Anforderungen,
- Entwerfen von Gestaltungslösungen,
- Beurteilen von Gestaltungslösungen gegenüber den Anforderungen sowie
- die Fertigstellung des Systems welches die festgelegten Anforderungen an Funktion, Organisation und Benutzerbelange erfüllt.

3.2 Ziele

Bei der Entwicklung eines interaktiven Systems hat der Systemdesigner eine gewisse Vorstellung von dem was er realisieren möchte. Auch der Anwender hat gewisse Erwartungen und entwickelt mit der Zeit eine geistige Vorstellung vom Anwendungssystem.

Diese Vorstellungen, sowohl vom Anwender wie auch vom Entwickler bezeichnet man als mentale Modelle (Herczeg, 2006). Da bei der Entwicklung eines Systems eine Menge an Informationen einfließen und somit im Allgemeinen eine starke Strukturierung besteht, bezeichnet man dieses Modell des Systemdesigners als konzeptionelles Modell. Das Ergebnis was der Entwickler schlussendlich abgeliefert, also die fertige Software, bezeichnet man als technisches Modell. Die Qualität des interaktiven Systems ist somit davon abhängig, wie die Vorstellungen von Anwender, Systemdesigner und des Systemmodells übereinstimmen. Diese Kompatibilität der Modelle trägt maßgeblich dazu bei wie effektiv die Nutzung des interaktiven Systems ist. In Abbildung 22 ist zum einen der Anwendungsbereich (A) des Systems zu sehen, welches vom Designer erstellt wurde. Überschneidend dazu sieht man die Erwartung des Benutzers (B) bezüglich des Systems. Der Teil des Anwenders, welcher außerhalb des Systems liegt, kann zustande kommen, wenn er den Anwendungsbereich nicht richtig verstanden oder eine andere Vorstellung vom Anwendungssystem hat.

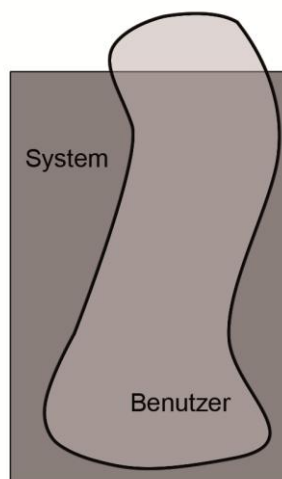


Abbildung 22: Inkompatibilität vom mentalen und technischen Modell

Im ersten Fall kann die Inkompatibilität von Benutzer und System durch eine Schulung beseitigt werden, dies ist jedoch nicht bei einer falschen Vorstellung des Anwendungssystems möglich. Hier hatten der Entwickler und Benutzer zwei unterschiedliche Vorstellungen vom Anwendungsbereich. Aus diesem Grund ist es wichtig schon in einer frühen Phase der Produktentwicklung den Benutzer mit einzubeziehen um eine größtmögliche Angleichung des mentalen, konzeptionellen und technischen Modells zu erreichen. Durch eine schrittweise Anpassung des Systems oder durch das benutzerseitige Erlernen des Systems ergibt sich die folgende Abbildung 23. Hier ist zu erkennen wie durch die Schulung des Benutzers oder der Weiterentwicklung des Systems, in einem dynamischen Prozess, eine Annäherung von mentalen und technischen Modell realisiert wird. (vgl. Herczeg, 2009)

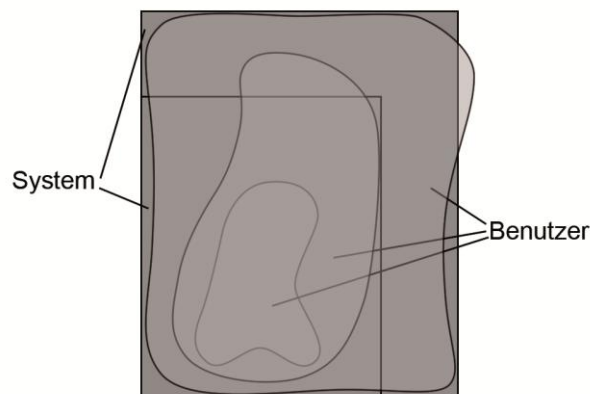


Abbildung 23: Anpassung von mentalem und technischem Modell

3.3 Hardware

Im Fall dieser Bachelorarbeit ist das technische Modell ein Tablet-PC, also ein tragbarer Computer. Dieser verfügt über einen Touchscreen zur Bedienung des Rechners mit einem Stift oder Finger. Dabei wird der berührungsempfindliche Bildschirm durch direkte Manipulation beeinflusst ohne dabei ein Eingabegerät wie Tastatur oder Maus verwenden zu müssen. Heutige Touchscreens verfügen über eine Multi-Touch-Funktion, das heißt sie lassen sich mit mehreren Fingern gleichzeitig bedienen umso beispielsweise Gesten zur Steuerung zu verarbeiten. Das Ziehen des Fingers auf dem Bildschirm gleicht somit einer Drag-and-Drop-Operation. Eine Multi-Touch-Funktion hingegen ist zum Beispiel das Spreizen der

Finger auf einem dargestellten Bild, was eine Vergrößerung (Zoomeffekt) des Bildausschnittes hervorruft. Weiter wird bei den Touchscreens unterschieden zwischen kapazitiven, induktiven und resistiven Display. So kann der kapazitive Bildschirm nicht durch einen Eingabestift bedient werden, was für Menschen mit Prothesen zu Einschränkung in der Bedienung führt. Somit bildet dies ein Problem, welches berücksichtigt werden sollte um Barrierefreiheit zu gewährleisten. Aber auch der induktive Bildschirm bietet Nachteile. So kann dieser nur mit Hilfe eines Eingabestiftes genutzt werden. Vorteile hierbei ergeben sich jedoch durch die vielfältige Nutzung des Eingabestiftes, welcher mit zusätzlichen Funktionen ausgestattet werden kann. Auch der resistive Bildschirm reagiert auf Druck jedoch kann dieser durch den Finger oder einen Stift hervorgerufen werden, da hierbei zwei elektrisch leitfähige Schichten, welche sich stellenweise berühren, die Position der Druckstelle weiterleiten. In einem 'smart Environment' könnten berührungsempfindliche Bildschirme somit überall Anwendung finden. Beispielsweise in Form von Konsolen in der Wand, wie bei Familie Müller im Eingangsbereich oder aber in Haushaltsgeräten wie Kühlschrank, Kaffeefullautomaten und überall da wo eine direkte Eingabe des Nutzers erforderlich ist. Je nach Funktionsumfang kann natürlich bei der Bildschirmgröße variiert werden und es sollte die Möglichkeit bestehen über die größeren Systeme wie dem Tablet-PC oder dem Wandpanel Zugriff auf andere Haushaltsgeräte zu haben. So könnte man unter anderem früh morgens nach dem Abstellen des Weckers einfach auf ein im Anschluss angezeigtes Kaffeemaschinensymbol tippen und in der Küche würde der Kaffeefullautomat anspringen. Aber auch im Bereich des 'smart Office' gäbe es zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten der Touchscreens. Angefangen bei den mobilen Geräten wie Smartphones oder Notebooks bis hin zum intelligenten Whiteboard oder dem Display zur Druckersteuerung. Hier noch ein paar Besonderheiten welche bei Touchscreens beachtet werden sollten:

- Interaktionselemente müssen groß genug sein für die Bedienung
- Interaktionselemente müssen den nötigen Abstand aufbringen um eindeutig betätigt werden zu können (Ausnahmen möglich)
- Ein- und Ausgabeelemente müssen nah beieinander sein, um schnell nach der Aktion ein Feedback wahrzunehmen

- Interaktionselemente so anordnen dass sie bei der Bedienung nicht verdeckt werden (Rechts- wie Linkshänder)
- wichtige Interaktionselemente wie eine Tastatur sollten am unteren Bildschirmrand positioniert werden
- um Fehlbedienungen durch geringe Fingerbewegungen vorzubeugen, sollte die Software mit einer gewissen Toleranz umgehen
- Drag-Operationen, sollten beim ‚Rubbeln‘ auf der Oberfläche oder beim kurzen Abheben des Fingers vom Display abgebrochen werden.
- Taktiler Feedback bei gültiger Eingabe (visuell, akustisch, taktil)

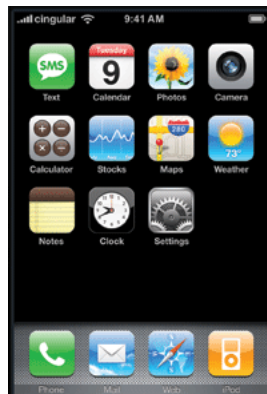


Abbildung 24: Touchscreen Anordnung der Interaktionselemente am Beispiel

3.4 Nutzerinteraktion

Der eben angesprochene Tablet-PC ist somit eine Interaktionskomponente für das 'smart Environment' und dient dazu in seiner Umgebung die Kommunikation zwischen Mensch-System so effizient wie möglich zu gestalten. Doch wie schaut das beim Einsatz in der virtuellen Umgebung aus? In dieser ist es möglich die Szenarien 'smart Home' und 'smart Office' zu visualisieren und auch mit ihr zu interagieren. Einige Einschränkungen sind jedoch dabei zu beachten. So ist es zwar möglich durch die künstliche Welt zu laufen, aber aufgrund der fehlenden Sensoren und der damit verbundenen Rückkopplung, zum steuernden Tablet-PC, können gewisse Funktionalitäten nur schwer simuliert werden. Um die zu entwickelnde Benutzerschnittstelle nicht mit zusätzlichen Funktionen auszustatten, ist es

notwendig ein weiteres Interaktionsgerät zu verwenden. Für die Navigation ist es üblich einen Flystick oder eine Spacemouse zu verwenden. Diese stellen anhand angebrachter Reflektoren, und unter Einsatz optischer Sensoren, die Position des Anwenders im Raum fest umso bestimmte Gesten mit der Hand in Aktionen umzusetzen. Bisher gibt es keine bekannte Anwendung in welcher eine virtuelle Umgebung in einer CAVE¹ oder an der mobilen PowerWall² mit einem Tablet-PC gesteuert wurde. Dies soll sich jedoch zukünftig ändern, wofür diese Arbeit eine Grundlage bildet. Die virtuelle Umgebung, welche durch den Tablet-PC gesteuert werden kann, lässt sich so praktisch einsetzen um erste Tests auf die Praxistauglichkeit durchzuführen und gegebenenfalls schon während der Entwicklung erste Korrekturen vornehmen zu können. Weiter wichtige Interaktionselemente sollen im Abschnitt 3.10.2 noch betrachtet werden.

3.5 Benutzer

Um die Anforderungen an das interaktive System definieren zu können, bedarf es einer Beteiligung der Benutzer. Sie sind die Anwender, welche später einmal bei der täglichen Arbeit mit der Software zurechtkommen müssen. Da jeder Benutzer individuelle Eigenschaften besitzt muss hier eine Trennung erfolgen, welche auf einen Großteil der späteren Anwender zutrifft. Hierzu wird eine Klassifizierung der Benutzer erstellt, welche den Zielgruppen des späteren interaktiven Anwendungssystems entspricht. Es ist festzustellen, welche besonderen Ziele, Erfahrungen, Aufgaben und Einstellungen der jeweilige Benutzer hat. Um das Anwendungssystem und ihre Benutzungsschnittstelle so gut wie möglich an die Benutzerklassen anzupassen, bedarf es beispielsweise einer Unterteilung in:

- organisatorische Rolle (in einem Betrieb)
- Erfahrungsstand (Unerfahrener Benutzer, Routinebenutzer, Experte, Gelegenheitsbenutzer)
- Marktsegmente (erwarteter Absatz eines Produktes) oder auch

¹ Cave – (Cave Automatic Virtual Environment), bezeichnet einen Raum, in welchem durch Rückflächenprojektion eine virtuelle Welt erzeugt wird, in welcher der Nutzer mit seiner Umgebung interagieren kann.

² PowerWall – stellt eine kleinere, mobile Variante der CAVE dar.

- ethnographischen Eigenschaften, wie Lebensstil und Lebenskontext (im räumlichen, wirtschaftlichen und kulturellen Kontext).

Um eine hohe Akzeptanz beim Anwender zu erreichen, muss, wie bereits erwähnt, schon bei der Entwicklung der Benutzer mit eingebunden werden. Hierbei helfen Umfragen bei den jeweiligen Benutzerklassen, welche später einmal mit dem Interface arbeiten sollen. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

3.6 Umgebung

Am Beispiel ist das zu entwickelnde Produkt die Benutzerschnittstelle zur Bedienung eines 'smart Environment'. Hierfür wurden, wie bereits angesprochen, zwei verschiedene Szenarien gewählt. Als erstes, aus dem Bereich 'smart Home', ein Wohnzimmer als Umgebung in dem die zu steuernden Elemente Fenster- sowie Türen, Jalousien und ein Fernseher ausgewählt wurden. Dies geschah aufgrund der relativ einfachen Umsetzung bei der Visualisierung. Beim 'smart Office' wurden ebenso Jalousien, Konferenzmonitor, Whiteboard in Kombination mit einem Projektor und einem Drucker sowie der Fensterabdunkelung gewählt um ein zweites Anwendungsgebiet abzudecken. Nun stellen wir einmal die gewünschten Aufgaben der beiden Szenarien gegenüber.

'smart Home'	'smart Office'
Fenster-/Türsteuerung	Whiteboard
Jalousiensteuerung	Jalousiensteuerung
Fernseherbedienung	Konferenzmonitorbedienung
	Projektor
	Drucker

Tabelle 2: Funktionsumfang ‚smart Home‘ und ‚smart Office‘

Wie in Tabelle 2 zu erkennen ist, weisen beide Szenarien einige parallelen auf. Somit muss, und sollte auch, ein wichtiger Aspekt die

modulare Gestaltung der Benutzeroberfläche sein. Denn in einem Haus sowie einem Büro können sich immer Anpassungen ergeben, welche leicht zu implementieren sein müssen. Da es sich bei den beiden Szenarien nur um einen Auszug der Möglichkeiten handelt, welche in einer realen Umgebung zum Einsatz kommen können, wird die Liste der Anwendungen um ein vielfaches größer sein als hier aufgeführt und somit dementsprechend komplexer.

3.7 Kontexte

Unter welchem Bedingungen ein Nutzer das interaktive Anwendungssystem bedient ist oftmals durch organisatorische Strukturen oder Arbeitsabläufe geregelt. In einem 'smart Office', also Büro, gibt es beispielsweise eine weitestgehend formale Organisation durch die Regeln und Struktur des Unternehmens welche unter anderem die Arbeitsteilung beschreiben. Diese formale Organisation wird jedoch begleitet durch eine informale Organisation, welche sich nicht trennen lässt sondern sich eher mit dieser ergänzt. Gründe für informale Organisation können persönliche Ziele und Interessen von Mitarbeitern sein oder auch soziale Strukturen innerhalb eines Unternehmens. Diese lassen sich nicht unterbinden und müssen somit als zusammengehörig betrachtet werden. Doch in welchem Zusammenhang steht dies mit dem 'smart Environment'? Im 'smart Office' kann, bedingt durch die immer weiter vernetzte Struktur der Geräte, eine verstärkte Kommunikation unter den Mitarbeitern über diese Kanäle hervorgerufen werden. Dies ist nicht im Sinne des Unternehmens – auf den ersten Blick. Doch muss man hier differenzieren. Egal wie sehr man es einschränkt oder versucht zu unterbinden, der Kreativität des Menschen sind keine Grenzen gesetzt und so wird er immer Mittel und Wege finden diese informalen Strukturen zu bilden. Ziel des Unternehmens sollte es also sein, sie in das Arbeitsfeld mit einzubinden um es weitestgehend kontrolliert zu halten. Gleichfalls bedeutet es für das Unternehmen auch eine Steigerung der Effizienz, denn ein Mitarbeiter, welcher sich am Arbeitsplatz nicht von seinem sozialen Umfeld abgeschnitten fühlt, ist zufriedener. Für den Bereich 'smart Home' kann das Einbinden dieser Kommunikationskanäle als Mittel genutzt werden um den Anwender spielerisch an die neue Technik heranzuführen. Dies schafft Sicherheit im Umgang mit dem Anwendungssystem und erzeugt Vertrauen, welches

einen sehr wichtigen Aspekt zur besseren Akzeptanz darstellt. Neben der formalen und informalen Organisation ist weiterhin der Körperlich-Räumliche Kontext von Bedeutung, um einerseits den Benutzer in seinem (Arbeits-)Umfeld zu betrachten und andererseits das System, welches – somit Einfluss nehmend – in die Umgebung integriert werden soll. Da diese Betrachtungen den Rahmen dieser Arbeit sprengen würden, werden auch diese hier nicht weiter ausgeführt. Zu erwähnen sei jedoch noch, dass das Verschmelzen von Raum und intelligenten Systemen bereits seit vielen Jahren Einzug in unser aller Leben gefunden hat. Beispiel hierfür ist die Integration von ambienten System wie Klimatisierung, Navigation oder auch Kommunikation mit dem Fahrzeug als Raum. Und auch heute noch ergänzen immer neue intelligente Systeme dieses Konzept. Somit muss zukunftsweisend darauf geachtet werden die Schnittstelle, sinnbildlich gesehen, nicht zu eng zu gestalten, um Spielraum für neues zu lassen. Nachdem nun einzeln der Benutzer in seinem Umfeld und das zu integrierende System in seiner Umgebung betrachtet wurden, muss als nächstes der soziotechnische Kontext zwischen Mensch und System Beachtung finden. Dafür wird eine Analyse von Mensch, Technik und Organisation (MTO) ganzheitlich betrachtet. Beispiele hierfür sind Arbeitsabläufe beziehungsweise Prozessabläufe, welche je nach Umgebung, in welcher sich der Mensch bewegt, organisiert werden müssen. Im Falle des Benutzerinterfaces kann beispielsweise ein mobiles Tablet immer genau den Teil des Hauses darstellen indem sich der Nutzer (Familienmitglied) befindet. Somit ist gewährleistet dass alle, für diesen Bereich, nötigen Optionen schnell und durch wenige Schritte verfügbar sind. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

3.8 Personas

Um die Benutzerklassen, welche einmal in den vorgegebenen Szenarien agieren sollen noch weiter zu konkretisieren, werden diese in Personas beschrieben, welche fiktive Personen darstellen. Sie unterstützen den Entwickler bei der Analyse sowie Definition der Anforderungen des interaktiven Systems und werden detailreich bezüglich Zielen, Fertigkeiten, Kenntnissen, Präferenzen und Verhalten definiert. Sie präsentieren einen Durchschnitt der Benutzer, welche sich mit dem interaktiven System einmal auseinandersetzen sollen. Wichtig ist außerdem dass man sich die

Personas vorstellen kann. Sie sollten also greifbar sein. Für den Bereich 'smart Home' soll hier einmal die Familie Müller vorgestellt werden, welche mit dem interaktiven System einmal umgehen soll. Auf Fotos wurde aus Rechtegründen verzichtet, diese können jedoch bei einer praktischen Anwendung unterstützend sein. Ebenso beschränkt sich die Beschreibung der Personas auf fünf Personen hier. Denn sie sollen für die Bachelorarbeit begrenzt, einen Ausschnitt der späteren Anwender des Tablet-PCs darstellen.

Bernd Müller ist 36 Jahre, verheiratet und Vater von zwei Kindern im Alter von 8 und 12 Jahren. Er lebt mit seiner Familie seit kurzem in einem intelligenten Haus, für welches ihn seine Frau begeistert hat. Er selbst möchte zwar auch die Vorzüge der neuen Technologie nutzen, tut sich aber oftmals schwer beim Umgang mit dieser. Als Musiklehrer liegen seine Interessen beim Entertainment-System des Hauses, welches er gern überall im Haus nutzt. Aber er genießt auch den Komfort des Hauses, welches ihm tägliche Routineaufgaben abnimmt. Seine Sprachkenntnisse beschränken sich auf die Muttersprache Deutsch sowie Englisch. Seine Frau Erika Müller, 34 Jahre, kam aufgrund ihrer Tätigkeit als Systemadministrator eines mittelständigen Unternehmens in Kontakt mit dem 'smart Home' und war sofort begeistert. Da sie schon beruflich bedingt ständig mit neuer Technik konfrontiert wird, fällt es ihr leicht diese schnell zu verstehen und anwenden zu können. Vom Einkauf bis hin zur Hausarbeit nutzt sie sämtlichen ihr zur Verfügung stehenden Komfort des Hauses. Ihre Sprachkenntnisse sind Deutsch, Englisch sowie etwas Spanisch. Tochter Lieschen, 12 Jahre, geht in die 6. Klasse und besitzt durch die Schule Computerkenntnisse. Daheim beschränkt sie die Anwendung der neuen Technik jedoch auf das nötigste, da ihre Interessen anderweitig sind. Auch sie nutzt gern mal das Entertainment-System des Hauses um sich die neusten Alben ihrer Lieblingsband anzuhören oder mit Freunden zu telefonieren oder zu chatten. Außer Deutsch kann sie noch ein wenig Englisch aus der Schule. Sohn Martin, 8 Jahre, ist schon jetzt wie seine Mutter technikbegeistert und lernt sehr schnell, wenn es darum geht neue Geräte zu bedienen und einzusetzen. Seine Hobbys sind die Nachmittage an der Spielkonsole zu verbringen oder aber mit Freunden auf dem Rasen vorm Haus zu spielen. Eine Fremdsprache hat er bisher noch nicht gelernt. Oma Petra Sommer, 57 Jahre, ist das letzte Mitglied der Familie. Sie wohnt zwar nicht mit im Haus, aber ist oft zu Besuch, da sie

nur wenige Fußminuten entfernt wohnt und gelegentlich auf die Kinder aufpasst. Sie hat keinerlei Computerkenntnisse, aber ist begeistert von den Möglichkeiten, welche das neue Haus bieten. Ihre Lernbereitschaft ist sehr hoch und deshalb verbringt sie viel Zeit bei ihren Besuchen mit dem Studium der Technik.

Die hier aufgeführten Ausführungen zu den Personas können für ein noch besseres Verständnis der Personas natürlich weiter ausgebaut werden, doch darauf soll aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet werden. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

3.9 Persona-Lebenszyklus

Zunächst einmal müssen die nötigen Vorbereitungen getroffen werden um eine Auswahl relevanter Personas zu erstellen. Hierzu ist es nötig eine Datensammlung durchzuführen. Dies kann mithilfe von Marktforschungsdaten, Online-Befragung usw. geschehen. Weiterhin muss ein gemischtes Team aus den Bereichen Marketing, Vertrieb, Beratung und Support zusammengestellt werden, welches für die Erstellung der Personas verantwortlich ist und wessen bewusst ist, wofür dies notwendig ist. Nachdem die wesentlichen Benutzertypen klassifiziert wurden, geht es an die konkrete Erstellung der Personas. Hierbei sollten kleinere Gruppen getrennt voneinander für die Erstellung verantwortlich sein und zur Verbesserung der Personas das gesamte Team dazu diskutieren. Nach Festlegung der Personas müssen diese nun in den Anwendungsbereich eingeführt und angewandt werden um sie anschließend noch einmal, anhand der gewonnen Erkenntnisse, zu verbessern sowie gegebenenfalls zu ergänzen. Später werden die Personas noch in den Produktlebenszyklus integriert um zu schauen ob sie optimal gewählt waren oder anderenfalls ausgetauscht werden müssen. (vgl. Herczeg, 2009)

3.10 Qualitätsmerkmale

In diesem Kapitel soll es darum gehen die Stärken und Schwächen eines interaktiven Systems zu analysieren um auftretende Schwachstellen bei der Ursache zu bekämpfen ohne dabei nur Ausbesserungen vornehmen zu müssen. Für diesen Zweck wurden die unterschiedlichsten Kriterien und

Kriteriensysteme erarbeitet und in Form von Normen oder Styleguides eingeführt. Doch dazu später noch mehr. Als Grundlage der Strukturierung dieser Normen wurde das sogenannte IFIP-Modell (IFIP – International Federation for Information Processing) für Benutzerschnittstellen entwickelt. Dieses verweist auf Ein-/Ausgabeschnittstelle, die Dialogschnittstelle, die Werkzeugschnittstelle sowie die Organisationsschnittstelle.

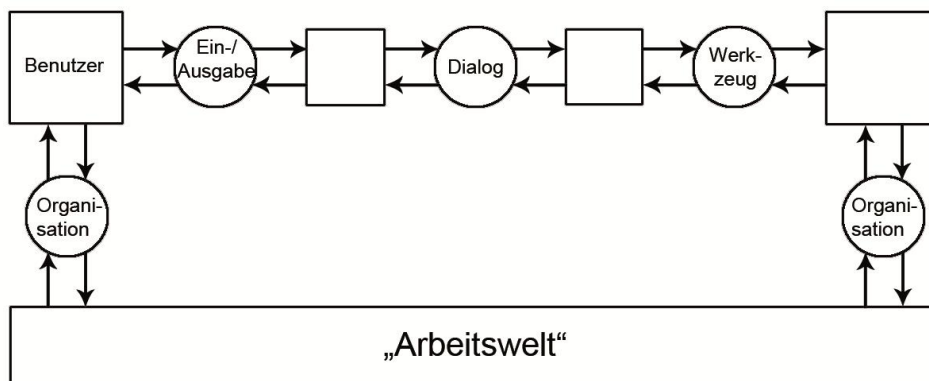


Abbildung 25: IFIP-Modell für Benutzerschnittstellen (nach Dzida, 1983)

Diese Schnittstellen werden nun noch Kriterien zugeordnet um das interaktive System untersuchen und bewerten zu können. Dabei sollen diese so anwendungsneutral wie möglich sein um sie auf eine Vielzahl von Anwendungsbereichen übertragen zu können. (vgl. Herczeg, 2009)

Ein-/Ausgabe:

- Wahrnehmbarkeit
- Handhabung
- Zuträglichkeit
- Lesbarkeit
- Unterscheidbarkeit
- Orientierungsförderlichkeit
- Lenkbarkeit der Aufmerksamkeit
- ...

Dialog:

- Aufgabenangemessenheit
- Selbstbeschreibungsfähigkeit
- Steuerbarkeit
- Erwartungskonformität
- Fehlerrobustheit
- Individualisierbarkeit
- Lernförderlichkeit
- ...

Werkzeug

- Wiederverwendbarkeit
- Zuverlässigkeit
- Erweiterbarkeit
- Verfügbarkeit
- Kombinierbarkeit
- ...

Hier sind also klare Parallelen bei der im Grundlagenteil aufgeführten Mensch-System-Kommunikation zu erkennen. Im Folgenden sollen einige dieser Kriterien näher betrachtet werden um sie in den Kontext mit der zu entwickelnden Benutzerschnittstelle zu setzen. Hierfür steht an oberster Stelle, die in der ISO 9241-11 aufgeführten Gebrauchstauglichkeit, wie folgt:

„Das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen.“

Eingeteilt wird dieses Kriterium in die drei Teilkriterien:

- Effektivität
- Effizienz und
- Zufriedenstellung

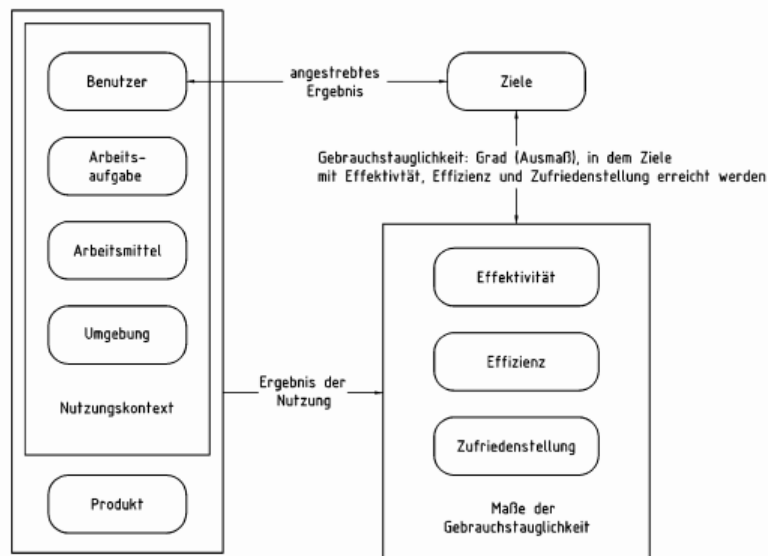


Abbildung 26: Anwendungsrahmen für Gebrauchstauglichkeit (nach ISO 9241-11)

Die Effektivität stellt ein Maß dar, wie ein vorher definiertes Ziel erreicht wurde. In ISO 9421-11 wird sie wie folgt definiert:

„Die Genauigkeit und Vollständigkeit mit der Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen.“

Die Effizienz ist ein Maß für die Wirtschaftlichkeit, also das Verhältnis von eingesetzten Kosten zum daraus resultierenden Nutzen. Auch diese wird in der ISO 9421-11 erläutert:

„Der im Verhältnis zur Genauigkeit und Vollständigkeit eingesetzte Aufwand, mit dem Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen.“

Als letztes Teilkriterium wird die Zufriedenstellung aufgeführt. Diese stellt die subjektive Wahrnehmung des Anwenders eines interaktiven Systems dar und wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Die Voraussetzung für die Zufriedenstellung des Nutzers ist hierbei die Erfüllung seiner Erwartungen, ohne dabei gelangweilt oder überfordert zu sein. Am Beispiel der Benutzerschnittstelle ist der Anwender dann zufrieden, wenn er mit dem ihm zur Verfügung stehenden Mittel auf

schnellem und einfachem Weg sein Ziel erreicht und Freude dabei empfindet dieses Produkt zu besitzen oder es zu nutzen. Allgemein beschrieben wird die Zufriedenstellung in der ISO 9421-11 mit:

„Freiheit von Beeinträchtigungen und positive Einstellungen gegenüber der Nutzung des Produkts.“

3.10.1 Funktionale Kriterien

Weiterhin von Bedeutung sind die sogenannten funktionalen Kriterien. Diese sind laut Herczeg (Herczeg 2009, S.163) nicht standardisiert, aber finden sich seit vielen Jahren in unterschiedlichsten Diskussionen von Wissenschaftlern und Praktikern, im Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit interaktiver Systeme, immer wieder. Genannt werden immer wieder:

- Verfügbarkeit
- Zuverlässigkeit
- Wiederverwendbarkeit
- Kombinierbarkeit
- Erweiterbarkeit
- Komplexität
- Transparenz

Diese funktionalen Kriterien sollen im Folgenden einmal genauer im Bezug zur zu entwickelnden Benutzerschnittstelle betrachtet werden. Im Falle der Verfügbarkeit sollte eine Funktion grundsätzlich zwar jederzeit von jedem Systemzustand aus aufrufbar sein, jedoch muss hierbei der Aspekt der Effizienz beachtet werden. So ist es wichtig, dass egal in welchem Raum man sich mit dem Tablet-PC befindet, immer unmittelbar für diesen Bereich verfügbare Funktionen im Vordergrund stehen, so dass der Anwender auf kürzestem Weg eine gewünschte Aktion ausführen kann ohne sich lange durch komplexe Menüstrukturen hangeln zu müssen. Ausnahmen hierbei können unter anderem sicherheitsrelevante Gründe seien, welche eine räumliche Anwesenheit des Nutzers erfordern und somit

eine ständige Verfügbarkeit einer bestimmten Systemfunktionalität nicht gewährleisten.



Abbildung 27: Benutzerinterface – lokale Verfügbarkeit – Sicherheitsaspekt

Um die Zufriedenstellung des Anwenders aufrecht zu erhalten, sollten Einschränkungen im Funktionsumfang hinreichend durch entsprechende Systemmeldungen erläutert werden. Dies gilt ebenso für die Zuverlässigkeit, für den Fall dass ein gewünschter Systemzustand nicht erreicht werden kann. Grundsätzlich steht die Zuverlässigkeit im Zusammenhang mit der Erwartungskonformität, welche ein Nutzer vom Anwendungssystem hat. Eine Funktion sollte also zuverlässig ausgeführt werden können um ein angestrebtes Ziel zu erreichen. Da der Anwender eines interaktiven Systems das erlernte Wissen gern möglichst vielfältig anwenden möchte, ist es hilfreich, immer wiederkehrende Funktionen oder auch Elemente in das System einzubinden, welche einen Wiedererkennungswert haben und somit die Bedienung der Benutzerschnittstelle intuitiv gestalten. Die Transferierbarkeit von Wissen trägt somit ebenso zu einer sicheren Handhabung des interaktiven

Systems bei und lässt den Nutzer effizienter Arbeiten und stellt ihn ebenso zufrieden. Neben der Wiederverwendbarkeit ist weiterhin die Kombinierbarkeit aufgeführt. Diese kann beispielsweise durch das Festlegen von Routineaufgaben in Form von Programmabläufen realisiert werden. Für den Bereich 'smart Home' könnte dies wie folgt aussehen. Frau Müller aktiviert morgens nach dem Aufstehen eine selbst zusammengestellte Aktionsliste, welche vom interaktiven System sequentiell ausgeführt wird. Dieses fährt automatisch die Rollläden hoch und öffnet die Fenster des Schlafzimmers für 10 Minuten zur Lüftung des Raums. Außerdem wird in der Küche der Kaffeevollautomat aktiviert und die aktuellsten Tagesmeldungen werden auf dem im Kühlschrank integrierten Display dargestellt. Diese Funktionalität stellt ein Mittel zur Zufriedenstellung von Experten oder Routinebenutzern des interaktiven Systems dar, nicht jedoch für Gelegenheitsnutzer oder unerfahrene Anwender. Ein weiteres funktionales Kriterium ist die Erweiterbarkeit des interaktiven Systems. Dies ist notwendig um etwaige Systemanpassungen vornehmen zu können. So wäre es denkbar dass im 'smart Home' oder 'smart Office' neue Geräte installiert und/oder alte deinstalliert werden. Dies erfordert gegebenenfalls eine Anpassung der Benutzerschnittstelle. Sollte beispielsweise im Konferenzraum des 'smart Office' ein Soundsystem angebracht werden ist hierfür eine Erweiterung des Funktionsumfangs nötig um dieses neue Modul benutzen zu können. Abgesehen von der Erweiterbarkeit sollte hier beim Austausch eines bereits vorhandenen Geräts, wie beispielsweise dem Drucker, darauf geachtet werden, dass die Steuerung möglichst ohne Änderungen übernommen werden kann. Dies erfordert somit kein Umlernen beim Anwender so dass dieser das Gerät weiterhin wie bisher bedienen kann. Sollte der Drucker jedoch eine neue Funktion aufweisen, welche integriert werden soll, so ist darauf zu achten dass sich diese möglichst leicht implementieren lässt. Hierbei hilft die Endbenutzerprogrammierung, welche es den ‚normalen Anwender‘ ermöglicht auch ohne Programmierkenntnisse das interaktive System zu erweitern. Dies führt zum nächsten Kriterium der Komplexität. Diese definiert sich durch die Eigenschaften eines Anwendungsbereichs, bedingt durch Umfang, Struktur und Funktionalität des interaktiven Systems. Da bedingt durch die starke Vernetzung und der Vielzahl an Funktionen in einem 'smart Environment' die Komplexität des Systems sehr hoch ist, ist es notwendig dem Anwender dies möglichst einfach zu vermitteln um die

drei Leitkriterien der Gebrauchstauglichkeit zu gewährleisten ohne ihn durch eine komplizierte Strukturen zu überfordern. Im Falle des 'smart Home' wäre es beispielsweise nicht sinnvoll beim Aufenthalt im Wohnzimmer sämtliche Funktionen des restlichen Hauses auf dem Tablet-PC anzuzeigen. Als letztes hier aufgeführtes funktionales Kriterium soll die Transparenz eines interaktiven Systems beleuchtet werden. Diese steht ebenso im Zusammenhang mit der Erwartungskonformität des Benutzers, welche eine intuitive Handhabung des Systems gewährleistet. Hilfreich hierfür sind unter anderem, die im Grundlagenteil genannten Metaphern, welche dem Anwender durch ihren Wiedererkennungswert sagen, dass er das System ‚verstanden‘ oder ‚begriffen‘ hat. Transparenz soll aber in diesem Zusammenhang nicht beschreiben, dass der Anwender des interaktiven Systems in seiner Arbeit versteht, sondern lediglich die Übertragbarkeit seines Wissens zur Bedienung einzusetzen weiß. (vgl. Herczeg, 2009)

3.10.2 Dialogkriterien

Die Interaktion zwischen einem Benutzer und einem Dialogsystem wird als Dialog betrachtet, wenn damit ein bestimmtes Ziel verfolgt wird. Um diese Interaktion zu gewährleisten muss man die Dialogführung über technische Mittel wie einem Formulardialog, über Menüsteuerung, direkte Manipulation, über eine Kommandosprache oder einer Mischform davon realisieren. Als Dialogschnittstelle für interaktive Systeme wurden in der ISO 9241-110 folgende Dialogkriterien aufgeführt:

- Aufgabenangemessenheit
- Selbstbeschreibungsfähigkeit
- Erwartungskonformität
- Lernförderlichkeit
- Steuerbarkeit
- Fehlertoleranz
- Individualisierbarkeit

Im Folgenden soll auf die oben genannten Kriterien eingegangen werden um sie anhand der zu entwickelnden Benutzerschnittstelle anzuwenden.

Die Aufgabenangemessenheit wird in der ISO 9241-110 wie folgt formuliert:

„Ein interaktives System ist aufgabenangemessen, wenn es den Benutzer unterstützt, seine Arbeitsaufgabe zu erledigen, d.h., wenn Funktionalität und Dialog auf den charakteristischen Eigenschaften der Arbeitsaufgabe basieren, anstatt auf der zur Aufgabenerledigung eingesetzten Technologie.“

Die Kriterien Effektivität und Effizienz stehen somit in Verbindung mit der Aufgabenangemessenheit. Für das entwickeln einer grafischen Benutzerschnittstelle eines Tablet-PCs kann das wie folgt aussehen. Frau Müller möchte, in den nächsten Tagen, gern etwas Gesundes kochen und das mit den ihr zur Verfügung stehenden Lebensmittel, welche noch vorhanden sind. Da der Kühlschrank in Vertretung für das interaktive System über den aktuellen Lebensmittelbestand verfügt, kann er aufgrund dieser Daten eine Anfrage an eine Datenbank mit Kochrezepten stellen, woraufhin diese ihm eine Auswahl an gesunden Gerichten vorschlägt. Um das Suchergebnis einschränken zu können, werden Frau Müller weitere Optionen angezeigt, wie beispielsweise eine Untergliederung in herzhaft oder süß. Nachdem ein Rezept ausgewählt wurde kann Frau Müller noch das Datum eintragen. Dieses wird durch eine Eingabevorbelegung des Datumsformats angezeigt oder lässt sich optional über einen Kalender auswählen. Als Feature könnte noch eine Favoritenliste bei der Auswahl mit eingebunden werden, wobei zutreffende Rezepte immer an oberster Stelle stehen und entsprechend markiert sind. An diesem Beispiel lässt sich zeigen, dass Frau Müller durch eine Vielzahl von Entscheidungshilfen schnell ihr gewünschtes Ziel erreicht ohne dabei unnötig einer mentalen Belastung ausgesetzt zu sein. Unnötige Dialogschritte, welche beispielsweise vom System ausgeführt werden können, sollten also vermieden werden.

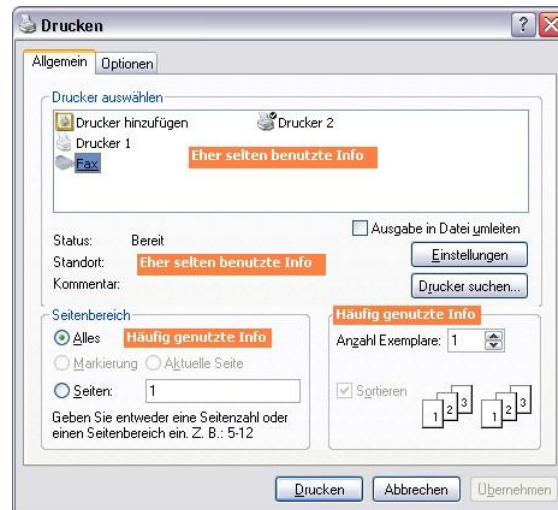


Abbildung 28: Drucken-Dialog

Als Beispiel dient hier ein Druck-Dialog, welcher, wie in Abbildung 28 ersichtlich, keine förderliche Entscheidungshilfe gibt. Häufig genutzte Elemente stehen am Ende des Dialogs und umgekehrt, selten genutzte stehen vor an. In Abbildung 29 wird derselbe Druck-Dialog einmal in etwas abgeänderter Form gezeigt, bei welchem die Anordnung nach Häufigkeit der Nutzung sortiert wurde. Somit fallen Auswahlkriterien, welche immer wieder verwendet werden, dem Betrachter als erstes ins Auge.

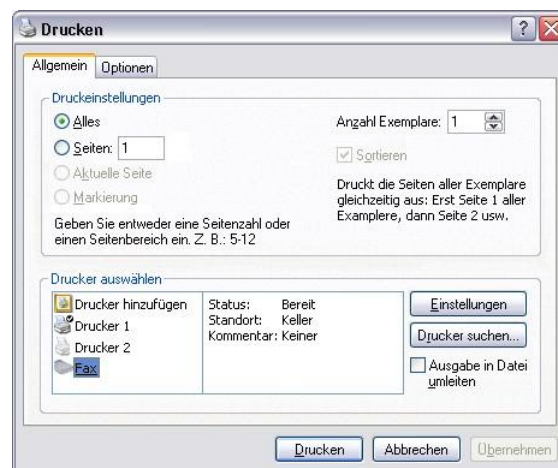


Abbildung 29: Optimierter Drucken-Dialog

3.10.2.1 Selbstbeschreibungsfähigkeit

Wie bereits angesprochen muss eine Benutzerschnittstelle intuitiv zu bedienen sein. Hierbei sollte die Selbstbeschreibungsfähigkeit *unmittelbar verständlich* sein. Eine Anzeige für Zustandsänderungen des Systems, wie die Meldung über eine erwartete Eingabe, den weiteren Programmablauf oder das Ergebnis einer Aktion sind hierbei zielführend. Ebenso kann die Selbstbeschreibungsfähigkeit durch Icons unterstützt werden, welche unmittelbar auf die damit verbundene Funktion hindeutet. Wenn erforderlich können Elemente auch beschriftet sein um den Erkennungswert zu erhöhen. Ein Beispiel für die Selbstbeschreibungsfähigkeit beim Benutzerinterface könnte hierbei sein, dass ein Symbol mit einem Brief, auf das Vorhandensein von neuen beziehungsweise ungelesenen Mitteilungen hinweist. Am Beispiel der Rezeptauswahl sollte Frau Müller einen Hinweis erhalten was der aktuelle Systemstatus für eine Eingabe erfordert. Eine weit verbreitete Symbolik sind beispielsweise bei DVD-Playern oder allgemein Audio-/Video-Playern die weitestgehend einheitlichen Schaltflächen für 'Abspielen', 'Stopp', 'Pause', 'Titelauswahl' usw.. (vgl. Herczeg, 2009)



Abbildung 30: Symbolik beim Audio-/Video-Player

3.10.2.2 Erwartungskonformität

Beim Umgang mit Computersystemen bilden sich beim Benutzer mentale Modelle von dem was er tut. Diese Erfahrungen bringen eine gewisse Erwartung mit sich wie sich ein System verhält. In der ISO 9241-110 wird sie wie folgt definiert:

„Ein Dialog ist erwartungskonform, wenn er den aus dem Nutzungskontext heraus vorhersehbaren Benutzerbelangen sowie allgemein anerkannten Konventionen entspricht.“

Egal was der Anwender eines interaktiven Systems tut, immer sind seine Aktionen mit einer Erwartung verknüpft. Wenn Herr Müller beispielsweise auf dem Tablet-PC das Symbol mit dem Brief drückt, erwartet er, dass sich binnen weniger Sekunden ein Fenster öffnet und ihm die aktuelle Mailliste anzeigt. Je nachdem wie die Erfahrung mit diesem oder ähnlichen Systemen ist, kann, wie bereits angesprochen, die zu erwartende Zeit zwischen einem Bruchteil einer Sekunde bis mehreren Sekunden liegen. Sollte aber das Aufrufen dieser Liste länger als 3 bis 4 Sekunden dauern, erwartet Herr Müller eine Meldung oder einen Fortschrittsbalken, welcher ihn über den Systemstatus informiert. Dasselbe gilt bei Abschluss einer Aktion, wenn Frau Müller beispielsweise von unterwegs aus, wie zu Beginn beschrieben, die Herdplatte deaktiviert. Auch hier erwartet sie eine Bestätigung dass dies erfolgreich - oder auch nicht - ausgeführt wurde. Aber auch bei Schaltflächen oder Formularfeldern möchte man informiert werden was für Auswirkungen das drücken dieser Schaltfläche hat oder was in diesem Formularfeld einzutragen ist. Bei Schaltflächen, welche oftmals auftreten, wie das Bestätigen oder Abbrechen einer Aktion, erwartet man zudem, dass sie immer an derselben Position platziert sind. Es ist also wichtig die Informationen, welche man dem Benutzer vermittelt, strukturiert und organisiert sind, so dass es von ihm als natürlich empfunden wird. (vgl. Herczeg, 2009)

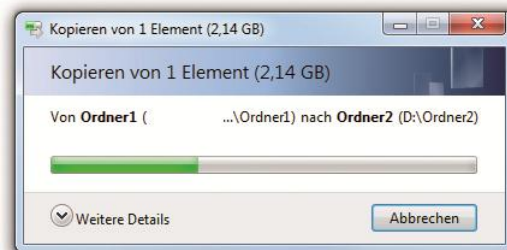


Abbildung 31: Fortschrittsbalken

3.10.2.3 Lernförderlichkeit

Hierzu steht in der ISO 9241-110:

„Ein Dialog ist lernförderlich, wenn er den Benutzer beim Erlernen der Nutzung des interaktiven Systems unterstützt und anleitet.“

Klassisches Mittel hierfür ist ein Hilfe-System, wie es heutzutage bei fast allen Softwarepaketen angeboten wird. In Bezug auf die grafische Benutzerschnittstelle wäre ein Symbol mit einem Fragezeichen denkbar, welches bei Bedarf betätigt werden kann. Sollte also einmal ein Bedienobjekt oder etwas anderes unklar sein, kann anschließend einfach darauf getippt werden und ein entsprechender Hilfedialog wird gestartet. Weitere Unterstützung der Lernförderlichkeit kann durch Tutorials erreicht werden. Diese können beispielsweise in Form von Videos oder Präsentationen eine schrittweise Erläuterung für einen Prozess liefern. Herczeg schreibt hierzu, dass ein unerfahrener Benutzer sich in einem Stadium des formen eines mentalen Modells befindet, während ein Routinebenutzer dies bereits zur effizienten Arbeit nutzt und nur noch verfeinert. Um jedoch keinen gegenteiligen Effekt beim Benutzer zu erreichen, ist es hilfreich, ihm nicht zwingend sämtliche Informationen aufzudrängen, sondern die Hilfestellung so minimal wie möglich zu halten und nur bei Bedarf weitere zur Verfügung zu stellen. Hierzu dient beispielsweise die Selbstbeschreibungsfähigkeit von Symbolen oder deren einfache Bezeichnung. (vgl. Herczeg, 2009)



Abbildung 32: Selbstbeschreibungsfähigkeit von Icons

3.10.2.4 Steuerbarkeit

Diese wird in der ISO 9241-110 wie folgt beschrieben:

„Ein Dialog ist steuerbar, wenn der Benutzer in der Lage ist, den Dialogablauf zu starten sowie seine Richtung und Geschwindigkeit zu beeinflussen, bis das Ziel erreicht ist.“

Am Beispiel der Rezeptauswahl für ein zu kochendes Gericht der nächsten Tage, lässt sich zeigen, dass Frau Müller nach der getroffenen Auswahl die Möglichkeit hat das Datum einzutragen. Dies ist jedoch eine Option und nicht zwingend erforderlich, da es keine dringende Information

darstellt. Ausnahme hierbei kann jedoch das Verfallsdatum verschiedener Lebensmittel sein. Dies könnte unterstützend als kleines Achtungssymbol hinter den Rezepten stehen um zu signalisieren, dass dieses Rezept nur innerhalb von drei Tagen zubereitet werden kann. Frau Müller kann also zu jedem Zeitpunkt die Rezeptsuche abbrechen oder sich in der Menüführung einen Schritt zurück begeben und behält somit die Kontrolle über das System. Als negatives Beispiel wäre es nicht angebracht Frau Müller zur weiteren Suche zu zwingen oder die Datumsangabe als Pflichtfeld zu deklarieren. Dies kann jedoch erforderlich sein, wenn es sich bei der auszuwählenden Eingabe um eine kritische, sicherheitsrelevante oder mitunter gefährliche Situation handelt. Bezüglich der Geschwindigkeit beim Dialogablauf, sollte diese nicht vom interaktiven System vorgegeben werden, sondern sich nach den Benutzerbelangen richten. (vgl. Herczeg, 2009)



Abbildung 33: Windows Sicherheitswarnung

3.10.2.5 Fehlertoleranz

Wie bereits im Grundlagenteil erwähnt, gibt es verschiedene Arten von Fehlern und verschiedene Mittel diese zu erkennen und zu vermeiden oder zu korrigieren. Dazu ist ein Fehlermanagement nötig, welche auftretende Fehler umgeht, wenn diese sich ereignen. Weiter werden in der ISO 9241-110 fehlertolerante Systeme wie folgt beschrieben:

„Ein Dialog ist fehlertolerant, wenn das beabsichtigte Arbeitsergebnis trotz erkennbar fehlerhafter Eingaben entweder mit keinem oder mit minimalem Korrekturaufwand seitens des Benutzers erreicht werden kann.“

Für den Fall dass bei einer Texteingabe auf dem Tablet-PC Fehler durch Vertippen auftreten, kann die Software hier durch eine automatische Texterkennung helfen. Somit ist es nicht zwingend erforderlich jeden Buchstaben exakt anzusteuern, da die Software versucht auch aus umliegenden Buchstaben sinnvolle Wörter zu bilden, sofern diese bekannt sind. Da jedoch auch Fehler auftreten können, welche einen undefinierten Systemzustand oder Systemabbruch bewirken, sollten diese unbedingt verhindert werden. Hierfür ein Beispiel aus der ISO 9241-110, welches auf beide Bereiche - 'smart Home' sowie 'smart Office' – zutreffen kann:

„Ein Druck-Dialog für ein Dokument mit 35 Seiten erlaubt es dem Benutzer, lediglich Seitenzahlen im Bereiche 1 bis 35 einzugeben.“

3.10.2.6 Individualisierbarkeit

Da Systeme für eine große Benutzergruppe entwickelt werden, kann hierbei nicht auf individuelle Wünsche eingegangen werden. Trotzdem sollte die Möglichkeit bestehen dieses in bestimmten Grenzen zu ermöglichen um somit eine Individualisierbarkeit zu erreichen. Definiert wird dies in der ISO 9241-110 wie folgt:

„Ein Dialog ist individualisierbar, wenn Benutzer die Mensch-System-Interaktion und die Darstellung von Informationen ändern können, um diese an ihre individuellen Fähigkeiten und Bedürfnisse anzupassen.“

Weiterhin wird aufgeführt, dass Individualisierung ein Mittel zur Barrierefreiheit darstellen kann. So wäre es bei einem Tablet-PC vorstellbar, dass ein Bildbereich je nach Positionierung des Fingers separat vergrößert wird um für Benutzer mit Sehschwächen eine Unterstützung zu bieten. Ebenso wäre es denkbar den Bildschirminhalt in Form einer akustischen Ausgabe darzustellen. Ein anderes Mittel Individualisierung zu erreichen ist, wenn dem Benutzer verschieden Wege zur Verfügung gestellt werden um ein Ziel zu erreichen. So ist zum Beispiel eine Funktion, im Szenario 'smart Home', über die symbolische Darstellung des Wohnzimmers auf dem Bildschirm erreichbar oder über eine Menüstruktur. Denkbar wäre ebenso eine Sprachsteuerung. Im Falle der grafischen

Benutzerschnittstelle wäre es außerdem denkbar eine Individualisierung durch den Einsatz eines auswählbaren Farbschemas oder der Anordnung von häufig verwendeten Funktionen zu realisieren. (vgl. Herczeg, 2009)

3.10.3 Ein- und Ausgabekriterien

Diese Kriterien eines interaktiven Systems wurden im IFIP-Modell für Benutzungsschnittstellen der sogenannten Ein-/Ausgabeschnittstelle zugewiesen. Einige der Kriterien sollen hier mit Bezug zur Entwicklung einer Benutzerschnittstelle für einen Tablet-PC aufgeführt werden. (vgl. Herczeg, 2009)

3.10.3.1 Wahrnehmbarkeit

Nach Herczeg ist die Wahrnehmbarkeit von Informationen ein unbewusster Prozess, welcher eine unabdingbare Voraussetzung für die höhere Verarbeitungsleitungen ist. Vorgaben für Mindestwerte bei der Darstellung von Informationen sind laut ihm beispielsweise Helligkeiten, Kontraste, Lautstärken oder Kräfte. Hinweise für Mindestanforderungen und Empfehlungen zur Gestaltung interaktiver Systeme für eine angemessene Wahrnehmbarkeit der Systemausgaben sind in folgenden Normen zu finden (vgl. Herczeg, 2009):

- ISO 9241-12: Informationsdarstellung
- ISO 9241-300 bis ISO 9241-307: elektronische optische Anzeigen

3.10.3.2 Lesbarkeit

„Auf Grundlage der Wahrnehmbarkeit lassen sich spezifische Wahrnehmungsleistungen wie Lesbarkeit von Zeichen und Texten betrachten. [...] Die Lesbarkeit von Zeichen und Texten resultiert neben allgemeinen Wahrnehmbarkeitsgesetzmäßigkeiten aus den Zeichengrößen, Zeichenformen sowie aus den Zeichen- und Zeilenabständen.“ (vgl. Herczeg, 2009)

Empfehlend zur angemessenen Lesbarkeit und Unterscheidbarkeit ist, dass die Zeichen in ihrer Gestaltung und Darbietung verwechslungssicher sein sollten. In der ISO 9241-304 sind weitere Hinweise zur Darstellung von Zeichen auf Bildschirmen zu finden. (vgl. Herczeg, 2009)

3.10.3.3 Unterscheidbarkeit

Egal ob visuelle, auditive oder haptische Ausgaben, für alle gilt, dass Informationen über diese Kanäle unterscheidbar sein sollten. Das Zusammenspiel von Wahrnehmbarkeit und Unterscheidbarkeit ist somit auch ein Indiz für barrierefreie Computeranwendungen oder bei Sicherheitsfragen bezüglich Prozessführungsanwendungen. (vgl. Herczeg, 2009)

3.10.3.4 Übersichtlichkeit

Durch die richtige Anordnung und Darstellung der Informationen auf einem Bildschirm kann eine Übersichtlichkeit geschaffen werden, welche die Voraussetzung für die Transparenz eines Systems ist. (vgl. Herczeg, 2009)

3.10.3.5 Orientierungsförderlichkeit

Nur dort wo der Benutzer sich einen Überblick über das Gesamtbild der Darstellung auf einem Bildschirm machen kann, ist er in der Lage sich schnell zu orientieren. Es kommt somit darauf an, dass die richtige Platzierung der Informationen, das Informationsumfeld, die Präsentationsform sowie die Konsistenz der Darstellung gegeben sind. (vgl. Herczeg, 2009)

3.10.3.6 Lenkbarkeit der Aufmerksamkeit

Wie bereits erwähnt, ist es gelegentlich notwendig die Aufmerksamkeit des Anwenders auf ein bestimmtes Objekt beziehungsweise eine damit verbundene Aktion zu lenken. Dies kann durch Farben, Blinken, akustische Signale, Vibrationen des Tablet-PCs oder auffälligen Platzierungen der dargestellten Objekte auf dem Bildschirm realisiert werden. (vgl. Herczeg, 2009)

3.10.3.7 Handhabbarkeit

Diese beschreibt die Eingabeschnittstelle eines interaktiven Systems. Im Falle des Tablet-PCs stellt dies das Display selbst dar, welcher je nach verwendeter Technologie mit den Fingern oder einem Stift bedient werden kann. Aber auch das Display einschließende Gehäuse spielt hier mit rein. So lässt sich dies gut am iPad von Apple sowie dem Galaxy Tab von Samsung demonstrieren. Beide Geräte verfügen über externe Bedienelemente abgesehen vom Display selbst. Diese sind am Rand angebracht und sollen einige Grundfunktionen abdecken wie beispielsweise eine Menü-Taste. Beim Samsung Galaxy Tab besteht die Taste aus einer Soft-Touch-Taste, welcher durch einfache Berührung mit dem Finger eine Funktion auslöst. Dies kann beim Drehen des Tablet-PCs leicht zu einem versehentlichen Auslösen des Berührungssensors kommen. Beim iPad wurde ein Hardware-Knopf verwendet. Dieser muss durch einen stärkeren Druck, bei dem ein gewisser Widerstand überwunden werden muss, ausgelöst um somit die Funktion auszuführen. Somit ist es wesentlich schwieriger diesen aus Versehen beim Drehen des Displays auszulösen. Somit eine technisch bessere Lösung um Eingabefehler zu vermeiden und die Handhabbarkeit zu erhöhen. (vgl. Herczeg, 2009)

3.10.3.8 Zuträglichkeit

Dies steht im Zusammenhang mit den Ein- und Ausgabemöglichkeiten des Anwenders und in welchem Arbeitsumfeld er sich befindet. So kann beispielsweise eine schlechte Bildschirmauflösung das Sehvermögen und

ein schlechtes Soundsystem das Hörvermögen belasten. (vgl. Herczeg, 2009)

3.11 Prototyping

Nachdem nun der Nutzungskontext verstanden und festgelegt wurde und die organisatorischen Anforderungen sowie Benutzeranforderungen feststehen, kann mit Entwürfen zur Gestaltungslösung begonnen werden. Folgend sollen hier ein paar wichtige Aspekte grafisch dargelegt werden um Beispiele und Möglichkeiten bei der Erstellung eines Prototyps aufzuzeigen. Dabei jedoch nicht auf alles bereits aufgeführte eingegangen werden, da auch dies den Rahmen der Bachelorarbeit sprengen würde. Speziell betrachtet werden sollen:

- Interaktionselemente
- Menüs
- Dialoge
- Formulare und Masken
- Metaphern
- Icons
- Erwartungskonformität, Konsistenz und Innovation
- Ästhetik und Freude
- Sprache
- Fehlerbehandlung
- Online-Hilfe

- Darstellungsformen



Abbildung 35: Benutzeroberfläche zur intuitiven Bedienung

Um eine einfache und intuitive Bedienbarkeit zu gewährleisten ist, wie in Abbildung 35 dargestellt, eine reale Visualisierung der Umgebung möglich. Diese lässt sich somit durch Bezeichnungen der jeweiligen Funktionsmöglichkeiten schnell und einfach bedienen. Um effizient arbeiten zu können muss es hier verschiedene Möglichkeiten geben. So können für die Bedienung, wie bereits erwähnt, Gesten mit den Fingern zum Einsatz kommen. Will man beispielsweise das Licht ein- oder ausschalten reicht ein einfaches tippen mit dem Finger auf das Symbol der Lampe. Sollte man jedoch ein spezielles Lichtszenario auswählen wollen, so könnte man durch längeres gedrückt halten ein Kontextmenü aufrufen, welches die verschiedensten Funktionen zur Lichtsteuerung darstellen. Eine denkbare Geste für das Dimmen des Lichtes wäre noch die Metapher eines Drehreglers, wie dem in Abbildung 36 welches die Wahlscheibe eines alten Telefons darstellt. Ebenso der Schieberegler in Abbildung 37 lässt eine intuitive Bedienbarkeit zu, da er durch sein Design, die symbolische Unterstützung und der Beschriftung auf die Funktion schließen lässt.



Abbildung 36: Drehregler

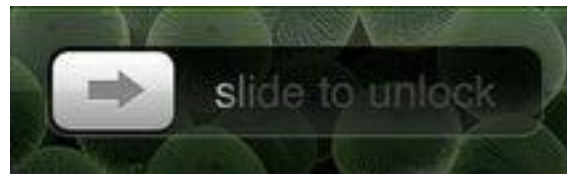


Abbildung 37: Schieberegler

Bezüglich der Kontextmenüs gibt es ebenso verschiedene Möglichkeiten der Darstellung. Beispielsweise kann ein klassisches Kontextmenü an der Position des Fingers aufgerufen werden, was je nach Objekt eine eingeschränkte Anzahl sinnvoller Operationen anzeigt. Oder aber es öffnet sich ein Pie-Menü (Marking Menu), welches durch kurze Wege und Fehlbedienung aufgrund von Vertippen überzeugen kann. Ebenso ist eine Kombination bei der Menüs (Abbildung 38) möglich um eventuell auftretende Komplexe Strukturen einfach zu gestalten.

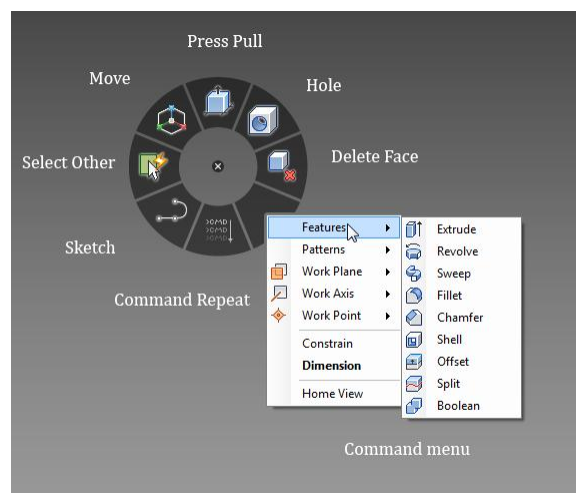


Abbildung 38: Pie-Kontext-Menü Kombination

In Abbildung 32 sind ebenso verschiedenen Darstellungen von Icons zu sehen. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass sie schnell und problemlos die Funktion darstellen, welche sich dahinter verbirgt. Unterstützt werden kann dies durch eine kurze Bezeichnung der Icons. Menüstrukturen und Icons dienen der Übersichtlichkeit der Benutzerschnittstelle ohne sie durch zu viel Text zu überladen. Ein weiteres Element sind Reiter (tabs), diese können einen Überblick über Hauptdialoge bieten. Bei Auswahl dieser werden Unterdialoge sichtbar, welche eine weitere Untergliederung der übergeordneten Dialoge aufzeigen und somit ebenso für Übersichtlichkeit sorgen. Doch was sollte noch bei der Entwicklung einer grafischen Schnittstelle beachtet werden.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die verwendete Sprache. Sie sollte keine Fachsprache enthalten um es für den Anwender verständlich zu halten. Ebenso sollten Aufforderungen neutral formuliert werden ohne dabei eine Wertung abzugeben oder die Anwendung zu personalisieren. Auch Fehlerbehandlungen spielen eine wichtige Rolle. Hierbei sollte beachtet werden, dass eine ausgegebene Fehlermeldung Informationen wie Symptom, Auswirkung, Ursache und Hinweise zur Korrektur des Fehlers enthält. Ein Fehlercode ohne jegliche Zusatzinformation ist an dieser Stelle nicht angebracht, da der Nutzer im Normalfall keine Kenntnis über den Hintergrund dieser Information besitzt. Abschließend ist zu erwähnen, dass die Darstellungsform der grafischen Benutzerschnittstelle verantwortlich ist für die Zufriedenheit des Anwenders. Es sollte also nicht nur die Funktionalität im Vordergrund stehen sondern ebenso darauf geachtet werden das die Anwendung beispielsweise durch besondere farbliche Gestaltung oder ein ansprechendes Design hervorsteht und somit Freude bei der Benutzung bereitet. Darauf ist auch der Erfolg der Firma Apple begründet. Funktionalität gepaart mit gutem Design und innovativen Ideen bilden somit die Grundlagen für ein erfolgreiches Produkt. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009)

„What is beautiful is usable.“

(Noam Tractinsky, 2000)

3.11.1 Evaluation

Evaluation ist die Analyse und Bewertung – in diesem Beispiel – der Benutzerschnittstelle eines interaktiven Systems. Diese kann bereits für definierte Teilziele herangezogen werden oder vorm Abschluss eines Projektes durchgeführt werden, um somit zu überprüfen ob die Erwartungen an das System erfüllt werden. Hierfür wurden verschiedene Testarten entwickelt, welche das Entwicklungsergebnis oder -teilergebnis untersuchen sollen. Diese Analysen können durch verschiedene Methoden realisiert werden, welche im Folgenden erläutert werden sollen. Der Expertentest ist eine Möglichkeit die fertige Benutzerschnittstelle oder den Entwurf davon – je nach Entwicklungsmodell – zu evaluieren. Dabei urteilen die Experten anhand von Normen und Erfahrungen auf die Gebrauchstauglichkeit des Produktes. Um dies ausreichend gut bewerten zu können, müssen sie mit allen nötigen Informationen, wie den Zielgruppen und den zu erfüllenden Aufgabengebieten, versorgt werden. Eine weitere Möglichkeit ist der Benutzertest. Hierbei handelt es sich um ausgewählte Benutzer, welche den Zielgruppen entsprechen die das interaktive System einmal nutzen sollen. Hierzu erhalten sie zu lösende Aufgaben, welche dem vorgesehenen Anwendungsbereich entsprechen. Bei der Ausführung der vollständigen Arbeitsabläufe sollen Fehler wie fehlende Daten oder unpassende Arbeitsschritte festgestellt werden. Ein weiterer Benutzertest ist der Einsatz von Interviews oder Fragebögen. Nachteil dieser Testverfahren ist jedoch, dass diese nicht reproduzierbar sind, aufgrund der Erfahrungen bei Experten oder der Motivation, der Tagesform oder allgemein der Umwelteinflüsse bei den Testpersonen. Zwei weitere Testmethoden sind der quantitative Test und der qualitative Test. Beim quantitativen Test geht es darum eine Messung vorzunehmen, welche beispielsweise die Bearbeitungsdauer, die Anzahl der Klicks oder die Anzahl der Fehler bei der Nutzung des interaktiven Systems feststellt. Weiter Informationen wie die Zufriedenheit oder die Befindlichkeit des Testers können anhand eines Fragebogens annähernd ermittelt werden. Der ISONORM-Fragebogen, welcher von Jochen Prümper und Michael Anft entwickelt wurde, ist an der DIN EN ISO 9241-10 angelehnt. Er beinhaltet 35 Fragen mit je fünf zu den sieben Gestaltungssätzen der Norm: Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Fehlertoleranz, Lernunterstützung, Erwartungskonformität, Steuerbarkeit und Individualisierbarkeit.

Die Software ...	---	--	-	-/+	+	++	+++	Die Software ...
ist kompliziert zu bedienen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ist unkompliziert zu bedienen.
bietet nicht alle Funktionen, um die anfallenden Aufgaben effizient zu bewältigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	bietet alle Funktionen, um die anfallenden Aufgaben effizient zu bewältigen.

Abbildung 40: Auszug aus dem ISONORM-Fragebogen

Bei den qualitativen Tests geht es darum, einen allgemeinen Eindruck zu bekommen. Hierbei werden Probleme bei der Interaktion, wie Schwierigkeiten bei der Navigation durch die grafische Benutzerschnittstelle ermittelt. All diese Tests können in einem sogenannten Usability-Labor stattfinden. Dabei werden die typischen Anwender mit den zu erledigenden Aufgaben konfrontiert um verschiedenste Daten zu sammeln. Im Falle der Arbeit mit dem Tablet-PC sind das:

- Am häufigsten verwendete Interaktionselemente und dessen Distanz zueinander.
- Der Bildschirminhalt während der Tests.
- Filmdokumentationen des Anwenders bei der Arbeit mit dem Tablet-PC um Äußerungen, Mimik, Gesten zu dokumentieren. Dabei ist der Tester angehalten seine Gedankengänge laut zu äußern.
- Messungen von Puls, Blutdruck und Herzrhythmus während der Tests.
- Messung der Augenbewegungen bei der Orientierung auf dem Bildschirm des Tablet-PCs.

Um das spätere Arbeitsumfeld beim Test mit zu berücksichtigen, sollten Räumlichkeiten gewählt werden, welche der Anwendung des Tablet-PCs im 'smart Home' beziehungsweise 'smart Office' annähernd entsprechen. Eine Evaluierung in einem Usability-Labor bringt den Vorteil,

dass die Ergebnisse reproduzierbar bezüglich der Bedingungen sind. Ebenso können störende Faktoren bei den Tests vermieden werden. Ein Format für Testberichte, welches hier zum Einsatz kommt, ist das Common Industry Format (CIF), welches einen Rahmen für Testbedingungen, Durchführung und Resultate liefern soll. Eine weitere ergänzende qualitative Methode ist die Messung der Freude eines Anwenders mit AttrakDiff. Dabei werden in Interviews Fragen zur Befindlichkeit und Zufriedenheit gestellt. Weiterhin bietet AttrakDiff noch eine quantitative Analyse der Bedienbarkeit, des Aussehens und der Attraktivität des Produktes. Bewertet wird durch 23 gegensätzliche Begriffspaare wie, 'sympathisch – unsympathisch' oder 'verwirrend – übersichtlich', auf einer Skala von 1 bis 7. Dabei werden die Ergebnisse nach Funktionalität und Emotion in ein zweidimensionales Diagramm übertragen was den subjektiven Eindruck der Attraktivität des Produktes widerspiegeln soll.



Abbildung 41: fiktives Ergebnis des AttrakDiff für die grafische Benutzerschnittstelle des Tablet-PCs

Außerhalb von Usability-Labore gibt es noch weitere Evaluierungsmöglichkeiten, so wurde durch die deutsche Akkreditierungsstelle für Technik (DATech) ein Prüfhandbuch herausgegeben, welches einen Leitfaden darstellt um eigene Prüfmethode und Anleitungen zu entwickeln, die genau auf die zu testende Software zugeschnitten ist. Es lässt sich in einigen Phasen des Softwareentwicklungsprozesses einsetzen, wie beispielsweise von den Analytikern zur Erstellung der Spezifikation, von den Entwicklern beim Design der Software oder bei den Verantwortlichen für die Abnahme des

Endprodukts. Das Prüfhandbuch beinhaltet folgende Methoden: Aufgabenanalyse, teilnehmende Beobachtung, Benutzerbefragung, Inspektion und Dokumentenanalyse. (vgl. Dahm 2006, Herczeg 2009, sozial-netz-hessen.de 2010)

4 Fazit

Ziel dieser Arbeit war es, das Konzept zur Entwicklung einer Benutzerschnittstelle zu erstellen, welche zur Interaktion in einem VR-'smart Environment' dient. Gezeigt wurde, dass es sich hierbei um einen sehr komplexen Entwicklungsprozess handelt der eine Vielzahl von Wissenschaften einbezieht, um so eine Mensch-System-Interaktion zu gewährleisten, welche den Menschen in den Mittelpunkt stellt. Dazu wurde beschrieben wie der Mensch denkt, kommuniziert, interagiert sowie seine Umgebung wahrnimmt. Es wurde gezeigt, welche Schritte bei einem benutzerorientierten Entwicklungszyklus zu beachten sind. Hierfür wurden Modelle vorgestellt, welche für die Entwicklung der Benutzerschnittstelle notwendig sind und welche Ziele sie verfolgen. Außerdem wurden Benutzeranforderungen aufgeführt und damit verbundene Personas entwickelt. All diese Erkenntnisse waren Grundlage zur Evaluierung der Benutzerschnittstelle und liefern somit die Mensch-System-Schnittstelle, welche in der virtuellen Umgebung simuliert wird. Egal ob im 'smart Home' oder im 'smart Office', zukünftig werden intelligente Systeme in allen Bereichen unsres Lebens Einzug erhalten. Erste einschneidende Erfahrungen damit machen wir bereits heutzutage bei Autos, welche Randvoll mit Technik den Komfort und die Sicherheit seiner Insassen maßgeblich erhöhen. Doch auch im Bereich Entertainment oder Haushalt werden, wie angesprochen, erste Schritte zur Vernetzung getan. Es ist also nur eine Frage der Zeit bis die Konzepte des 'smart Environment' als selbstverständlich für uns angesehen werden. Doch bis dahin ist es noch ein langer Weg und es muss viel in die Entwicklung investiert werden um das Vertrauen der zukünftigen Nutzer zu gewinnen.

Literatur- und Quellverzeichnis

Bücher

Dahm, Markus:

Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion. München 2006

Herczeg, Michael:

Software-Ergonomie. Theorien, Modelle und Kriterien für gebrauchstaugliche interaktive Computersysteme. 3. Aufl. München 2009

Mattern, Friedemann (Hrsg.):

Die Informatisierung des Alltags. Leben in smarten Umgebungen. Berlin 2007

Mattern, Friedemann (Hrsg.):

Total vernetzt. Szenarien einer informatisierten Welt. 7. Berliner Kolloquium Gottlieb Daimler- und Karl Benz-Stiftung. Berlin 2003

Meroth, Ansgar/ Tolg, Boris:

Infotainmentsysteme im Kraftfahrzeug. Grundlagen, Komponenten, Systeme und Anwendungen. Wiesbaden 2008

Pihonen, A. (Hrsg.) u.a.:

Future Interaction Design. Berlin 2005

Watzlawick, Paul u.a.:

Menschliche Kommunikation. Formen, Störungen, Paradoxien. 10. Aufl., München 2000

Fragebogen

Prümper, J. u.a.:

ISONORM 9241/10. Ergebnisse zur Reliabilität und Validität. Software-Ergonomie `97. Stuttgart 1997

Internetquellen

Apple.com:

<http://www.apple.com/de/ipad/> , 12. November 2010

Common Industry Format (CIF) für Gebrauchstauglichkeitstestberichte:

<http://zing.ncsl.nist.gov/iusr/documents/cifv1.1b.htm>, 12. November 2010

DATEch-Prüfhandbuch – Gebrauchstauglichkeit:

http://www.datech.de/share/files/Pruefhandbuch_ISO_9241.pdf,
12. November 2010

Ergo-Online.de:

<http://www.ergo-online.de>, 12. November 2010

Quadrat Home

<http://www.quadrat-home.de>, 12. November 2010

Samsung Galaxy Tab:

<http://galaxytab.samsungmobile.com/> , 12. November 2010

Software-Ergonomie:

<http://www.hessen-it.de/mm/software-ergonomie.pdf>, 12. November 2010

Touchscreen-Technologie:

http://www.elotouch.com/Technologies/compare_resist.asp,
12. November 2010

Wohnnet.at:

<http://www.wohnnat.at>, 12. November 2010

Normen

DIN EN ISO 9241-11:1998:

Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten.
Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit.

DIN EN ISO 9241-12:1998:

Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeit mit Bildschirmgeräten.
Informationsdarstellung.

DIN EN ISO 9241-110:2006:

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Grundsätze der Dialoggestaltung.

DIN EN ISO 9241-171:2008:

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Leitlinien für die Zugänglichkeit von Software.

DIN EN ISO 9241-210:2010:

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme.

DIN EN ISO 9241-300:2008:

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Einführung in die Anforderungen an elektronische optische Anzeigen.

DIN EN ISO 9241-302:2008:

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Terminologie für elektronische optische Anzeigen.

DIN EN ISO 9241-303:2008:

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Anforderungen an elektronische optische Anzeigen.

DIN EN ISO 9241-304:2008:

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Prüfverfahren zur Benutzerleistung für elektronische optische Anzeigen.

DIN EN ISO 9241-305:2008:

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Optische Laborprüfverfahren für elektronische optische Anzeigen.

DIN EN ISO 9241-306:2008:

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Vor-Ort-Bewertungsverfahren für elektronisch optische Anzeigen.

DIN EN ISO 9241-307:2008:

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Analyse- und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen.

ISO/IEC TR 25060:2010:

Systems and software engineering. Systems and software product quality requirements and evaluation (SQuaRE). Common industry format (CIF) for usability. General framework for usability-related information.

Bilder

Abb. 1
<http://www.baulinks.de>, 12. November 2010

Abb. 2
<http://www.smarthousepro.com>, 12. November 2010

Abb. 3 – Abb. 20, Abb. 41
In Anlehnung an: Dahm, Markus:
Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion. München 2006

Abb. 21
DIN EN ISO 9241-210:2010 Ergonomie der Mensch-System-Interaktion.
Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme.

Abb. 22 – Abb. 23
In Anlehnung an: Herczeg, Michael:
Software-Ergonomie. Theorien, Modelle und Kriterien für gebrauchstaugliche interaktive Computersysteme. 3. Aufl. München 2009

Abb. 24, Abb. 32 (links), Abb. 36 – Abb. 37
<http://www.apple.de>, 12. November 2010

Abb. 25
In Anlehnung an: Dzida, Wolfgang:
Office Management. Erweitertes IFIP-Model. Sonderheft 1983

Abb. 26
DIN EN ISO 9241-11:1998:
Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten.
Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit.

Abb. 27, Abb. 35
<http://www.quadrat.at>, 12. November 2010

Abb. 28 – Abb. 29, Abb. 40
<http://www.ergo-online.de>, 12. November 2010

Abb. 30 – Abb. 31, Abb. 32 (rechts), Abb. 33
Eigene Darstellung.

Abb. 38
unbekannt

Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, Daniel Goldhahn, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Teile, die wörtlich oder sinngemäß einer Veröffentlichung entstammen, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde noch nicht veröffentlicht oder einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Chemnitz, den 12.November 2010