

Universität Basel, Hochschule für Technik Rapperswil, Fachhochschule Nordwestschweiz

Master of Advanced Studies in Human Computer Interaction Design

## Human Computer Interaction in der Peripherie der Aufmerksamkeit

Felix Haldimann (felix@ente.limmat.ch)

Urs Suter (us@urssuter.com)

Januar 2009

Coaches: Christian Hauri, Alexandros Philopoulos

Experten: Alexandros Philopoulos, Marcel B.F. Uhr

## **Abstract**

**Ziel:** Diese Studie untersucht wie Interaktion gestaltet werden soll, damit Informationen vom Anwender in der Peripherie der Aufmerksamkeit verarbeitet werden können. Dazu sollen Designkriterien formuliert und evaluiert werden.

**Hintergrund:** Die zunehmende Durchdringung unserer Lebenswelt mit technischen Systemen ist Anlass und Motivation, uns mit der Frage auseinanderzusetzen, wie die Interaktion mit technischen Systemen zu gestalten ist, damit wir sie als angenehm und nicht als störend empfinden. Das Konzept der Calm Technology, welches Mitte der 1990er Jahre als Vision entworfen wurde ist, macht darauf aufmerksam, dass die natürlichen Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitsressourcen des Menschen eine grosse Menge an Informationen in der Peripherie verarbeiten, ohne dass der Anwender dies als zusätzliche Belastung empfindet. In der vorliegenden Studie wird dieser Vorgang als periphere Aufmerksamkeit bezeichnet.

**Methode:** Mit qualitativen Methoden werden aus verschiedenen Blickwinkeln die Bedingungen untersucht, unter denen periphere Aufmerksamkeit zu beobachten ist. Dazu werden mit den Modellen der Wahrnehmungs- und Kognitionspsychologie und mit Konzepten des Human Computer Interaction Design Gestaltungsmerkmale der Interaktion mit technischen Systemen identifiziert. Diese Merkmale werden mit Contextual Inquiries in Arbeitsumgebungen mit komplexen Steuer- und Überwachungssituationen überprüft. Daraus werden Designkriterien abgeleitet, welche in einem Laborexperiment unter kontrollierten Bedingungen evaluiert werden.

**Resultat:** Als Ergebnis der vorliegenden Studie ergeben sich die folgenden fünf Designkriterien, welche die Qualität von Interaktion mit peripherer Aufmerksamkeit beschreiben:

- Kontinuität
- Abstraktionsgrad
- Differenzierung
- Lernförderlichkeit
- Erwartungskonformität

Diese Designkriterien sind in unterschiedlicher, kontextabhängiger Gewichtung für konkrete Systeme anwendbar.

**Anwendung und nächste Schritte:** Die Designkriterien bilden einen Rahmen, um interaktive Systeme so zu gestalten, dass sie den menschlichen Kapazitäten der Wahrnehmung und Kognition entsprechen. Sie sind für Subsysteme geeignet, welche in offene, soziotechnische Systeme integriert sind und mit peripheren Kontextinformationen den Anwender unterstützen. Als nächsten Schritt sind die Designkriterien in einem konkreten System umzusetzen und in einem realen Kontext zu evaluieren und allenfalls zu erweitern.

## **Dank**

Wir danken

... den verantwortlichen Fachexperten folgender Institutionen für die offene und kooperative Unterstützung während unseren Kontextanalysen:

- SBB Betriebsleitzentrale Zürich
- Intensivpflegeabteilung, Universitätsspital Zürich
- skyguide Kloten
- Swiss, Kloten
- KKW Gösgen-Däniken

... der Café Bar Nordbrücke für den kreativen Ort und die köstliche Verpflegung.

... dem Denkplatz für die Benutzung der Räumlichkeiten.

... unseren Betreuern Alexandros Philopoulos, Christian Hauri.

... unseren Testpersonen und Interviewpartnern Giulia, Flo, Radek, Erhardt, Claudia, Sabine, Aga, Charlotte, Kaspar.

Einen grossen Dank möchte ich (Urs) meiner Familie Sabine und Alik aussprechen. Ihr habt mich während des ganzen Studiums unterstützt, auch wenn ihr mit dieser Diplomarbeit noch häufiger auf mich verzichten musstet. Alik hat mich im Verlauf des Schreibens dieses Berichts zu häufig hinter dem Computer-Bildschirm vorgefunden.

Flo, herzlichen Dank für die vielseitige Unterstützung über die letzten drei Jahre (Felix).

Die Namen der Interviewpartner sind anonymisiert und durch frei erfundene Namen ersetzt worden.

## **Urheberschaftserklärung**

Hiermit erklären wir mit unserer Unterschrift, dass wir die geistigen Urheber dieser Arbeit sind.

Felix Haldimann

Urs Suter

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Konzept und Geschichte der Calm Technology	7
1.2	Interaktion als Erfahrung	8
1.3	Beispiele für Calm Technology	10
1.4	Fragestellung	11
1.5	Aufbau des Berichts	12
2	Vorgehen und Methodik	13
2.1	Vorgehensmodell des Forschungsprozesses	13
2.2	Vorgehen und Methodik der Studie	14
3	Wahrnehmungs- und kognitionspsychologische Aspekte von Calm Technology	16
3.1	Aspekte der Aufmerksamkeit	17
3.2	Geteilte Aufmerksamkeit – Wahrnehmung mit und ohne Aufmerksamkeit	18
3.3	Multisensorische Wahrnehmung	20
3.4	Periphere Aufmerksamkeit und Unterbrechung	21
3.5	Lernen, Übung und Expertenwissen	23
3.6	Verarbeitung grosser Informationsmengen: Intuition und «Bauchgefühl»	24
3.7	Zusammenfassung	25
4	Periphere Aufmerksamkeit im Human Computer Interaction Design	27
4.1	Calm Technology – der Computer verschwindet	27
4.2	Ambient Information Systems	29
4.3	Zusammenfassung	30
5	Kontextanalyse – Arbeitsumgebungen in komplexen Systemen	32
5.1	Auswahl der Orte für die Kontextanalyse	33
5.2	Situation Awareness – Wahrnehmen, Verstehen und Voraussagen	33
5.3	Analyse Arbeitsumgebungen	35
5.3.1	Contextual Inquiry KKW Gösgen-Däniken	35
5.3.2	Contextual Inquiry SBB-Betriebsleitzentrale Zürich	38
5.3.3	Contextual Inquiry Intensivpflegestation-Unfallchirurgie, Universitätsspital Zürich	43
5.3.4	Contextual Inquiry Flugüberwachung skyguide, Kloten	47
5.3.5	Contextual Inquiry A330/A340-Cockpit im Flugsimulator, swiss, Kloten	51
5.4	Ergebnis Kontextanalyse	56
6	Evaluation der Designkriterien	58
6.1	Designkriterien als Hypothesen	58
6.2	Das Experiment als Modell realer Arbeitssituationen	58
6.3	Ansatz und Methodik	60
6.3.1	Auswahl des Experiments	60
6.3.2	Ansatz für das Experiment	61
6.3.3	Messung der Belastung durch die Aufgabe	62
6.3.4	Umsetzung im Experiment	62
6.3.5	Erwartete Ergebnisse	63
6.3.6	Stichprobe	65
6.3.7	Skript für den Ablauf des Tests	67
6.4	Auswertung der Daten	70
6.4.1	Belastung durch die Aufgabe	70
6.4.2	Grad der Unterstützung durch Hilfsinformation	70
6.4.3	Visueller Stimulus: Sequenz Quadrate	71
6.4.4	Visueller Stimulus: Vollbild	73
6.4.5	Auditiver Stimulus: Traktor-Sound	74
6.4.6	Auditiver Stimulus: Ufo-Sound	76

6.4.7	Sinnesmodalitäten	77
6.5	Validierung der Designkriterien	77
6.5.1	Erweiterung der Designkriterien	78
6.6	Diskussion der Ergebnisse	79
6.6.1	Methodische Überlegungen	79
6.6.2	Individuelle Erwartung des Anwenders	79
6.6.3	Abstraktion und Lernen	80
6.6.4	Auffälligkeit des Hinweises	80
7	Design Kriterien für Calm Technology	81
7.1	Designkriterien	81
7.1.1	Kontinuität	81
7.1.2	Abstraktionsgrad	82
7.1.3	Differenzierung	83
7.1.4	Lernförderlichkeit	84
7.1.5	Erwartungskonformität	84
7.2	Gewichtung der Kriterien	86
8	Diskussion der Projektergebnisse	87
8.1	Reflexion der Methodik	87
8.2	Interaktion als Erfahrung	88
8.3	Nächste Schritte	89
8.4	Projekterfahrungen	90
9	Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	91
9.1	Abbildungen	91
9.2	Tabellen	92
9.3	Bildnachweis	92
10	Literaturverzeichnis	93
11	Anhang	96
11.1	Dokumentation der Durchführung der Contextual Inquiries	96
11.1.1	Contextual Inquiry KKW Gösgen-Däniken	96
11.1.2	Contextual Inquiry SBB-Betriebsleitzentrale Zürich	96
11.1.3	Contextual Inquiry Intensivpflegestation Unfallchirurgie, Universitätsspital Zürich	96
11.1.4	Contextual Inquiry Flugüberwachung skyguide, Kloten	96
11.1.5	Contextual Inquiry Flugsimulator (A330/A340) Swiss, Kloten	96
11.2	Alternative Konzepte für das Experiment	97
11.2.1	Experiment Variante A	97
11.2.2	Experiment Variante B	99
11.3	Ergebnisauswertung des Experiments	102
11.3.1	Durchlaufplan Experiment	102
11.3.2	Belastung während Experiment - NASA Task Load Index (TLX)	102
11.3.3	Grad der Unterstützung durch Hilfsinformation	103
11.3.4	Beachtung und Handlungswirksamkeit des visuellen Stimulus: Sequenz Quadrate	103
11.3.5	Beachtung und Handlungswirksamkeit des visuellen Stimulus: Vollbild	103
11.3.6	Beachtung und Handlungswirksamkeit des auditiven Stimulus: Traktor-Sound	104
11.3.7	Beachtung und Handlungswirksamkeit des auditiven Stimulus: Ufo-Sound	104
11.4	Materialien	105
11.4.1	Fragebogen Experiment	105
11.5	Projektplan	107

## 1 Einleitung

Manche Techniken führen echte Ruhe und Geborgenheit herbei. Bequeme Schuhe, ein eleganter Füllfederhalter, die New York Times am Sonntagmorgen haben mit ebenso viel technischem Aufwand zu tun wie der PC. Warum macht einen dieser so oft so wütend, während jene anderen Dinge so beruhigend wirken? (Mark Weiser)

Aus unserer Erfahrung mit interaktiven Systemen und den Frustrationen im Umgang mit Systemen, die verschwenderisch mit unserer begrenzten Aufmerksamkeit umgehen, entstand die Motivation zu dieser Studie. Täglich haben wir mit Programmen zu kämpfen, die von uns wissen wollen, ob sie sich gerade updaten sollen oder nicht. Wir werden von Mails bei unserer Arbeit unterbrochen. Im besten Falle sind die Mails für uns bestimmt, im schlechteren werben sie für ein Potenzmittel oder ähnliches. Und auch das Handy klingelt meistens in einem unpassenden Moment. Die Menge an technischen Geräten um uns herum nimmt jährlich zu und damit auch die potentiellen Unterbrechungen.

Der von Zukunftsforschern prophezeite, allgegenwärtige Computer in den Kleidern, Möbeln und Kühlschränken ist eher eine Drohung als eine wünschenswerte Vision, sofern die Designer und Ingenieure nicht ökonomischer mit unserer Aufmerksamkeit umgehen. Da die meisten Informationen von Computern zurzeit visuell oder auditiv ausgegeben werden, nimmt die Überlastung in diesen Sinneskanälen zu.

Im Gegensatz zu den frustrierenden Erlebnissen mit Computern, haben wir die Erfahrung gemacht, dass wir gewisse Informationen in unserem alltäglichen Leben scheinbar mühelos aufnehmen und verarbeiten. Dazu zwei Beispiele aus unserer persönlichen Erfahrung:

### 1. Nebenbei begreifen

Ein Mitbewohner meiner damaligen Wohngemeinschaft, hatte sich das gleiche Handy gekauft wie ich. Dummerweise bin ich morgens nicht besonders aufmerksam, und ich habe mehrfach sein Handy von unserem Küchentisch mit zur Arbeit genommen, was der besagte Mitbewohner nicht gerade erheiternd fand. Leider passierte mir dieses Malheur immer wieder, bis eines Tages mein Handy herunterfiel und der Akku hinten nicht mehr richtig im Gehäuse halten wollte. Ich befestigte den Akku mit einem Tesafilmkleber. Das Handy sah von aussen identisch aus. Der einzige Unterschied war: das Handy fühlte sich durch den Tesafilm, der darauf klebte, leicht anders an. Von dem Tag an, nahm ich nie mehr das falsche Handy mit zur Arbeit, da ich den feinen haptischen Unterschied beim Einstecken in die Tasche sofort bemerkte, aufmerksam wurde und den Fehler korrigieren konnte. Erstaunlicherweise hat mich diese Art von Information, keinerlei kognitive Anstrengung gekostet. Ich wurde jeweils nur dann aufmerksam, wenn ich das falsche Handy in die Tasche steckte, andernfalls ging ich mit dem richtigen Handy meiner Wege.

### 2. Erfahrungswissen und Intuition

In meiner Jugend fuhren wir in den Sommerferien jedes Jahr zum Zelten an den Bodensee. Das Zelt stand direkt am See, so dass ich beim Aufstehen, beim ins-Bettgehen und über weite Teile des restlichen Tages auf den See sah. Mit den Jahren entwickelte ich ein Gefühl für das aufziehende Wetter. Ich war mein eigener Wetterfrosch. Ich konnte bei schönstem Wetter am Nachmittag spüren, dass am Abend Wind aufkommen würde oder ein Gewitter. Die Prognose traf mit hoher Wahrscheinlichkeit zu,

was mich selbst immer erstaunt hat. Ich weiss bis heute nicht, an woran ich diese Prognose abgelesen habe: An den Wolkenformationen, der Farbe des Sees, der sprichwörtlichen Ruhe vor dem Sturm? Anscheinend habe ich beim Blick auf den See Informationen verarbeitet, ohne etwas davon zu wissen; und ich entwickelte ein Bauchgefühl für das Wetter.

Bei unseren Literaturrecherchen, wie auch bei unserer Feldforschung sind wir immer wieder auf ähnliche Phänomene wie in den angeführten Beispielen gestossen. Der Mensch hat ein sehr hohes Potential an Verarbeitungskapazität in der Peripherie seiner Aufmerksamkeit, während er im Fokus seiner Aufmerksamkeit verhältnismässig wenige, verschiedenartige Informationen verarbeiten kann. Als Interaktionsdesigner interessiert uns, wie wir diese Ressourcen optimal unterstützen können, um dem Anwender eine befriedigendere Interaktion zu ermöglichen.

Mark Weisers und John Seely Browns Konzept von Calm Technology bietet das Potential, um eine Erhöhung der Qualität in der Interaktionsgestaltung zu erreichen. Calm Technology versucht, die Reizüberflutung, die im Umgang mit technischen Systemen entsteht, zu reduzieren, indem sie Anwendern die Entscheidungsfreiheit darüber lässt, was im Zentrum der Aufmerksamkeit verarbeitet wird und was in die Peripherie verlagert werden kann.

Es sind Bestrebungen im Gange, um das Potential der Calm Technology zu nutzen. Die meisten gehen dahin, innovative Produkte zu entwickeln, die calm funktionieren. In unserer Studie zeigen wir auf, dass periphere Aufmerksamkeit in komplexen Überwachungs- und Steuersituationen bereits eine grosse Rolle spielt. Sie spielt da eine Rolle, wo Menschen mit so vielen Informationen konfrontiert werden, dass es nicht möglich ist, all die Information mit fokussierter Aufmerksamkeit zu verarbeiten. In diesen Arbeitskontexten ist es entscheidend, dass die Information, die fokussiert verarbeitet werden muss, nicht durch aufdringliche Hinweise auf weniger wichtige Informationen überlagert wird. Der erfahrene Anwender ist in diesen Situationen der Experte, der weiss, welche Information wichtig ist und fokussierte Aufmerksamkeit benötigt. Er ist also darauf angewiesen, dass er, je nach Situation, weniger wichtige Informationen in die Peripherie der Aufmerksamkeit und bei einer Änderung der Situation zurückverlagern kann.

Es stellt sich die Frage, welche Designkriterien entscheidend sind, um diesen Verlagerungsprozess optimal zu unterstützen.

## **1.1 Konzept und Geschichte der Calm Technology**

Die Vision der Calm Technology basiert auf Konzepten, welche in den späten 1980er Jahren im Xerox Palo Alto Research Center (Xerox PARC) von Mark Weiser und John Seely Brown formuliert worden sind. Ihr Ausgangspunkt lag in den interdisziplinären Forschungen, welche technische Entwicklungen und ethnografische Studien zusammenführten. In diesem Zusammenhang war ein technisches Konzept entscheidend, welches die Entwicklung wandgrosser Bildschirme vorschlug. Zur gleichen Zeit wurden ethnografische Studien durchgeführt, welche untersuchten, wie die Menschen Technologien in realen Alltagssituationen tatsächlich benutzen. Aus den daraus gewonnenen Erkenntnissen über die negative Erfahrung mit den bestehenden Computer-Systemen wurde das Forschungsprogramm zu «Ubiquitous Computing» ins Leben gerufen, mit dem Ziel die Human Computer Interaction wieder verstärkt auf den Menschen auszurichten (Weiser et al. 1999). Rückblickend beschreiben Weiser und Brown ihre Motivation in folgenden Worten:

From these converging forces [technologische Konzepte und ethnografische Studien] («from atoms to culture,» as we like to say of PARC) emerged the Ubiquitous Computing program in the Computer Science Laboratory (CSL) in early 1988. The program was at first envisioned only as a radical answer to what was wrong with the

personal computer: too complex and hard to use; too demanding of attention; too isolating from other people and activities; and too dominating as it colonized our desktops and our lives. We wanted to put computing back in its place, to reposition it into the environmental background, to concentrate on human-to-human interfaces and less on human-to-computer ones. By 1992, when our first experimental «ubi-comp» system was being implemented, we came to realize that we were, in fact, actually redefining the entire relationship of humans, work, and technology for the post-PC era. (Weiser et al. 1999)

Mitte der 1990er Jahre formulierten Mark Weiser und John Seely Brown in Überlegungen, wie der Computer der Zukunft zu denken sei, das Konzept der Calm Technology (Weiser 1995, Weiser et al. 5.12.1995). Sie sahen die zentralen Schwierigkeiten bestehender Systeme darin, dass sie für den Anwender zu komplex zu bedienen seien, zu sehr die Aufmerksamkeit des Anwenders absorbieren und ihn isolieren würden. Der emotionale Zustand, in welchem der Anwender sich durch die Interaktion mit dem technischen System befindet, wird nun mit der Calm Technology zum zentralen Qualitätskriterium des Systems. Dieses Kriterium definieren sie über die beruhigende Wirkung einer Interaktion. Als Ansatzpunkt, um diese Wirkung in der Interaktionsgestaltung umzusetzen, sehen sie die Art und Weise, wie die Aufmerksamkeit eines Anwenders gelenkt wird. Im Gegensatz zu herkömmlichen Computer-Systemen, welche die gesamte Aufmerksamkeit des Anwenders fordern, gibt es in der realen Welt viele Beispiele für Situationen, in welchen der Mensch Informationen in der Peripherie seiner Aufmerksamkeit verarbeitet. So führen sie das Beispiel eines Bürofensters an, welches ermöglicht, sich nebenbei, in der Peripherie, zu informieren, wer vorbei geht.

Drei Faktoren charakterisieren Calm Technology (Weiser et al. 5.12.1995):

1. Calm Technology unterstützt periphere Aufmerksamkeit: Der Anwender wird der Information in der Peripherie gewahr und er kann, falls sie für ihn relevant ist, den Fokus seiner Aufmerksamkeit zu dieser peripheren Information und wieder zurück verschieben.
2. Calm Technology unterstützt periphere Wahrnehmung: Durch eine reiche Darstellung von Informationen kann der Anwender Detailinformation peripher wahrnehmen. Als Beispiel nennen sie eine Videokonferenz, welche es, im Gegensatz zu einem Telefongespräch, ermöglicht, Gesten und Mimik des Gesprächspartners peripher wahrzunehmen.
3. Calm Technology gibt ein Gefühl von Vertrauen: Durch die reiche Interaktionserfahrung in der Peripherie hat der Anwender die Gewissheit, sich der Informationen der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft gewahr zu sein, sich in vertrauter Umgebung zu befinden und sich in Verbindung zur Welt ihn herum zu fühlen. Weiser/Brown nennen dies «locatedness».

Dieser Aspekt eines beruhigenden Vertrauens, welches ohne zusätzliche, kognitive Ressourcen auskommt, wird inzwischen durch aktuelle Untersuchungen, beispielsweise aus der Leseforschung, bestätigt. So kommt eine Studie, welche das Lesen von Hypertext am Bildschirm mit dem Lesen von gedrucktem Text auf Papier vergleicht, zum Schluss, dass die haptische Qualität des Papiers das Lesen und Verstehen eines Textes, im Gegensatz zum Lesen am Bildschirm unterstützt. Über die Haptik erhält der Leser paratextuelle Informationen, wie Länge des Textes oder seine Leseposition, ohne dass er diese aktiv abfragen müsste (Mangen 2008).

## **1.2 Interaktion als Erfahrung**

Verschiedene technische Lösungsansätze suchen das Potential des Ubiquitous Computing zu realisieren. So werden für kontextsensitive Systeme künstliche Intelligenz und Sensortechnologien integriert. Diese Systeme verarbeiten Informationen, die sie aus ihrer Umgebung abfragen und sie



lernen aus dem Verhalten der Anwender, um auf die Umwelt angemessen zu reagieren (vgl. zum Thema intelligenter Produkte Keyson 2008). Die grosse Schwierigkeit in der Entwicklung dieser Systeme liegt jedoch darin, dass Menschen – gerade im Alltag – meist ohne eindeutig identifizierbare Aufgabe und mit unscharfem Ziel handeln. Da diese Systeme inzwischen immer stärker in unseren Alltag integriert und in zunehmend intimere Bereiche unseres Lebens eingewoben sind, wird die Gestaltung der Interaktion ein entscheidendes Kriterium, auf welchem die Erfahrung und emotionale Beurteilung durch die Anwender basiert. Calm Technology ist ein Konzept, welches hier ansetzt. Sie stellt nicht die Features und technischen Konzepte des Systems, sondern die Interaktionserfahrung des Anwenders ins Zentrum des System-Designs (Rogers 2006). Diese Interaktionserfahrung setzt sich aus verschiedenen Aspekten zusammen, wie John McCarthy und Peter Wright (2004) in ihrer Studie zu «Technologie als Erfahrung» zeigen. Gemäss ihren Ausführungen sind Kreativität im Umgang mit der Technologie, ein sinnliches Engagement mit einer Situation ausserhalb sprachlicher Kommunikation, eine Durchdringung von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft und die ästhetische und ethische Beurteilung grundlegende Aspekte einer Interaktionserfahrung (McCarthy et al. 2004: S. 128).

In Interviews, welche wir mit Technologienutzern durchgeführt haben, zeigte sich deutlich, wie entscheidend die Qualität der Interaktion und die daraus entstehende Erfahrung für die Akzeptanz einer Technologie ist. Wie es eine Anwenderin formulierte:

Der Compi ist kein Freund, aber mittlerweile ein Kollege. Der iPod ist mein Schätzli – was er kann, ist für mich wichtig.

Wie wir sehen, wird die Technologie in die menschliche Erfahrungswelt integriert und in menschlichen Kategorien beschrieben. Dies entspricht auch dem Ergebnis einer Studie zum Verhältnis von Menschen zu Medien: Menschen behandeln Computer, TV und Neue Medien wie reale Personen, empfinden ihnen gegenüber Emotionen und entwickeln zu ihnen soziale Beziehungen (Reeves et al. 1996). Die Technik-Soziologin Sherry Turkle hat ausserdem festgestellt, dass die Kategorien, in denen diese Medien beschrieben werden, dynamisch von Zeit und Kultur abhängig sind (Turkle 1998). Sie hat dieses Thema in verschiedenen Studien während der 1970er bis 1990er Jahre untersucht, indem sie der Frage nach ging, welche Eigenschaften Kinder den Computern und Objekten aus Computerspielen zuweisen. Ausgehend von Ergebnissen des Psychologen Piaget, der in den 1920er Jahren dargestellt hatte, dass Kinder die Lebendigkeit eines Gegenstandes danach beurteilen, ob er sich aus eigenem Antrieb fortbewegte, stellte Turkle Folgendes fest:

Ende der siebziger, Anfang der achtziger Jahre, als ich untersuchte, nach welchen Kriterien Kinder stationären Computern das Attribut «lebendig» zuschrieben, stellte ich fest, dass sie sich auf die psychischen Merkmale eines Objekts konzentrierten. Heute [1995] zeigt sich in den Bemerkungen von Kindern über Geschöpfe von Simulationsspielen, über deren Reise durch zirkulierende Disketten oder durch Modems, über Viren und Netze, dass sie erneut Bewegung als ein Kriterium für Lebendigkeit betrachten. Kinder gehen im Allgemeinen davon aus, dass die Kreaturen in Sim-Spielen sich in eine umfassendere, digitale Welt begeben.  
(Turkle 1998: S. 272–273)

Wir können von diesen Aussagen ableiten, dass Menschen eine starke Tendenz haben, die Welt in den Kategorien ihrer eigenen sinnlichen Erfahrungen wahrzunehmen und zu beurteilen. Für das Interaction Design von Calm Technology bedeutet dies, dass die menschlichen Ressourcen der Wahrnehmung und der Kognition zusammen mit dem Aspekt der Erfahrung in der Interaktion für konkrete Anwender zu berücksichtigen sind.

### 1.3 Beispiele für Calm Technology

#### Apple Powerbook Pro Intel, pulsierendes Status LED

Viele Statuslämpchen von Fernsehern, Bügeleisen etc. sind Calm Technology, weil sie eine einfache Information (betriebsbereit) an einem festen Ort anzeigen. Die Information kann vom Anwender einfach in die Peripherie verlagert und bei Bedarf jederzeit abgerufen werden. Ein besonders gelungenes Statuslämpchen findet sich beim Apple Powerbook der ersten Intel-Generation: Wird das Powerbook zugeklappt, zeigt ein pulsierendes Status LED den Ruhezustand an. Das Powerbook kann wieder aufgeklappt werden, und der Anwender kann weiterarbeiten. Gelingen ist das Design deshalb, weil das Pulsieren die Assoziation des Schlafens oder beruhigten Atmens weckt. Die LED erlischt nie vollkommen und ist damit in jedem Moment, wenn man die Information abrufen will, verfügbar. Im Gegensatz dazu zeigen viele Handys, durch ein kurz aufblitzendes, gestresstes Lämpchen an, dass sie betriebsbereit sind. Während das eine Statuslämpchen leicht in die Peripherie der Aufmerksamkeit verlagert werden kann, zieht das andere aggressiv die Aufmerksamkeit auf sich und wird als störend empfunden.

#### Roboter «Paro» - ein Therapieseehund

Paro ist ein in Japan entwickelter Therapieroboter, der in Altersheimen eingesetzt wird. Der Roboterseehund reagiert auf Stimmen, Streicheleinheiten und zeigt sich verärgert, wenn er geschlagen wird. Er wirkt laut Aussagen von Pflegern auf demenzkranke Menschen beruhigend, und er fördert den Abbau von Stress. Interessanterweise zeigt er diese Wirkung obwohl den älteren Menschen dabei meist bewusst ist, dass es sich um einen Roboter handelt. Sie wissen auch, dass es ihnen nicht mehr möglich wäre, für ein richtiges Haustier zu sorgen.



Abbildung 1: Paro-Roboter im Einsatz

#### Gel Remote Control: Visuell und haptisch codierte Fernbedienung von Kenya Hara/Panasonic Design Company

Kenya Hara hat in einer Design-Studie eine Fernbedienung für Heimelektronikgeräte vorgestellt, welche visuelles und haptisches Feedback gibt. Erst bei Berührung erwacht sie aus ihrem schlaffen Zustand, beginnt zu pulsieren und wird hart. Sie spricht mehrere Sinne an und macht Kategorien von Lebendigkeit / Künstlichkeit erfahrbar. Sexuelle Assoziationen sind selbstredend auch nicht weit hergeholt. Die Haptik berührt hier offensichtlich auch eine sehr emotionale, intime Ebene beim Anwender.



**Abbildung 2: Gel Remote Control von Kenya Hara**

## **Das Buch**

Ein Buch bietet als Lesemedium, im Gegensatz zum Computer, eine vielfältige multisensorische Interaktionserfahrung. Der Leser erfährt haptisch an welcher Stelle er sich im Buch befindet. Es hat ein Gewicht, eine Dicke des Papiers, es riecht. Der Leser kann den Kontext, in dem er das Buch liest wechseln (Sofa, Bett, Café-Bar, Strand). Der Anwender kann mit einfachsten Mitteln Kontext-Informationen hinzufügen oder Orientierungsmarken einfügen (Eselsohren, Randnotizen, Unterstreichungen). Es macht damit die Geschichte seines sozialen Gebrauchs erfahrbar und gibt Spuren anderer Leser preis.

## **1.4 Fragestellung**

Ausgehend von der Frage, wie Informationen unterhalb der Aufmerksamkeitsschwelle wahrgenommen und verarbeitet werden, untersuchen wir, ob und in welcher Form interaktive Systeme diesen Vorgang unterstützen. Auf der Grundlage psychologischer Forschungsergebnisse, von Konzepten der Human Computer Interaction, der Analyse realer Systeme und experimenteller Untersuchung von Gestaltungsfaktoren leiten wir Anforderungen an die Interaktionsgestaltung ab und entwickeln Qualitätskriterien für das Design. Diese Designkriterien sollen als Richtlinien zur Entwicklung von interaktiven Systemen dienen, in denen Konzepte von Calm Technology integriert werden sollen. Die Designkriterien erweitern bestehende Konzepte der Mensch-Computer-Interaktion um den Aspekt der peripheren Aufmerksamkeit.

Unsere ursprüngliche Fragestellung hatten wir wie folgt formuliert: Wie soll die Interaktion gestaltet sein, damit technologische Geräte dem Anwender zufriedenstellende Interaktionshandlungen mit minimaler kognitiver Belastung ermöglichen und eine adäquate Verschiebung der Information von der Peripherie ins Zentrum der Aufmerksamkeit unterstützt?

Im Verlauf der Studie wurde uns klar, dass wir die kognitive Belastung mit Methoden wie Task-Performance-Experimenten messen könnten, welche für die Evaluierung von Designkriterien jedoch weniger ergiebig wären. Wir haben für die vorliegende Studie die Fragestellung wie folgt angepasst:

### **Fragestellung**

**Welche Designkriterien soll das Interaction Design umsetzen, damit der Anwender Information in die Peripherie seiner Aufmerksamkeit verlagern kann?**

Mit dieser Fragestellung konzentrieren wir uns darauf, wie die Informationen der technischen Systeme dem Menschen dargeboten werden. Welche Mechanismen und Konzepte der Informationsverarbeitung in den Systemen implementiert sind, wird im Rahmen dieser Studie nicht untersucht. D.h. die Frage, nach welchen Regeln und Algorithmen – der künstlichen Intelligenz des Systems – und auf Basis welcher Kontextinformationen die peripheren Informationen zustande kommen, liegt ausserhalb des Rahmens unserer Studie.

## 1.5 Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht gliedert sich in die folgenden Kapitel:

- **Kapitel 2: Vorgehen**  
Für diese Studie haben wir das Vorgehen der wissenschaftlichen Forschung um Methoden des Human Computer Interaction Design und des modernen Software Engineering erweitert.
- **Kapitel 3: Anwender**  
Der Anwender mit seinen Kapazitäten zur Wahrnehmung und Informationsverarbeitung bildet den Ausgangspunkt unserer Untersuchung. Auf Basis der wahrnehmungs- und kognitionspsychologischen Forschung wird die Frage behandelt, welche Ressourcen und Mechanismen sich dem Interaction Design anbieten, um eine Interaktion im Sinne der Calm Technology zu unterstützen.
- **Kapitel 4: Human Computer Interaction**  
Dem Menschen gegenüber stehen die technischen Systeme, welche sich in verschiedensten Ausprägungen dem Anwender präsentieren. Wir präsentieren für unsere Fragestellung relevante technische Ansätze und Konzepte aus dem Bereich der Human Computer Interaction.
- **Kapitel 5: Kontextanalyse**  
Mit den Ergebnissen aus der theoretischen Bearbeitung des Themas gehen wir in die reale Welt konkreter Arbeitssituationen. In der Kontextanalyse untersuchen wir Arbeitsorte, an denen die Anwender in komplexen, soziotechnischen Systemen agieren.
- **Kapitel 6: Experiment**  
Die Ergebnisse all dieser Quellen werden zu einer ersten Fassung von Designkriterien verdichtet. Diese Kriterien dienen uns als Hypothesen, welche wir experimentell validieren.
- **Kapitel 7: Resultat - Designkriterien**  
Die validierten Hypothesen bilden schliesslich die Designkriterien für Calm Technology.
- **Kapitel 8: Projektergebnisse**  
Zum Schluss diskutieren wir die Ergebnisse und präsentieren unsere Reflexion zum Projektverlauf.

## **2 Vorgehen und Methodik**

### **2.1 Vorgehensmodell des Forschungsprozesses**

Da unser Projekt eine grundlegende Fragestellung der Human Computer Interaction behandelt, folgen wir einem Vorgehensmodell, welches den wissenschaftlichen Forschungsprozess strukturiert. Das Modell erweitern wir um Konzepte aus Vorgehensmodellen des Human Computer Interaction Design. Dies umfasst insbesondere den Einbezug von iterativen Konzepten, die sich im modernen Software Engineering etabliert haben.

Das Vorgehen basiert auf den Modellen von Graziano / Raulin «Research: A Process of Inquiry» (Graziano et al. 2007: S. 38–45) und Bortz / Döring «Forschungsmethoden und Evaluation» (Bortz et al. 2006). Für unser Projekt haben wir die Begrifflichkeit angepasst. Daraus ergeben sich die folgenden Phasen:

#### **1. Themensuche**

Die Themensuche umfasst die Exploration von Ideen, den Einbezug persönlicher Erfahrungen, Fragestellungen, Diskussionen, Beispielen und existierender Forschungsliteratur. Dies ist ein offener Prozess, welcher zunächst das Ziel verfolgt, ein reichhaltiges Bild interessanter Fragestellungen zu gewinnen und Erkenntnislücken ausfindig zu machen.

#### **2. Problemdefinition**

Mit der Problemdefinition werden die noch unscharfen Ansätze und Ideen präzisiert und in einer konkreten Fragestellung ausformuliert. Die Fragestellung leitet den gesamten Prozess der Durchführung des Projekts.

#### **3. Planung der Studie**

Aufgrund der Problemdefinition kann die Studie geplant werden. Dies umfasst die Methoden zur Datenerhebung, die Identifikation von Themenfeldern für die detaillierte Aufarbeitung sowie auch eine Zeit- und Ressourcenplanung.

#### **4. Modellierung und Theoriebildung**

In der Phase der Modellierung und Theoriebildung werden auf Basis des aktuellen Forschungsstandes existierender Theorien und Untersuchungsergebnisse Hypothesen zur Fragestellung gebildet. Diese Hypothesen leiten im Folgenden die Datenerhebung.

#### **5. Durchführung der Untersuchung / Datenerhebung**

Die Untersuchung wird durchgeführt, um die Hypothesen empirisch zu überprüfen. Diese Datenerhebung erfolgt mit adäquaten Methoden wie Beobachtung, Interview, Umfragen, Contextual Inquiry und kontrolliertem Experiment.

#### **6. Auswertung der Daten**

Die erhobenen Daten werden in Bezug auf die Hypothesen ausgewertet. Dabei kann sich herausstellen, dass die Hypothesen anzupassen sind und eine weitere Iteration der Untersuchung notwendig wird. In diesem Fall erfolgt eine Überarbeitung der Planung in Phase 3 und der Hypothesen (Phase 4), um diese erneut empirisch zu überprüfen (Phase 5).

## 7. Kommunikation

Die Kommunikation beinhaltet die Aufbereitung und kritische Diskussion der Ergebnisse in einem Bericht sowie in weiteren Formen, beispielsweise in einer Präsentation. Der Bericht soll den Prozess, wie die Ergebnisse entstanden sind, transparent machen und damit einen Beitrag zur Disziplin leisten. Dieses allgemeine Vorgehen ist in der folgenden Grafik veranschaulicht:

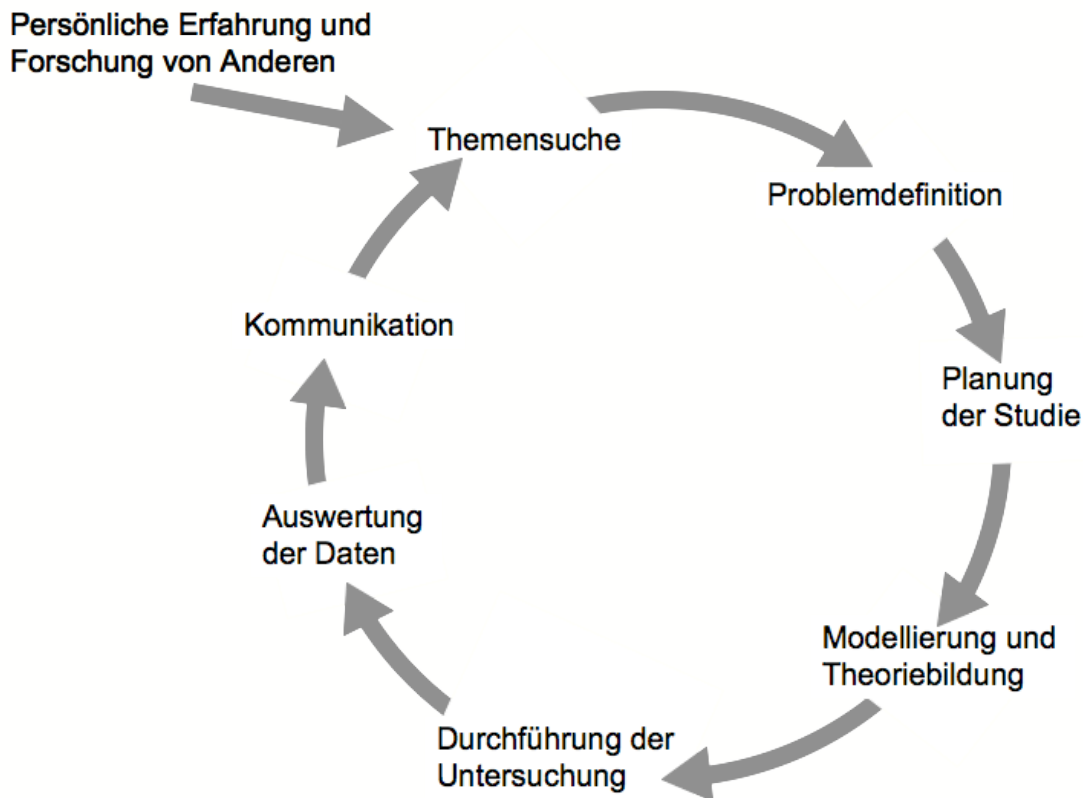


Abbildung 3: Allgemeines Vorgehensmodell wissenschaftlicher Forschung

Vom Rational Unified Process haben wir das iterative Vorgehen innerhalb der Phasen übernommen. Dabei werden am Ende einer Iteration Inhalt und Ziele der folgenden Iteration definiert und am Ende der folgenden Iteration die Ergebnisse entsprechend der Ziele überprüft (vgl. Essigkrug et al. 2007). Wir gehen mit diesem Vorgehen auch davon aus, dass die Ergebnisse weitergehende Fragen und Untersuchungsthemen für das Human Computer Interaction Design stellen wird.

### 2.2 Vorgehen und Methodik der Studie

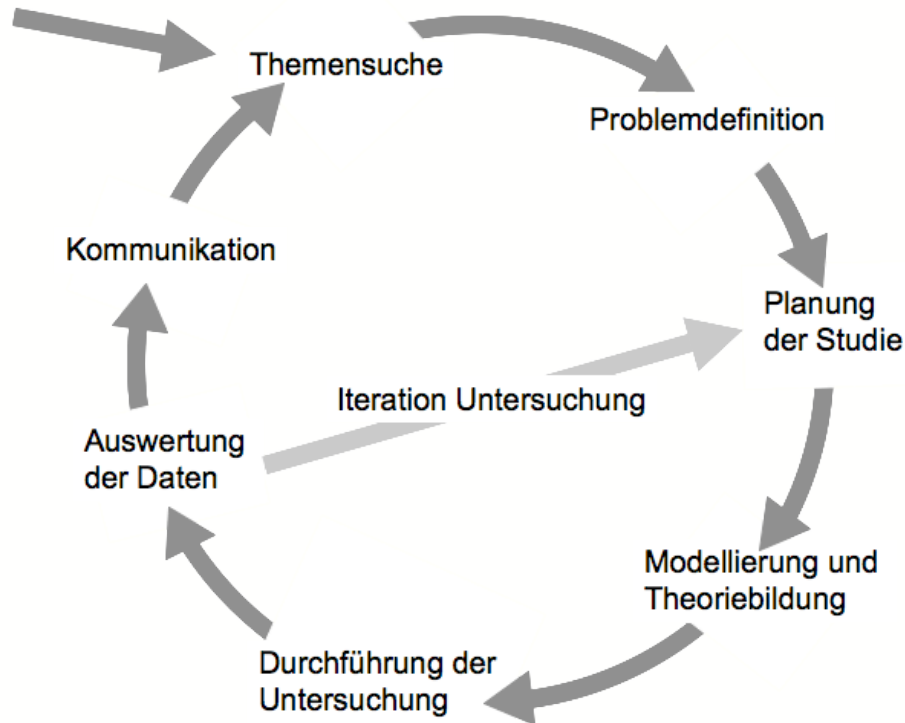
Ausgehend von unserer Alltagserfahrung, haben wir in der Forschungsliteratur nach systematischen Untersuchungen unseres Themas gesucht. Dabei haben wir zur Erarbeitung der Designkriterien Ergebnisse aus verschiedenen Disziplinen, wie der Psychologie und Human Computer Interaction Design recherchiert und ausgewertet, um Hypothesen unserer Kriterien auf Basis von bestehenden empirischen Daten auszuarbeiten. Die folgenden Fragen haben uns geleitet: Gibt es Hinweise aus wahrnehmungs- und kognitionspsychologischer Sicht, wie Menschen Informationen aus der Umwelt unterschwellig aufnehmen, ohne ihre Aufmerksamkeit bewusst darauf zu lenken. Haben diese Informationen einen Einfluss auf ihr Verhalten? Konnten für Interaktive Systeme bereits Belege für diese periphere Aufmerksamkeit gefunden werden? Wie sollen interaktive Systeme gestaltet sein, damit diese Form der Interaktion als angenehm und nicht störend empfunden wird? Wie soll die

Information gestaltet sein, damit sie in die Peripherie der Aufmerksamkeit verlagert wird? Um diese Kriterien empirisch zu überprüfen, haben wir das oben beschriebene, generische Vorgehensmodell wie im Folgenden beschrieben umgesetzt.

### Konkretes Vorgehen in unserem Projekt

Das iterative Vorgehen bezüglich der Untersuchungen lässt sich wie folgt in das Modell eintragen. Die erste Iteration der Untersuchung beinhaltet die Kontextanalyse, die zweite Iteration das Experiment.

#### Persönliche Erfahrung und Forschung von Anderen



**Abbildung 4: Vorgehensmodell der vorliegenden Studie zu Calm Technology**

Die detaillierte Planung wurde zweiwöchentlich durchgeführt (vgl. Projektplanung im Anhang Kap. 11.5).

### 3 Wahrnehmungs- und kognitionspsychologische Aspekte von Calm Technology

Calm Technology hat zum Ziel die Interaktion zwischen dem Menschen und technischen Systemen in einer Form zu gestalten, welche auf die «natürlichen» Fähigkeiten, Prozesse und Ressourcen des Menschen zur Wahrnehmung und Verarbeitung von Informationen abgestimmt ist. Der besondere Fokus liegt dabei auf unserer Erfahrung, dass wir im Alltag viele Informationen «nebenbei» aufnehmen und verarbeiten, ohne dass wir unsere Aufmerksamkeit aktiv darauf richten. Diese Prozesse sind meist sehr effizient und wir empfinden keine besondere Belastung. Sie erlauben uns etwa, uns im dichten Gedränge auf der Strasse vorwärts zu bewegen, dabei Verkehrssignale zu beachten und gleichzeitig ein Gespräch zu führen. Wir bezeichnen diesen mehrdimensionalen Vorgang der Wahrnehmung und Informationsverarbeitung im Folgenden als periphere Aufmerksamkeit. Wir verstehen unter peripherer Aufmerksamkeit verteilte Wahrnehmungsressourcen, welche parallel aktiv sind, unterhalb der Aufmerksamkeitsschwelle Informationen verarbeiten und einen Effekt auf das Verhalten haben. Um den Kriterien auf die Spur zu kommen, welchen Calm-Technology-Systeme entsprechen sollen, damit sie diese Aspekte der menschlichen Wahrnehmung und Kognition unterstützen, werden wir in diesem Kapitel die Ergebnisse der psychologischen Forschung präsentieren.

Zunächst stellt sich die Frage, was wir unter Aufmerksamkeit verstehen. Der Psychologe William James hatte Ende des 19. Jahrhunderts in «The Principles of Psychology» (1896) darauf hingewiesen, dass die Aufmerksamkeit etwas derart Selbstverständliches ist, dass jedermann dies verstehen würde:

Everyone knows what attention is. It is the taking possession by the mind, in clear and vivid form, of one out of what seem several simultaneously possible objects or trains of thought. Focalization, concentration, consciousness are of its essence. It implies withdrawal from some things in order to deal effectively with others, and is a condition which has a real opposite in the confused, dazed, scatterbrained state which in French is called *distracted*, and *Zerstreutheit* in German. (James 1890: S. 403–404)

Aufmerksamkeit beinhaltet die Fokussierung unseres Bewusstseins, der kognitiven Prozesse und der Wahrnehmung. Dies bedeutet gleichzeitig, dass nur ausgewählte Objekte mit Aufmerksamkeit bedacht werden können, alle anderen aber davon aktiv ausgeschlossen würden. Sein Gegenteil die Zerstreutheit umfasst dabei unfokussierte mentale Prozesse, wie auch eine verschwommene Wahrnehmung, welche alles gleichzeitig in einem diffusen Sinneseindruck auflösen würde.

Für unsere Untersuchung zu Calm Technology gehen wir davon aus, dass die Aufmerksamkeit vielgestaltiger sein kann und nicht einzig in der Form der fokussierten Konzentration abläuft. Für die Interaktion mit Calm-Technology-Systemen ist wesentlich, dass wir Informationen aufnehmen und verarbeiten, welche ausserhalb unserer fokussierten Aufmerksamkeit liegen, dass diese mit peripherer Aufmerksamkeit beachtet werden. Mark Weiser und John Seely Brown haben die Peripherie der Wahrnehmung und Aufmerksamkeit, als Kern ihres Konzeptes von Calm Technology gesetzt:

We use «periphery» to name what we are attuned to without attending to explicitly. Ordinarily when driving our attention is centered on the road, the radio, our passenger, but not the noise of the engine. But an unusual noise is noticed immediately, showing that we were attuned to the noise in the periphery, and could come quickly to attend to it.

It should be clear that what we mean by the periphery is anything but on the fringe or unimportant. What is in the periphery at one moment may in the next moment come to be at the center of our attention and so be crucial. [...]



A calm technology will move easily from the periphery of our attention, to the center, and back. This is fundamentally encalming, for two reasons. First, by placing things in the periphery we are able to attune to many more things than we could if everything had to be at the center. Things in the periphery are attuned to by the large portion of our brains devoted to peripheral (sensory) processing. Thus the periphery is informing without overburdening. Second, by recentering something formerly in the periphery we take control of it. [...] (Weiser et al. 1995)

Weiser/Brown beschreiben hier einen Wahrnehmungsvorgang, der darauf basiert, dass wir ohne Aufmerksamkeit Informationen in der Peripherie unseres Wahrnehmungsfeldes aufnehmen, verarbeiten und, falls diese relevant sind, unsere Aufmerksamkeit darauf lenken. Dadurch können wir Wahrnehmungsressourcen einsetzen, ohne dies als eine zusätzliche Belastung zu empfinden. Wir können diesen Vorgang so zusammenfassen: Indem wir unterschwellig auf die Informationen reagieren, die uns wichtig erscheinen, behalten wir die Kontrolle über unsere Interaktion mit der Umwelt. Wir empfinden daher die Aufmerksamkeitsverschiebung nicht als störende Unterbrechung.

Im folgenden Kapitel gehen wir den Modellen und Konzepten nach, welche in der Wahrnehmungs- und Kognitionspsychologie zur Aufmerksamkeit entwickelt worden sind. Daraus leiten wir Anforderungen an Calm-Technology-Systeme zur Unterstützung peripherer Aufmerksamkeit ab.

### **3.1 Aspekte der Aufmerksamkeit**

In der psychologischen Aufmerksamkeitsforschung wird die Aufmerksamkeit in fokussierte, selektive und geteilte Aufmerksamkeit unterschieden. Ergänzt werden diese Kategorien durch zwei weitere, welche den dynamischen Aspekt bezeichnen, nämlich wechselnde (switched) und aufrechterhaltene (sustained) Aufmerksamkeit (Wickens et al. 2008).

Bei der fokussierten Aufmerksamkeit liegt die Konzentration bei einer einzigen Aktivität und ist auf diejenigen Objekte gerichtet, welche in diese Aktivität involviert sind. Selektive Aufmerksamkeit bezeichnet auf einer allgemeinen Ebene die Konzentration auf eine Aufgabe oder auf eine Detailebene als ein Scannen von verschiedenen Objekten. Mit geteilter Aufmerksamkeit wird die parallele Verarbeitung verschiedener Informationen bezeichnet. Die geteilte Aufmerksamkeit bedeutet auf der Ebene der Aufgaben die parallele Verarbeitung von Aufgaben und auf der Wahrnehmungsebene das Registrieren von verschiedenen Eigenschaften eines Stimulus, wie etwa seiner Farbe, Form oder seines Orts. Daraus ergibt sich die wechselnde (switched) Aufmerksamkeit, welche dann eintritt, wenn die Aufmerksamkeit von einer Aufgabe zu einer anderen oder von einem Stimulus zu einem anderen verschoben wird. Die aufrechterhaltene (sustained) Aufmerksamkeit erfordert ein aktives Ausblenden von weiteren Stimuli und ein Aufrechterhalten der Fokussierung unserer Wahrnehmungsressourcen auf den aktuellen Stimulus. Für unsere Fragestellung erweitern wir diese Modelle der Aufmerksamkeit in den Bereich der Wahrnehmung, welche ohne Aufmerksamkeit abläuft, wobei zu beachten ist, dass die Grenze zwischen geteilter und fokussierter Aufmerksamkeit keine harte Grenze ist, sondern fließend verläuft (Treisman 1993).

Wenn wir nun Wahrnehmung mit dem Modell der Informationsverarbeitung verstehen, so zeigen die Ergebnisse verschiedener Studien, dass serielle Flaschenhälse auftreten, bei denen wir Dinge nicht länger parallel tun können (Anderson 2001: S. 77–79). D.h. die Verarbeitung von Informationen im Wahrnehmungsprozess verläuft nur bedingt parallel, wie auch die gleichzeitige Ausführung von verschiedenen Aufgaben nur unter sehr spezifischen Bedingungen parallel abläuft (Wickens et al. 2008). Wir gehen im Folgenden genauer auf diese Bedingungen ein, um zu bestimmen, was wir in welcher Form parallel verarbeiten können und wie Wahrnehmung mit und ohne Aufmerksamkeit abläuft.

### 3.2 Geteilte Aufmerksamkeit – Wahrnehmung mit und ohne Aufmerksamkeit

Wenn wir davon ausgehen, dass Wahrnehmung bewusste, sensorische Erfahrung ist (Goldstein 2008: S. 6) und somit sowohl die Aufnahme der Informationen mit unseren Sinnen als auch die kognitive Verarbeitung umfasst, so stellt sich die Frage, was und wie wir Objekte wahrnehmen können, ohne unsere Aufmerksamkeit darauf zu richten. In verschiedenen Studien ist dieser Frage nachgegangen worden (vgl. die zusammenfassenden Darstellungen in Anderson 2001 und Goldstein 2008). Wenn Testpersonen eine Szenerie nur kurz präsentiert bekommen, so können sie die Grundstimmung der Szenerie wahrnehmen. Wie experimentell festgestellt wurde, können wir auch Informationen von einem Foto wahrnehmen, das sich ausserhalb des Fokus unserer Wahrnehmung befindet. Den Testpersonen wurde das Foto derart kurz angezeigt, dass es ihnen nicht möglich war, mit einer Augenbewegung ihre Aufmerksamkeit dorthin zu lenken. Bei derartigen Experimenten konnte festgestellt werden, dass die Testpersonen beispielsweise erkennen konnten, ob sich ein Tier oder eine Landschaft auf dem Foto befand. Wenn Fotos nur sehr kurz gezeigt wurden, konnten die Personen erkennen, ob sich ein männliches oder ein weibliches Gesicht darauf befand. Aus diesen Experimenten lässt sich schliessen, dass Wahrnehmung auch ohne fokussierte Aufmerksamkeit möglich ist (Goldstein 2008: S. 136).

Hingegen ist fokussierte Aufmerksamkeit erforderlich, um spezifische Details eines Objekts zu erkennen. Visuelle Informationen werden während des Wahrnehmungsvorgangs in einem visuellen, sensorischen Kurzzeitspeicher gehalten, welcher die gesamte Information einer visuellen Anordnung enthält. Nur wenn wir dabei Aufmerksamkeit auf diese Informationen lenken, stehen die Informationen uns für die Wahrnehmung zur Verfügung, sonst gehen sie verloren (Anderson 2001: S. 88–89).

Ein analoger Mechanismus ist auch für die auditive Wahrnehmung gefunden worden. In klassischen Experimenten mit Beschattungsaufgaben werden dem linken und rechten Ohr unterschiedliche Informationen dargeboten. Die Testperson hat dabei die Aufgabe, den einen Kanal zu beschatten, d.h. sich auf die Information in diesem Kanal zu konzentrieren. Dabei wurde festgestellt, dass die Testpersonen bestimmte Informationen, welche im nicht beschatteten Kanal dargeboten wurden, dennoch wahrgenommen haben. Sie konnten berichten, ob es sich um menschliche Stimmen oder Geräusche handelte oder ob der eigene Name erklang. Dies kennen wir als Cocktail-Party-Phänomen, wenn wir in ein Gespräch vertieft sind und plötzlich jemand im Raum unseren Namen ausspricht. Unsere Aufmerksamkeit wird dann sofort zu dieser Person springen. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Informationen sowohl aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften, wie Klangfarbe, Lautstärke, der Übereinstimmung mit der gerade verarbeiteten Information, als auch ihres semantischen Gehalts, wie dem eigenen Namen, für die kognitive Verarbeitung ausgewählt werden (Anderson 2001: S. 77–79).

Ein weiteres Modell der visuellen Aufmerksamkeit beschreibt die Aufmerksamkeit mit der Metapher des Scheinwerfers. Dabei wird die Aufmerksamkeit auf das zentrale Sichtfeld, welches in der Fovea abgebildet wird, fokussiert. Testpersonen konnten aber auch Aufmerksamkeit in einem Bereich auf Objekte lenken, welcher bis zu 24 Grad von der Fovea abweicht. Daraus wurde abgeleitet, dass der Scheinwerfer eine unterschiedliche Grösse annehmen kann, was einen Einfluss auf die Effizienz der Informationsverarbeitung hat. Je grösser das visuelle Feld ist, das von diesem Scheinwerfer abgedeckt wird, desto schlechter und weniger detailreich ist die Informationsverarbeitung in diesem Feld. D.h. umgekehrt wird mit einer Verengung des Scheinwerfers die Informationsverarbeitung maximiert. Um verschiedene Objekte innerhalb des Scheinwerfers zu verarbeiten, ist eine Bewegung des Aufmerksamkeitsfokus' notwendig, welcher die Objekte abscannt und jeweils selektiv verarbeitet. Dabei kann die Aufmerksamkeit auf Objekte unabhängig von ihrer Position im Raum gerichtet werden (Anderson 2001: S. 82-85). Diese selektive Aufmerksamkeit beruht darauf, dass nur die Informationen innerhalb des Scheinwerfers wahrgenommen werden; die ausserhalb dieses Scheinwerfers liegenden Informationen werden ausgeblendet.

Aufmerksamkeit als notwendige Voraussetzung für die Wahrnehmung eines Objekts zeigt sich bei der Blindheit durch Nichtaufmerksamkeit, von der man spricht, wenn ein Stimulus, der keine Aufmerksamkeit erhält, nicht wahrgenommen wird, obwohl er im Blickfeld liegt. Interessanterweise konnte diese Blindheit durch Nichtaufmerksamkeit sowohl für kurz aufblitzende Stimuli als auch für natürliche Stimuli, die für längere Zeit dargeboten werden, beobachtet werden (Goldstein 2008: S. 137). Daraus können wir ableiten, dass wir von denjenigen Stimuli, welche sich nicht oder nur langsam verändern, unsere Aufmerksamkeit abziehen und dass sie damit keine Wahrnehmungsressourcen mehr beanspruchen. Daraus stellt sich die Frage, welche Bedingungen diese Stimuli erfüllen müssen, damit sie dennoch in den Fokus der Aufmerksamkeit verschoben werden, sobald sie für den Anwender relevant werden. Anders gesagt: Durch welche Faktoren wird der Scheinwerfer auf ein Objekt gelenkt? Ausschlaggebend für diesen Vorgang ist die Auffälligkeit des Stimulus. Sie lenkt die selektive Aufmerksamkeit, indem der Stimulus durch seine Intensität oder seine kontextabhängige Differenzierung physikalischer Merkmale wie Helligkeit, Ort, Farbe, Linienorientierung oder semantischer Gehalt, auffällig wird (Krummenacher 2008). In der kognitiven Verarbeitung kommen weitere Faktoren wie die Bedeutung oder die Wichtigkeit des Stimulus hinzu, welche mitbestimmen, ob die Aufmerksamkeit dorthin verschoben wird (Wickens et al. 2008: S. 55–58).

Zur Frage der Relation von Aufmerksamkeit und Wahrnehmung hat Anne Treisman (1993) auch untersucht, wie die verschiedenen Merkmale eines Objekts registriert und zur kohärenten Wahrnehmung eines Objektes zusammengeführt werden. Aus den experimentellen Daten hat sie die Theorie der Merkmalsintegration entwickelt. Diese geht von einem mehrstufigen Wahrnehmungsprozess aus, bei der zunächst in einer präattentiven Phase einzelne Merkmale, wie Farbe, Form, Position im Raum und Bewegung, registriert werden. Diese Merkmale werden, ohne dass wir Aufmerksamkeit auf sie richten, registriert. Treisman spricht in diesem Zusammenhang von Unaufmerksamkeit (Inattention). Für die Integration dieser Merkmale zu einem Objekt ist es erforderlich, dass wir unsere Aufmerksamkeit auf sie richten (Treisman 1993). Auch die Integration der getrennten Merkmalskategorien zu einem Objekt, welche im Gehirn physiologisch in einen Was- und einen Wo-Strom in verschiedenen Hirnarealen verarbeitet werden, erfordert unsere Aufmerksamkeit. Die Merkmale können jedoch auch ohne Aufmerksamkeit handlungswirksam werden, dann jedoch als alleinstehende Informationen. Ohne Aufmerksamkeit auf die Merkmale zu lenken, nehmen wir zwar Merkmale wie Farbe und Form wahr, kombinieren diese aber unter Umständen zu einer Wahrnehmung eines Objekts, das nicht existiert. Dies bedeutet auch, dass Merkmalsinformationen im Zentrum unserer Aufmerksamkeit liegen müssen, um zu einem Muster zusammengesetzt zu werden (Goldstein 2008: S. 145–147, Anderson 2001: S. 90–102). Die von Treisman definierte Unaufmerksamkeit entspricht in etwa der peripheren Aufmerksamkeit. Die periphere Aufmerksamkeit beinhaltet aber auch den weiteren Aspekt, dass die Aufmerksamkeit in einer nicht störenden Art von zentralen Informationen zu peripheren Informationen wechseln kann.

Nun stellt sich auch die Frage, welche Auswirkungen auf die Qualität der Wahrnehmung von Objekten sich feststellen lässt, wenn diese mit Aufmerksamkeit bedacht werden. Experimentell wurde festgestellt, dass wir ein Objekt, auf das wir Aufmerksamkeit lenken, deutlicher und kontrastreicher erfassen, als ohne Aufmerksamkeit. Dieser Effekt wird dann besonders wirksam, wenn verschiedene Objekte ähnliche visuelle Merkmale in ähnlicher Ausprägung haben (Goldstein 2008: S. 142–143).

Die Frage, welche Informationen ohne Aufmerksamkeit verarbeitet werden und dennoch handlungswirksam werden, wird in der Forschungsliteratur nach wie vor kontrovers diskutiert. So wird die beschriebene Merkmalsintegrationstheorie in Modellen, welche eine gleichzeitige serielle und parallele Verarbeitung von visuellen Stimuli vorschlagen, kritisch hinterfragt. Bei diesem Modell werden die physikalischen Merkmale nicht getrennt verarbeitet, sondern zu einem Muster verbunden, welches weiterverarbeitet wird (Nakayama et al. 1998). Das Phänomen des Blindsehens, bei dem Personen mit einer Schädigung des visuellen Cortex bei funktionierender Retina und intaktem Sehnerv visuelle Informationen nicht bewusst wahrnehmen können, zeigt, dass die Wege der Informationsaufnahme und -verarbeitung noch bei weitem nicht abschliessend verstanden sind. So wird in einer kürzlich publizierten Studie von einem blinden Mann berichtet, welcher Hindernisse, die

in seinem Weg standen, erkennen und ihnen ausweichen und den emotionalen Ausdruck von Gesichtern wahrnehmen konnte, ohne die Gesichter selber zu erkennen (de Gelder et al. 2008).

Für unser Thema ist relevant, dass wir gewisse Objektmerkmale ohne Aufmerksamkeit wahrnehmen können und diese zumindest für die visuelle und die auditive Wahrnehmung für kurze Zeit zur Verfügung haben, wenn wir Aufmerksamkeit auf sie lenken. Die visuellen Reize müssen nicht unbedingt bewusst wahrgenommen werden, um einen Effekt auf das Handeln zu haben. Diese unterschwellige Wahrnehmung ohne Aufmerksamkeit kann handlungswirksam werden (Goldstein 2008: S. 153).

### **3.3 Multisensorische Wahrnehmung**

Bisher haben wir das Verhältnis von Wahrnehmung und Aufmerksamkeit für den visuellen und den auditiven Sinneskanal getrennt betrachtet. Schifferstein (2008) hat experimentell gezeigt, dass Personen, ohne dass dies von aussen beobachtbar wäre, ihre Aufmerksamkeit von einem Sinneskanal auf einen anderen verschieben können. Dieser Vorgang benötigt eine gewisse Zeit. Interessanterweise ist die Zeitdauer jedoch für die verschiedenen Sinne unterschiedlich lang. So ist die Reaktionszeit, um die Aufmerksamkeit vom Tastsinn weg zu richten, grösser als die Bewegung weg vom visuellen oder auditiven Sinneskanal. Ebenso ist die Zeit, um die Aufmerksamkeit zum Tastsinn hin zu verschieben grösser als hin zu Augen oder Ohren. Dies wurde ebenfalls für kognitive Prozesse festgestellt, bei denen die Reaktionszeit auf Wortpaare gemessen wurde. Worte, welche den Tastsinn ansprechen wie «warm», hatten eine längere Reaktionszeit, als solche, die einem anderen Sinneskanal entstammen. Die Integration von multisensorischer Informationen hängt auch stark von ihrer räumlichen Position ab. Wenn der wahrgenommene Ort der Informationen in verschiedenen Sinneskanälen identisch ist, so werden die Informationen eher derselben Quelle zugeschrieben und entsprechend verarbeitet. Über die verschiedenen Sinnesmodalitäten hinweg scheinen einige Dimensionen gültig zu sein, nämlich die Intensität (schwach – stark), die Dauer und die räumliche Lokalisation (Schifferstein et al. 2008).

Die multisensorische Wahrnehmung bietet die Möglichkeit, dass Informationen bis zu einem gewissen Grad parallel verarbeitet werden und Aufmerksamkeitsressourcen effizienter genutzt werden. Ein Modell, welches dies beschreibt, ist das von Wickens entwickelte Multiple Resource Model (Wickens et al. 2008). Das Modell basiert auf einer Metaanalyse verschiedener Multiple-Task-Experimente, welche das Zusammenspiel der verschiedenen, zu lösenden Aufgaben und ihre gegenseitigen Abhängigkeiten bezüglich der genutzten Ressourcen untersuchen. Das Modell gliedert die Ressourcen zur Wahrnehmung, Informationsverarbeitung und Handlung in verschiedene Bereiche auf. Es besagt, dass wir Informationen parallel verarbeiten können, solange sie nicht dieselben Ressourcen benötigen und es bietet damit ein Instrument zur Vorhersage der Task Performance mit multisensorischen Stimuli.

Das Multiple-Resource-Modell basiert auf den vier Dimensionen 1) Verarbeitungsebene (processing stages), 2) Wahrnehmungsmodalität (perceptual modalities), 3) visueller Kanal (visual channel), 4) Verarbeitungs-codes (processing codes).

#### **1) Verarbeitungsebene**

Die Verarbeitung von Informationen wird in die Ebenen Wahrnehmung (Perception), Kognition (Cognition) und Handlung (Responding) getrennt. Die drei Ebenen stehen in Konkurrenz zu einander, wenn sie gleichzeitig auf dieselben Ressourcen wie Perzeption, Arbeitsgedächtnis oder Auswahl der Handlung und Ausführung der Handlung zugreifen. An einem Beispiel können wir dies veranschaulichen: Beim Autofahren können wir gleichzeitig die Strasse und Umgebung wahrnehmen und den Gang schalten. Wenn wir jedoch zusätzlich auch auf ein Ereignis auf der Strasse reagieren müssen, so werden die Reaktionshandlungen (ausweichen - Gang schalten) nur sequentiell ausgeführt.

## 2) Wahrnehmungsmodalität

Wenn verschiedene Aufgaben dieselben Wahrnehmungsmodalitäten erfordern (beispielsweise alle den visuellen Kanal), so ist die Wahrnehmungskapazität für jede Aufgabe geringer, als wenn verschiedene Modalitäten beansprucht werden.

## 3) Visueller Kanal

Für den visuellen Kanal wird seine spezifische Eigenschaft der fokalen, visuellen Wahrnehmung im Zentrum des Blickfeldes (Abbildung in der Fovea) gegenüber der peripheren, visuellen Wahrnehmung am Rande des Blickfeldes unterschieden und als je eigene Ressource behandelt.

## 4) Verarbeitungscodes

Die Verarbeitungscodes unterscheiden zwischen analog-räumlicher Verarbeitung und kategorial-symbolischer oder wortsprachlicher Verarbeitung. Die manuelle, räumliche und die wortsprachliche Verarbeitung stellen zwei unterschiedliche Ressourcen dar, welche für die zeitgleiche Ausführung von Aufgaben parallel genutzt werden können.

Die Unterstützung peripherer Aufmerksamkeit erfolgt gemäss dem Multiple Resource Model optimal, wenn die Wahrnehmungsmodalitäten für die primäre Aufgabe und für die peripheren Informationen unterschiedlich sind und auf unterschiedliche Ressourcen in den vier Dimensionen zugreifen. Innerhalb des visuellen Kanals kann sie über Informationen, welche im Zentrum und in der Peripherie angezeigt werden, unterstützt werden.



Abbildung 5: Die reiche, haptische Erfahrung einer Computertastatur

## 3.4 Periphere Aufmerksamkeit und Unterbrechung

Die bisher vorgestellten Modelle beschreiben die zu einem Zeitpunkt aktive Verteilung der Aufmerksamkeitsressourcen in statischer Form. In diesem Kapitel wollen wir der Frage nachgehen, wie die Ressourcen dynamisch verteilt werden, wie also beispielsweise die auf eine Aufgabe fokussierte Aufmerksamkeit in die Peripherie verlagert wird, oder wie sie von einem Objekt zu einem anderen wechselt. Dazu ziehen wir Forschungsergebnisse zum Thema der Unterbrechung (Interruption) bei. In Bezug auf Calm Technology wollen wir dazu auch die subjektive Erfahrung und emotionale Beurteilung dieses Vorgangs untersuchen.

In verschiedenen Studien ist die Frage untersucht worden, wie hoch der Aufwand für einen Wechsel der Aufmerksamkeit von einer Aufgabe zu einer anderen sind. Der empfundene Aufwand, welcher der Wechsel der Aufmerksamkeit von der aktuellen Aufgabe zu einer anderen und wieder zurück erfordert, hängt gemäss diesen Studien stark vom Interesse ab, welches wir für die Aufgabe haben.

Wenn wir mit einer Aufgabe beschäftigt sind, in welche wir engagiert sind und die wir mit grossem Interesse bearbeiten, so ist der Wechsel zu einer anderen Aufgabe störender und dauert länger (Wickens et al. 2008: S. 152–157). Die Faktoren, welche die Geschwindigkeit des Wechsels bestimmen, sind dabei die Wichtigkeit der sekundären Aufgabe und die Auffälligkeit des Hinweises, welcher die sekundäre Aufgabe ankündigt.

In der Forschung zum Thema der Unterbrechung in der Arbeit mit Computern ist experimentell untersucht worden, welche Konsequenzen die verschiedenen Formen des Wechsels von einer primären zu einer sekundären Aufgabe und wieder zurück für die Aktivitäten der Testpersonen hatten. McFarlane und Latorella haben dazu vier Typen der Unterbrechung identifiziert: 1) sofortig (immediate), wenn sofort auf den Hinweis reagiert werden muss; 2) verhandelt (negotiated), wenn der Anwender den Hinweis bestätigt, ablehnt oder aufschiebt; 3) vermittelt (mediated), indem das System versucht, durch Kontextwissen den für den Anwender bestmöglichen Zeitpunkt für die Unterbrechung herauszufinden; und 4) geplant (scheduled), mit einer Ankündigung, die dem Anwender erlaubt, sich auf eine Unterbrechung zu einem bestimmten Zeitpunkt einzurichten (McFarlane et al. 2002).

Diese Typen haben unterschiedliche, für ein konkretes System empirisch zu evaluierende Auswirkungen auf die Ausführung der primären und der sekundären Aufgabe und auf die emotionale Beurteilung der Unterbrechung durch den Menschen.

Wie gut sich der Anwender nach der Rückkehr zur primären Aufgabe wieder orientieren kann, stellt einen weiteren Aspekt der Interaktionserfahrung bei einer Unterbrechung dar. Es lässt sich aus diesen Studien jedoch keine allgemeingültige Regel ableiten, welche Form als am wenigsten unangenehm erfahren wird. Für unsere Untersuchung können wir festhalten, dass die Verschiebung der Aufmerksamkeit analog zur Unterbrechung gemäss den oben beschriebenen Dimensionen unterschiedlich ablaufen kann, und dass sie von den Anwendern je nach Kontext und Aufgabe emotional verschieden bewertet wird.

Die Wirksamkeit einer Unterbrechung hängt von der Art des Hinweisreizes ab, welcher die Aufmerksamkeitsverschiebung anstösst. Die Wirkung eines Hinweisreizes ist experimentell von Posner et al. in einem Hinweisreizverfahren (Precuing) untersucht worden (nach Goldstein 2008: S. 141). Dabei wurde festgestellt, dass in Regionen, in denen ein Hinweisreiz dargeboten wird, die Informationsverarbeitung effizienter abläuft. Dieses Phänomen dehnt sich auch auf ein ganzes Objekt aus und ist nicht nur auf einen Ort bezogen. Hier wurde also der Einfluss eines Hinweisreizes auf die nachfolgende Informationsverarbeitung untersucht.

Wickens (2008) präsentiert Ergebnisse zur Frage nach der Auswirkung der räumlichen Position des Hinweisreizes in Beziehung zur dargebotenen Information, auf die er verweist. Dabei ist zwischen einem zentralen und einem peripheren Hinweisreiz (Cue) zu unterscheiden. Ein zentraler Hinweisreiz zeigt den Ort des Objekts, auf das er verweist, in symbolischer Form, erscheint aber nicht selber an jenem Ort. Ein peripherer Hinweisreiz hingegen ist ein vorübergehend erscheinendes Signal, das an jenem Ort erscheint, wohin die Aufmerksamkeit verschoben werden soll. Dies hat zur Folge, dass die Bedeutung zentraler Hinweisreize kognitiv verarbeitet werden müssen und damit eine willentliche Verschiebung der Aufmerksamkeit erfordern. Periphere Hinweisreize hingegen rufen eine automatische Aufmerksamkeitsverschiebung hervor. Diese läuft schneller ab, ist aber nur nachhaltig, wenn sie durch willentliche Prozesse unterstützt wird, indem das Ziel auch wirklich als relevant beurteilt wird. Periphere Aufmerksamkeitsverschiebungen sind effektiver, so lange sie verlässlich sind und das tatsächliche Ziel nicht verdecken (Wickens et al. 2008: S. 27–29).

Wir können festhalten, dass das Design der peripheren Information von verschiedenen Faktoren abhängig ist, damit sie nicht als störende Unterbrechung empfunden wird. Dabei ist wichtig, dass nicht einzig die Gestaltung des Hinweises, sondern auch der Bezug zur primären Aufgabe und das Interesse des Anwenders über die subjektive Beurteilung der Interaktion entscheiden.

### 3.5 Lernen, Übung und Expertenwissen

Die Aspekte von Calm Technology finden sich sowohl in unserem Alltag mit oder ohne technologischen Systemen, als auch in professionellen Arbeitssituationen. Für unsere Fragestellung ist dabei relevant, dass die Personen in allen Anwendungskontexten Erfahrungswissen mitbringen und als Experten in ihrer Domäne zu betrachten sind. Dies impliziert, dass für diese Situationen ein Lernprozess und ein meist längeres Üben vorangegangen sind. Ausserhalb eines spezifischen Anwendungskontextes sind wir alle Experten in der Wahrnehmung unserer Umwelt. Und genau dieses Expertenwissen suchen Calm-Technology-Systeme optimal zu unterstützen.

Das Expertentum zeichnet sich dadurch aus, dass mit steigender Übung eine Aufgabe stärker automatisiert wird und dadurch bei ihrer Ausführung zunehmend geringere, zentrale Kognition erfordert (Anderson 2001: S. 100–101). Der Effekt ist bei komplexen Aufgabenstellungen am grössten. Wir gehen davon aus, dass wir dadurch periphere Informationen unter die Aufmerksamkeitsschwelle verschieben und mit geringen, kognitiven Ressourcen verarbeiten können. Dies wäre ein Hinweis auf Bedingungen, unter denen periphere Aufmerksamkeit möglich wäre.

Um zu erklären, wie das Interaction Design dieses Erfahrungswissen unterstützen kann, gehen wir von folgendem Lernmodell aus. Es umfasst die folgenden drei Phasen des Erwerbs von Fertigkeiten (Anderson 2001: S. 282–284):

- 1) Kognitive Phase: Fertigkeiten werden deklarativ und bewusst enkodiert.
- 2) Assoziative Phase: Fehler werden erkannt und eliminiert; erfolgreiche Prozeduren zur Ausübung der Fertigkeiten werden gestärkt.
- 3) Autonome Phase: Die Prozedur wird automatisiert, schneller und präziser ausgeführt.

Um die Bedeutung einer peripheren Information aktiv einzuüben und zu lernen, ist in der kognitiven Phase Aufmerksamkeit notwendig. Denn der Lerneffekt ist einerseits abhängig von der allgemeinen Wachheit, um Informationen aufzunehmen, andererseits von der selektiven Aufmerksamkeit, die wir auf ein Objekt oder eine Information richten (Spitzer 2007: S. 141–155).

Der Effekt des Übens zeigt sich in der autonomen Phase des Lernens schliesslich auch in der gesteigerten Effizienz der visuellen Suche. Durch wiederholtes Suchen oder wiederholte Exposition desselben Zielreizes erhöht sich die Sensitivität des Anwenders, das Ziel von Nichtzielen zu unterscheiden. Das Erkennen des Zieles verläuft nach diesem Lernprozess präattentiv. Selbst Ziele in der visuellen Peripherie werden dadurch wirksamer erkannt (Wickens et al. 2006: S. 116). Dies ist in Übereinstimmung mit Studien, die untersuchten, wie technische Systeme durch Anwender mit verschieden langer Erfahrung (Novizen bis Experten) genutzt werden. Dabei zeigte sich, dass Experten die technischen Systeme häufiger und anders verwenden als Novizen. Sie setzen domänenspezifisches Wissen ein, um die zusätzlichen Informationen, welche sie in den technischen Systemen abrufen, zu beurteilen und steigern damit die Qualität ihrer Entscheidungen (Charness et al. 2008).

Es stellt sich nun die Frage: Wie kann dieser Lernprozess durch das Design der angebotenen Information unterstützt werden? Für die periphere Aufmerksamkeit könnte ein Ansatz auf Erkenntnissen aus der Lernforschung basieren, die besagen, dass für Objekte, die sich wenig unterscheiden, Objekte schneller gelernt werden, deren Merkmale deutlich hervorgehoben werden. Ein klassisches Beispiel sind Karikaturen von Gesichtern, für die eine kürzere Zeit für die Erkennung beobachtet wurde (Dror et al. 2007). Für die Darstellungsform von Icons ist in einer Studie festgestellt worden, dass zu Beginn eines Lernprozesses die semantische Distanz, also ihre Unterscheidbarkeit, zwischen den Icons der Hauptfaktor für die Erkennung darstellen, während die Beziehung von Icon und Funktion gelernt wird. Die Vertrautheit ist dann in der autonomen Phase des Expertentums wichtig, da sie auf Wissen im Langzeitgedächtnis basiert (Isherwood et al. 2007).

Wenn wir davon ausgehen, dass die periphere Aufmerksamkeit in Calm-Technology-Systemen darauf beruht, dass die Anwender Experten sind, so können wir eine weitere Charakteristik des Expertentums nutzen. Experten zeichnen sich im Allgemeinen dadurch aus, dass sie aufgrund ihres Erfahrungswissens die wichtigen Faktoren eines Systems kennen, welche für ihre Entscheidungen notwendig sind. Für komplexe Systeme hat dies zur Folge, dass Experten die Komplexität auf wenige, zentrale Faktoren reduzieren. Wie verschiedene Studien zeigen, liegt die Qualität der Entscheidungen höher, als wenn möglichst viele Faktoren berücksichtigt werden (Gigerenzer 2008).

Daraus lässt sich ableiten, dass die Verdichtung der Information Mechanismen der peripheren Aufmerksamkeit unterstützen kann. Verdichtung bedeutet hier eine Darstellungsform, die für die Vielschichtigkeit der Information eine adäquate, abstrakte Form findet. Als Arbeitshypothese gehen wir davon aus, dass ein Stimulus, der in einem höheren Abstraktionsgrad angeboten wird, mit weniger Wahrnehmungsressourcen verarbeitet werden kann.

Eine häufige Darbietung der Information bewirkt ein Lernen. Dadurch wird eine automatische Prozedur der Informationsverarbeitung und des Handelns abgespeichert, auf die in kritischen oder komplexen Situationen zurückgegriffen werden kann. Gleichzeitig kann dadurch auch die Information in die Peripherie der Aufmerksamkeit verschoben werden, da sie in ihrer Bedeutung und der notwendigen Handlung vertraut ist.

### **3.6 Verarbeitung grosser Informationsmengen: Intuition und «Bauchgefühl»**

Die bewusste Wahrnehmung ist in ihrer Kapazität sehr beschränkt. Im Gegensatz zu der im Vergleich geringen Menge an Information, die bewusst wahrgenommen und verarbeitet wird, nimmt der Mensch unbewusst über die Sinneskanäle grosse Mengen an Informationen auf. Diese unterschwellig wahrgenommenen Informationen werden ebenfalls verarbeitet. Das Unbewusste denkt sozusagen. Bei komplexen Entscheidungen, bei denen viele Faktoren eine Rolle spielen, entscheiden Menschen besser, wenn sie sich auf ihre Intuition verlassen. Die unterschwellig verarbeiteten Informationen kumulieren sich zur Intuition und werden handlungswirksam.

Dass die Intuition dem Verstand bei komplexen Entscheidungen überlegen sein kann, hat der US-Psychologe Tim Wilson Anfang der 1990er Jahre aufgezeigt. Er zeigte Studenten fünf verschiedene Poster. Die einen zeigten einen Van Gogh oder einen Monet, andere hatten Cartoons mit Katzen drauf. Die Studenten sollten sich für nur ein Poster entscheiden, das sie dann mit nach Hause nehmen durften. Er teilte die Studenten in zwei Gruppen. Die einen sollten vor der Entscheidung bei jedem Poster kurz notieren, was ihnen daran gefiel und was nicht. Die anderen sollten spontan entscheiden. Am Ende des Semesters rief er die Studenten an und fragte sie, was sie von ihrem Poster hielten. Die Studenten, die spontan entschieden hatten, äusserten sich positiver über ihr Poster und hatten das Poster auch häufiger an die Wand gehängt als die Gruppe, welche mit dem Verstand über die Poster nachgedacht hatten. Der Versuch ergab bei allen Wiederholungen dasselbe Ergebnis und es spielte keine Rolle wofür sich die Studenten entscheiden mussten, beispielsweise Konfitüre oder Hautcrème. Die Zufriedenheit war bei Bauchentscheidungen immer grösser, als bei rational gefällten Entscheidungen (Kast 2007: S. 70–72).

Das Experiment zeigt, dass die Bauchentscheidung in einem kurzen Zeitraum dem Verstand überlegen ist. Aber wie ist es, wenn man den Probanden Zeit lässt, die Informationen unbewusst zu verarbeiten?

Der holländische Psychologe Ap Dijksterhuis hat den Versuch von Wilson wiederholt, fügte aber eine dritte Variante hinzu. Eine dritte Gruppe sollte die Poster weder spontan auswählen, noch bewusst über die Poster nachdenken. Die dritte Gruppe wurde unmittelbar, nachdem sie die Poster gesehen hatten, mit einer kniffligen Sprachaufgabe abgelenkt, und erst danach sollten sie ihre Entscheidung fällen. Bei der Befragung nach ein paar Wochen äusserte sich diese Gruppe noch positiver zu ihren Postern als die anderen beiden Gruppen.



Im Februar 2006 veröffentlichte Dijksterhuis in Science die Resultate eines Laborversuch bei dem er Probanden die Wahl zwischen vier Autos gab, von denen sie sich eins aussuchen sollten. Ein Auto war neu, und die Marke bürgte für einen guten Service, zwei lagen im Mittelfeld und eines war eine Rostlaube. In einem ersten Versuch bekamen die Probanden vier Eigenschaften pro Auto zu lesen. Sie wurden also insgesamt mit zwölf Eigenschaften konfrontiert. Dann teilte er die Probanden in zwei Gruppen, die einen sollten bewusst darüber nachdenken, welches Auto sie kaufen würden, die anderen wurden mit einer Sprachaufgabe abgelenkt. Die bewussten Nachdenker entschieden sich etwas öfter für das beste Auto, als die Gruppe, die keine Zeit hatte, über die Autos nachzudenken. Der Unterschied war allerdings nicht signifikant.

Er wiederholte den Versuch mit zwölf Eigenschaften pro Auto, also insgesamt 48 Eigenschaften. Nun schloss die Gruppe der «bewussten Nachdenker» wesentlich schlechter ab, als die Gruppe der «unbewussten Nachdenker», die abgelenkt wurden. Weiter zeigte sich, dass die «unbewussten Nachdenker» umso besser entschieden, umso länger man sie ablenkte. Das Ergebnis dieses Versuchs legt nahe, dass die Informationen unbewusst weiterverarbeitet und die Entscheidungen der Probanden durch die Zeit, bei der sie nicht bewusst nachdenken konnten, «besser» werden. (Dijksterhuis et al. 2006 und Kast 2007: S. 80–83)

In der vorliegenden Studie werden Anwender in komplexen technischen Systemen untersucht, die in Umgebungen arbeiten, in denen die Informationsmenge die Kapazität der fokussierten Aufmerksamkeit übersteigt. Die Anwender müssen für die Erfüllung ihrer Aufgabe im jeweiligen Kontext, trotz der Informationsflut, Entscheidungen fällen können.

Es stellt sich die Frage, wie Systeme gestaltet sein sollten, damit sie den intuitiven Entscheidungsprozess optimal zu unterstützen. Welche Informationen müssen mit dem Verstand verarbeitet werden, welche können peripher als Unterstützung der Intuition dienen? Wie muss die Information gestaltet sein, damit die Anwender diese Information mühelos in die Peripherie ihrer Aufmerksamkeit verschieben können?

### **3.7 Zusammenfassung**

Für unsere Fragestellung ist relevant, dass der Mensch seine Aufmerksamkeitsressourcen in unterschiedlichen Formen auf Objekte richten kann. Fokussierte Aufmerksamkeit konzentriert sich auf ein Objekt, verteilt kann sie über eine Szenerie verschiedene Objekte erfassen und selektiv beachtet sie einzelne Objekte und blendet die andere Objekte aktiv aus. Objekte, welche mit Aufmerksamkeit beachtet werden, werden detailreicher und intensiver wahrgenommen.

Wahrnehmung kann aber auch ohne Aufmerksamkeit verlaufen. Auf dieser Ebene werden einfache Merkmale wie Farbe, Ort, Bewegung oder Kategorien wie weiblich/männlich, natürlich/künstlich wahrgenommen, aber auch ihr semantischer Gehalt, wenn er für die Person relevant ist wie etwa der eigene Name.

Die Verschiebung der Aufmerksamkeit aus der Peripherie ins Zentrum wird durch die Auffälligkeit des peripheren Stimulus ausgelöst. Die Auffälligkeit definiert sich über ihre Unterscheidbarkeit zur Umgebung wie der Helligkeit, der Farbe, des Klangs eines Geräusches oder seiner Lautstärke. Ob dies als störende Unterbrechung empfunden wird hängt davon ab, ob die periphere Information einen Zusammenhang zur primären Tätigkeit hat und diese unterstützt oder ob der Anwender sie generell als hilfreich oder relevant einschätzt.

Die Wahrnehmung über mehrere Sinneskanäle ermöglicht die parallele Verarbeitung von Informationen. Das Multiple Resource Model unterscheidet vier Dimensionen, in welche sich die Wahrnehmungsressourcen aufteilen. Gemäss diesem Modell läuft die Verarbeitung mit peripherer Aufmerksamkeit effizient ab, wenn die Information im Zentrum andere Ressourcen erfordert als diejenige in der Peripherie. Dabei beziehen sich die Ressourcen neben den Sinnesmodalitäten auch auf

die Verarbeitungsebene (Wahrnehmung, Kognition, Reaktion) und die Verarbeitungsodes (manuell, wortsprachlich).

Durch Üben kann eine Information oder ein Vorgang gelernt und damit automatisiert verarbeitet oder ausgeführt werden. Darauf basiert das Erfahrungswissen von Experten, die aus einer Fülle komplexer Informationen die wesentlichen Faktoren für eine Entscheidung kennen. Damit können sie die Informationen unbewusst und intuitiv wahrnehmen und verarbeiten.

Informationen können unbewusst verarbeitet werden und das Entscheidungsverhalten beeinflussen. Bei vielen Faktoren, die in eine Entscheidung einbezogen werden müssen, führt die nicht-rationale Verarbeitung zu besseren, intuitiven Entscheidungen.

## 4 Periphere Aufmerksamkeit im Human Computer Interaction Design

Nachdem wir uns mit den Wahrnehmungsvorgängen des Menschen befasst haben, gehen wir in diesem Kapitel der Frage nach, welche Konzepte sich im Human Computer Interaction Design für Calm-Technology-Systeme finden lassen.

### 4.1 Calm Technology – der Computer verschwindet

Die soziotechnischen Konzepte, welche sich parallel zur Calm Technology und unabhängig vom Aspekt der Interaktionserfahrung entwickelt haben, sind unter den Bezeichnungen Ubiquitous Computing, Pervasive Computing oder Ambient Intelligence bekannt, zu denen jährlich verschiedene Konferenzen stattfinden (u.a. [www.ubicomp.org](http://www.ubicomp.org), [www.percom.org](http://www.percom.org), [www.pervasive2009.org](http://www.pervasive2009.org)). Die verschiedenen Bezeichnungen werden meist synonym verwendet. In der medialen Öffentlichkeit werden sie hauptsächlich unter den Aspekten ortsbasierter Dienste, der Vernetzung aller Objekte («Internet der Dinge») oder «intelligenter» Umgebungen wie etwa Häuser und der damit aufkommenden Fragen des Datenschutzes diskutiert.

Gemeinsam ist diesen Konzepten, dass der Computer im Sinne eines Desktop-Rechners buchstäblich in der Umgebung des Menschen verschwindet und über Sensoren Informationen der Umwelt aufnehmen und verarbeiten kann. Dies reicht beispielsweise von implantierten Sensoren zur Überwachung des Herzrhythmus, über Kleinstcomputer in Kleidern (wearable computing) hin zu Sensoren in Räumen und Häusern zur Steuerung beispielsweise der Heizung, des Lichts in Abhängigkeit der Aktivitäten der Bewohner, oder dem bereits klassischen Beispiel eines Kühlschranks, der automatisch die fehlenden Lebensmittel bestellt (vgl. zu den Auswirkungen dieser zum Teil noch visionären Konzepte auf die Human Computer Interaction Harper et al. 2008).

Die Vernetzung dieser Kleinstcomputer und Sensoren, ihre Fähigkeit, Kontextinformationen zu speichern, zu verarbeiten und Informationen auszutauschen, eröffnet neue Möglichkeiten des Interaction Designs. Sie stellt aber auch neue Anforderungen an die zufriedenstellende Gestaltung der Interaktion. Informationen verschiedenster Quellen können zusammengefügt und analysiert werden und so dem Anwender kontextabhängig relevante Informationen anbieten. Adam Greenfield (2006) nennt diese Technologien «Everyware». Mit dieser überall verfügbaren Ware löse sich die Informationsverarbeitung in Verhalten auf, da wir nicht mehr mit expliziten Befehlen eine Maschine steuern. Als Folge erwarten wir, dass diese Interaktionen sich «natürlich, menschlich, richtig» (Greenfield 2006) anfühlen. Dies ist das Versprechen der neuen Technologien. Die Abstimmung des technischen Systems auf die Bedürfnisse, Erwartungen und Handlungen des Anwenders stellt sich inzwischen als ein äusserst komplexer Vorgang dar. Für die Interaktionsgestaltung ergibt sich eine folgenschwere Konsequenz: Da die Interaktion auf verschiedenste Kontext-Informationen des System basiert, kann sie nicht mehr einfach aufgabenbezogen gestaltet sein oder eine einfache instrumentelle Beziehung zur Technologie anbieten. Die Situation, in welcher die Interaktion stattfindet, ist weit vielfältiger, denn es stellen sich Fragen wie: Wie weiss das System, dass ich es anspreche? Wie weiss ich, dass das System mich wahrnimmt? Wie weiss das System, worauf sich mein Befehl bezieht? (Greenfield 2006: S. 38–39) Die Interaktion findet hier zwischen verschiedenen, menschlichen und technischen Akteuren in einem offenen Kontext statt. Somit stellen sich nicht nur Fragen zur optimalen Unterstützung einer Aufgabe, sondern auch Fragen nach der sozialen und politischen Dimension der Interaktion und der verarbeiteten Daten. Die Akzeptanz der Systeme wird entscheidend vom Vertrauen des Anwenders in das System abhängen. Aus diesem Grund kommt Greenfield zum Schluss, dass die Systeme sich dem Menschen gegenüber transparent verhalten sollen, indem sie dem Anwender die Möglichkeit geben, Informationen abzufragen. «Ubiquitous systems must contain provisions for immediate and transparent querying of their ownership, use, and capabilities» (Greenfield 2006: S. 237).

Für uns stellt sich damit die Frage, welche Anforderungen an das Interaction Design sich in diesem Szenario ergeben, wenn computerbasierte Informationsverarbeitung allgegenwärtig ist. Donald Norman (2007) hat in «The Design of Future Things» Regeln für die Kommunikation und Interaktion von Maschinen mit Menschen in automatisierten Systemen formuliert, welche diese Aspekte des Ubiquitous Computing mit berücksichtigen. Das Design der Interaktion technischer Systeme soll die folgenden Regeln umsetzen (Norman 2007: S. 152):

1. Informationsreiche, komplexe, natürliche Signale (Provide rich, complex, and natural signals.)
2. Antizipierbar (Be predictable.)
3. Guter, konzeptioneller Rahmen (Provide a good conceptual framework.)
4. Verständlich (Make the output understandable.)
5. Kontinuierliche Aufmerksamkeit ohne Belästigung (Provide continual awareness, without annoyance.)
6. Natürliche Bezüge, um die Interaktion verständlich und wirkungsvoll zu machen (Exploit natural mappings to make interaction understandable and effective.)

Für die konkrete Anwendung im Rahmen unserer Studie sind diese Regeln weiter zu detaillieren. Sie geben jedoch eine Richtung und einen Rahmen für die Gestaltung der Interaktion vor, welche als Kern davon ausgeht, dass die menschlichen Fähigkeiten der Wahrnehmung und Kognition optimal unterstützt werden. Das formulierte Ziel ist, dass der Mensch sich nicht den Konzepten der Maschine anpassen muss. Leicht umzusetzen ist dies nicht, denn die Regeln gehen, wie Norman ausführt, davon aus, dass Menschen und Maschinen keine gemeinsame Basis haben – weder bezüglich ihrer Art der Wahrnehmung, der Informationsverarbeitung noch bezüglich ihres Erfahrungswissens. Daher stellt sich nach wie vor die Schwierigkeit, wie die Maschinen mit den Menschen verständlich kommunizieren, wie sie vorhersagbar werden und dies dem Menschen in einer Form mitteilen, die ihm die Gewissheit vermittelt, immer die für ihn relevanten Informationen zu erhalten. Wenn wir bedenken, dass mit Ubiquitous Computing die technischen Systeme allgegenwärtig werden und wir uns ihnen kaum entziehen können, so wird deutlich, dass die Systementwicklung unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der Anwender ein entscheidender Faktor für ihre Akzeptanz ist. Die dauernde Präsenz der Systeme erfordert ein Interaktionsdesign, welches Vertrauen herstellt, und dies mit einem transparenten Verhalten des Systems.

Mark Weiser und John Seely Brown führen in ihrem Aufsatz zu Calm Technology ein weiteres Konzept an, welches diese Aspekte unterstützen soll: die Affordanz (Affordance). Es wurde von James J. Gibson (Gibson 1979) formuliert und ist von Donald Norman für die Human Computer Interaction adaptiert worden (Norman 1990, Norman 2004). Gibson beschreibt mit diesem Konzept die Handlungsmöglichkeiten, welche in Objekten in der Umwelt objektiv feststellbar sind. Norman schränkte dies für die Anwendung in der Human-Computer-Interaktion auf die möglichen Handlungen und Funktionen eines (interaktiven) Objekts ein, welche vom Anwender wahrnehmbar sind. D.h. der Fokus liegt hier darauf, wie ein interaktives Objekt seine Bedeutung und Funktion wirksam dem Anwender, welcher bestimmte Ziele verfolgt, kommuniziert. Affordanz beruht jedoch auf einer fokussierten Aufmerksamkeit, weshalb auch für Weiser/Brown dieses Konzept nur ein erster Ansatzpunkt für die Interaktion in der Peripherie der Aufmerksamkeit darstellt.

## 4.2 Ambient Information Systems

Ambient Information Systems sind Applikationen und Systeme, die Informationen in einer nicht aufdringlichen Art vermitteln. An der Pervasive 2007 in Toronto und der Ubicomp 2008 in Seoul fanden die ersten beiden Internationalen Workshops zum Thema Ambient Information Systems statt. Im Rahmen dieser Workshops wurden hauptsächlich Untersuchungen zu Prototypen aus dem akademischen Umfeld zu Ambient Information Systems präsentiert.

Tomitsch, Kappel, Lehner und Grechenig präsentierten an der Pervasive 2007 eine Taxonomie für Ambient Information Systems. Die Designdimensionen sind aus zahlreichen, untersuchten Forschungsprojekten abgeleitet und iterativ erweitert worden. Mit der Anwendung auf existierende Ambient Information Systems wurde die Gebrauchstauglichkeit der Taxonomie überprüft. Als Resultat ihrer Analyse haben sie neun Designdimensionen abgeleitet:

Axis of Taxonomy for Ambient Information Systems	
Transition	Slow Medium Fast
Notification Level	Ignore Change Blind Make Aware Interrupt Demand Attention
Temporal Gradient	History Current
Abstraction Level	Low Medium High
Representation	Physical Integrated 2D
Modality	Visual Tactile Olfactory Auditory Movement
Source	Local Distant Virtual
Location	Private Semi-Public Public
Dynamic of Input	Slow Medium Fast

**Tabelle 1: Designdimensionen und Metriken nach Tomitsch et al. (2007)**

- Abstraction Level  
Abstraktionsgrad einer Information. Informationen, die in der Peripherie der Aufmerksamkeit bleiben sollen, werden in einer Art und Weise präsentiert, in welcher der Anwender sie im Überblick registrieren kann.

- **Transition**  
Die Geschwindigkeit der Veränderung einer Information. Zu langsam verändernde Information wird möglicherweise nicht bemerkt, während eine sich zu schnell ändernde Information die Aufmerksamkeit auf sich lenken kann.
- **Notification Level**  
Zeigt an, wie stark ein System oder eine Information auffällig wird, bzw. wie stark es den Anwender auffordert, seine Hauptaufgabe zu unterbrechen.
- **Temporal Gradient**  
Die meisten Systeme zeigen kontinuierlich verändernd ihren aktuellen Zustand an. Einige zeigen auch die Geschichte ihrer Veränderung an, statt nur ihren aktuellen Status.
- **Representation**  
Definiert die Art der Ausgabe eines Ambient Information System:
  - **Physical:** Ausgabegeräte, die speziell als Ambient Information System-Ausgabegeräte entwickelt wurden
  - **Integrated:** Die Ausgabe ist integriert in ein vorher existierendes Objekt (beispielsweise ein Regenschirm mit Wettervorhersage)
  - **2D representations:** entspricht der klassischen Bildschirmausgabe
- **Modality**  
Beschreibt, welcher Sinn vom Ambient Information System bedient wird.
- **Source**  
Unterscheidet zwischen Information, deren Quelle in derselben Umgebung vorzufinden ist wie die Anzeige, Information, die einen Status einer geografisch entfernten Quelle anzeigt und Information die eine Information aus einer rein virtuellen Umgebung anzeigt.
- **Location**  
Definiert den Ort oder den Kontext, in der sich ein Ausgabegerät befindet: privat, semi-public und public.
- **Dynamic of Input**  
Beschreibt die Geschwindigkeit in der sich die Eingabeinformation des Ambient Information System ändert.

Bei ihrer Studie stellten sie einen starken Zusammenhang zwischen der Transition und dem Notification Level fest. Eine langsame Veränderung korreliert mit Veränderungsblindheit. Eine mittlere oder schnelle Veränderung lenkt Aufmerksamkeit auf sich. Weiter stellten sie eine Korrelation zwischen Representation Level und dem Abstraction Level fest: 2D representations hatten immer einen hohen Abstraktionsgrad, während bei physical representations diese Korrelation nicht festgestellt werden konnte (vgl. zu den Designdimensionen Transition, Abstraction und Notification Level auch Matthews et al. 2003).

### 4.3 Zusammenfassung

Für die Gestaltung der Human Computer Interaction können wir festhalten, dass die technischen Systeme für den Menschen wahrnehmbar, verständlich, kontinuierlich und «natürlich» in dem Sinn kommunizieren sollen, dass sie die menschlichen Fähigkeiten der Wahrnehmung und Kognition unterstützen. Dies bildet die Voraussetzung dafür, dass der Anwender aus der Interaktionserfahrung Vertrauen zu den Systemen, die sich immer stärker und unscheinbarer in die alltägliche Lebenswelt integrieren, aufbaut.

Aus der Taxonomie der Ambient Information Systems können wir ableiten, dass eine langsame Veränderung, ein höherer Abstraktionsgrad und ein tieferer Notification Level periphere Aufmerksamkeit unterstützen dürfte.

Im Gegensatz zu den Forschungsergebnissen im Bereich Ambient Information Systems gehen wir von bestehenden Systemen aus, die nicht explizit als Ambient Information Systems gestaltet wurden, um unsere Designkriterien abzuleiten. Inwiefern in konkreten Arbeitskontexten Aspekte von Ubiquitous Computing, Calm Technology oder Ambient Information Systems bereits Realität sind, werden wir im Rahmen unserer Kontextanalyse untersuchen.

## 5 Kontextanalyse – Arbeitsumgebungen in komplexen Systemen

Aus den Recherchen ergeben sich grundsätzlich zwei Arten von Calm Technology: Einerseits wird eine «einfache Information» in die Peripherie der Aufmerksamkeit und zurück verlagert, wie zum Beispiel bei einem Statuslämpchen einer Stereoanlage oder eines Fernsehers. Diese Information hat die einfache Aussage, dass ein Gerät betriebsbereit ist. Bei einer Rückverschiebung in den Fokus der Aufmerksamkeit und bleibt die Information in ihrem Inhalt unverändert.

Andererseits spielt periphere Aufmerksamkeit in komplexen Systemen eine Rolle, bei denen es aufgrund der schieren Menge an Informationen unmöglich ist, sämtliche Informationen bewusst zu verarbeiten. Der Nutzer ist gewissermassen gezwungen, Informationen in die Peripherie zu verlagern. Im Gegensatz zur Verlagerung einer einfachen Information werden in diesem Fall sehr viele Informationen in die Peripherie verlagert. Bei einer Rückverlagerung ist die Information in diesem Fall nicht zwingend dieselbe, die in die Peripherie verlagert wurde. Der Anwender generiert aus einer Vielzahl von peripheren Informationen, neue Informationen. Solche Informationen können unter Umständen über die Aufmerksamkeitsschwelle treten und/oder sie beeinflussen das Entscheidungsverhalten der Anwender. Beim erfahrenen Anwender entsteht aus der Gesamtheit der unbewusst verarbeiteten Informationen ein Bauchgefühl, das ihm intuitives Handeln ermöglicht.

Wir haben uns dafür entschieden, periphere Aufmerksamkeit in komplexen Systemen zu untersuchen. Die oben beschriebene «einfache Information» schien uns nicht geeignet für die Validierung von Designkriterien, da wir nicht sicherstellen können, dass diese «einfachen Informationen» für den Anwender auch relevant sind. Weiter wollten wir sicherstellen, dass der Anwender eine konkrete Aufgabe zu erfüllen hat.

Um Anwendungskontexte zu finden, in denen Calm Technology eine Rolle spielt, haben wir zuerst Beispiele aus der realen Welt gesucht, die bereits calm funktionieren:

### Beispiel Bergbauer

Ein Bergbauer möchte wissen, ob er das Heu einbringen soll oder nicht: Da das Wetter in den Bergen schnell umschlägt, ist der Bergbauer darauf angewiesen, dass er voraussehen kann, wie sich das Wetter in den kommenden Stunden entwickelt. Da er sich die meiste Zeit des Tages draussen befindet, lernt er aus den Informationen, die ihm die Natur bietet, zu lesen, wie sich das Wetter in den kommenden Stunden entwickeln wird. Wolkenformen, Wolkenfarbe, Windstärke, Verhalten der Vögel, etc. Er verarbeitet eine grosse Menge an Informationen unterschwellig, und er generiert daraus eine neue Information beispielsweise: Es kommt Regen, es wird stürmisch, es bleibt schön. Er hat mit der Zeit passiv seine Aufmerksamkeitsfilter justiert. Gewinnt er, unter der Wahrnehmungsschwelle, die Erkenntnis «es regnet bald», wird er aufmerksam und leitet die erforderlichen Folgehandlungen ein, um das Heu ins Trockene zu bringen.

Anhand mehrerer solcher Beispiele haben wir uns auf die Suche nach ähnlichen Aufgaben und Kontexten gemacht, in denen technische Systeme eine Rolle spielen. Ähnliche Situationen finden sich in Kontrollzentren, Spitälern, bzw. in komplexen Steuer- und Überwachungssystemen.



## 5.1 Auswahl der Orte für die Kontextanalyse

Wir haben Arbeitssituationen ausgewählt, in welchen professionelle Experten eine grosse Menge von Informationen in einem komplexen System aufnehmen und verarbeiten müssen. Die Anwender führen dabei komplexe Überwachungs- und Steueraufgaben in offenen, soziotechnischen Systemen aus.

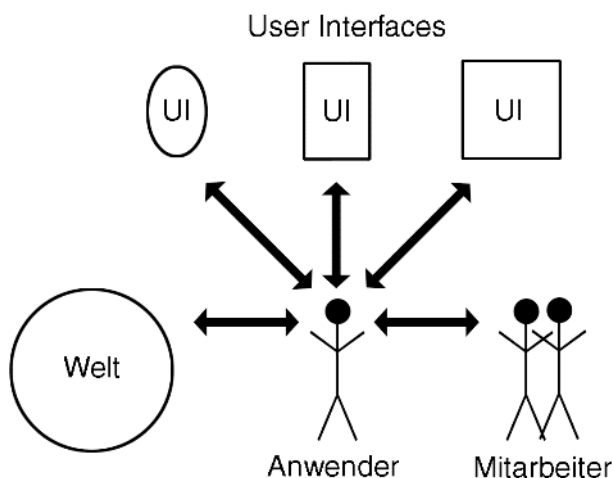
Es handelt sich dabei um folgende Arbeitssituationen:

1. Kontrollraum Kernkraftwerk Gösgen-Däniken (KKG)
2. SBB Betriebsleitzentrale Zürich (BLZ)
3. Unfallchirurgie-Intensivpflegestation des Universitätsspitals Zürich
4. Kontrollraum skyguide Kloten
5. Airbus A330/A340 Flugsimulator-Cockpit swiss Kloten

Bei den Besuchen konnten wir die Mitarbeiter bei ihrer Routinearbeit beobachten und offene Interviews mit Experten führen. Wir haben - ausser im KKG - Interviews mit Anwendern durchgeführt und protokolliert.

## 5.2 Situation Awareness – Wahrnehmen, Verstehen und Voraussagen

Die Menschen in komplexen Arbeitsumgebungen, wie der Flugkontrolle, im Flugzeugcockpit oder in Kontrollräumen von Atomkraftwerken, welche hohe Anforderungen an die Informationsaufnahme und -verarbeitung stellen, sind verschiedentlich in Situationen geraten, in welchen sie nicht mehr in der Lage waren, mit der Komplexität umzugehen und adäquat zu handeln. Es sind dies alles Arbeitsumgebungen, in welchen komplexe Prozesse zu überwachen und zu steuern sind. Die Menschen erhalten Informationen mittels verschiedensten technischen Systemen aber auch direkt aus der realen Welt. Sie interagieren ausserdem mit Teammitgliedern oder weiteren menschlichen Akteuren. Wir verwenden das folgende Modell dieses soziotechnischen Systems:



**Abbildung 6: Modell der Mensch-System-Interaktion in komplexen, soziotechnischen Systemen**

Der Anwender interagiert in einem soziotechnischem System mit Menschen und verschiedenartigen User Interfaces.

Unfälle, die durch so genannte «menschliche Fehler» verursacht waren, gaben Anlass, um die Abläufe genauer zu untersuchen. Daraus ist das Konzept der Situation Awareness entwickelt worden. Die Situation Awareness stellt ein verinnerlichtes, mentales Modell des aktuellen Zustands der Umgebung eines Anwenders/Operators dar (Wickens et al. 2006). Endsley, ein langjähriger Erforscher dieses Themenfeldes, definiert Situation Awareness wie folgt: «[...] the perception of the elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning, and the projection of their status in the near future» (zitiert nach (Endsley et al. 2003).

Situation Awareness umfasst demnach drei Stufen: 1) die Wahrnehmung der Elemente der Umwelt, 2) das Verstehen der gegenwärtigen Situation und 3) die Projektion des zukünftigen Zustandes. Die erste Stufe erfordert die Wahrnehmung aller wichtigen Informationen. Die zweite Stufe beinhaltet die Beurteilung dieser Informationen bezüglich des Ziels. Dabei werden die aktuellen Informationen mit den entsprechenden Soll-Werten verglichen. Der Vorgang greift auf die Informationen im Arbeitsgedächtnis zu, welches damit eine kritische Grösse darstellt. Die dritte Stufe erfordert ein mentales Modell oder ein umfassendes Wissen über das Systemverhalten, um vorherzusagen, welche Auswirkungen die aktuelle Situation (basierend auf Stufe eins und zwei) haben.

Wir sehen, dass unsere Fragestellung der Designkriterien in der ersten Stufe relevant wird, indem die Informationen in der Form dargeboten werden, dass sie vom Anwender entsprechend ihrer Wichtigkeit wahrgenommen werden, der Anwender gleichzeitig aber nicht überlastet wird. In der neueren Literatur zu Situation Awareness wird der Prozesscharakter der Wahrnehmung und des Verstehens als «Sinnggebung» (sensemaking) mit einem unbewussten oder intuitiven Anteil betont (Durso et al. 2008). Die Auswirkung unterschwelliger Wahrnehmung und intuitiver Entscheidung wird etwa mit dem Beispiel eines Feuerwehrmanns verdeutlicht, welcher einen Raum gerade rechtzeitig verlässt, ohne sagen zu können, weshalb (nach Durso et al. 2008). Die Unterstützung peripherer Aufmerksamkeit könnte in diesem Zusammenhang hilfreich werden, indem der Anwender in der Peripherie zusätzliche Kontextinformationen erhält, welche ihm helfen, die Situation adäquat zu beurteilen und entsprechend zu handeln.

## **5.3 Analyse Arbeitsumgebungen**

### **5.3.1 Contextual Inquiry KKW Gösgen-Däniken**

#### **Über das Kernkraftwerk Gösgen (KKG)**

Der Fokus beim Besuch des Kernkraftwerks Gösgen (KKG) lag auf dem Kontrollraum des Kernkraftwerks. Die Sicherheitsbestimmungen des KKG sind sehr restriktiv. Der Kontrollraum kann nur von aussen durch eine Glasscheibe beobachtet werden. Interviews mit Mitarbeitern des Kontrollraumes sind nicht möglich. Der Rundgang wurde von einem Mitarbeiter des Besucherzentrums geleitet, der Auskunft über die Arbeitsplätze gab.

Die Einflussmöglichkeiten der Mitarbeiter des Kernkraftwerkes sind stark begrenzt, weil das gesamte System auf höchste Sicherheit ausgelegt ist. Möglichst viele Sicherheitsmechanismen funktionieren auf physikalischen Prinzipien, da diese, im Gegensatz zur Technik und zu den Mitarbeitern, immer funktionieren. Beispielsweise hängen die Brennstäbe an aktiven Elektromagneten im Reaktor, so dass bei einer Störung die Magneten nicht mehr funktionieren und die Stäbe herunterfallen, bzw. sich der Reaktor durch die Schwerkraft selbst abstellt. Jeder Reaktor in der Schweiz ist ein Unikat. Die Ausbildung für die Steuerung des Reaktors dauert acht Jahre und ist nur für einen Reaktor gültig. Der Betreiber hat deshalb ein Interesse daran, die Mitarbeiter möglichst ein Arbeitsleben lang zu halten. Die Anlage läuft vollautomatisiert. Der Mensch kann im Fehlerfall nicht eingreifen, und es erfolgt eine automatische Notabschaltung.

#### **Aufgabe der Anwender**

Die Aufgabe der Operatoren im Kommandoraum besteht darin, den Zustand der Anlage zu überwachen und im Falle von Ereignissen, welche ausserhalb der definierten Normalbereiche liegen, regulierend einzugreifen. Die Aktionen der Operatoren sind im Betriebshandbuch vorgegeben. Das Betriebshandbuch beschreibt das Protokoll der Vorgehensweise, beispielsweise der jährlich stattfindenden Abschaltung für die Revision Schritt für Schritt. Jede Art von Abweichung vom Normalbetrieb löst einen Alarm aus (beispielsweise wenn sich eine unberechtigte Person auf dem Gelände befindet). Wird dieser Alarm von den Operatoren nicht quittiert, erfolgt eine automatische Notabschaltung des Reaktors. Eine Notabschaltung wäre sehr teuer, da sich die Lebensdauer des Reaktors dadurch um ca. ein halbes Jahr verringert.

## Arbeitsplatz der Anwender



Abbildung 7: Kontrollraum KKG

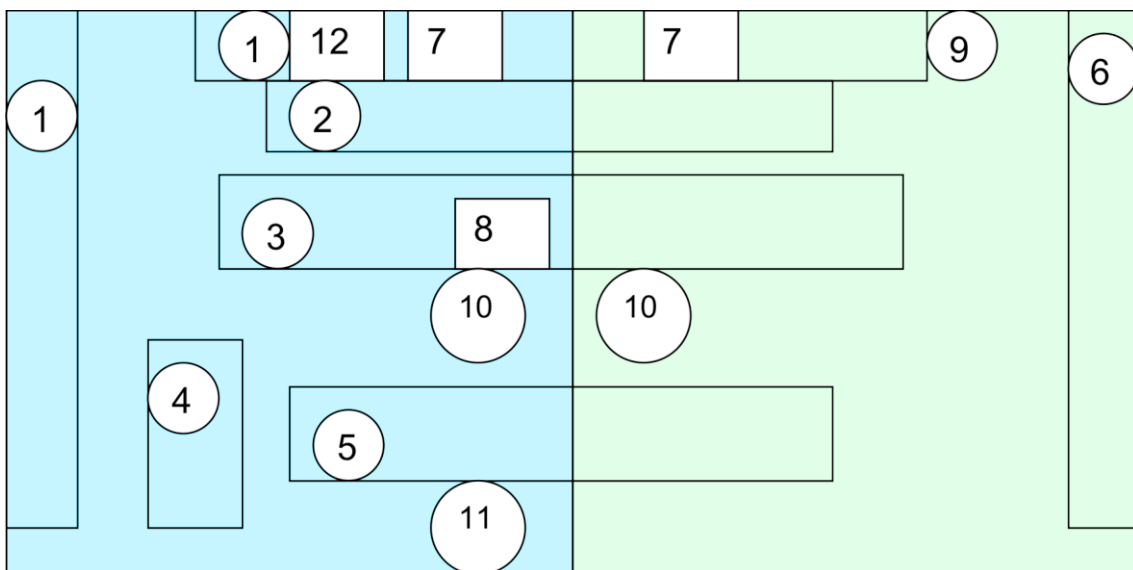


Abbildung 8: Schema Kontrollraum KKG

linke Hälfte: Nuklearbereich, rechte Hälfte: Konventioneller Bereich

- |   |   |
|---|---|
| 1. Analoge Anzeigen                                       | 7. Breitwanddisplay zur Anzeige von Verläufen einzelner Parameter |
| 2. Analoge Anzeigen und Schalter                          | 8. Alarm-Display  |
| 3. Kommandopult Operatoren: Analoge Anzeigen und Schalter | 9. Rollschrank mit Betriebshandbuch                               |
| 4. Gebäude-/Objektüberwachung                             | 10. Operator  |
| 5. Kommandopult Schichtleiter                             | 11. Schichtleiter   |
| 6. Reaktorschutzwand: Analoge Anzeigen und Relaischalter  | 12. Statusanzeige der Brennstäbe                                  |

Im Kommandoraum sind immer zwei Operatoren (Konsole vorne, bei Alarm-Display) und ein Schichtleiter (hinten) tätig. Alarmmeldungen werden auf einem Monitor in der Mitte der Konsole angezeigt (Farbcodierung entspricht Bestätigungszustand), zusammen mit einem akustischen Signal «Ping». Jede Meldung muss mit dem Drücken von zwei auseinanderliegenden Knöpfen vom Operator bestätigt werden. Falls in der Anlage kritische Werte überschritten werden, erfolgt eine automatische Notabschaltung, welche vom Operator nicht gesteuert werden kann. Bei automatischer Umschaltung von einem System auf ein anderes redundant ausgelegtes System, kann der Operator eingreifen und definierten, welches redundante System aufgeschaltet wird.

Die Anzeigen der verschiedenen Systemkomponenten erfolgen mit analogen Anzeigen. Für den Operator sind qualitative Informationen relevant nicht quantitative. Auf zwei Breitwand-Displays wird der Verlauf verschiedener Parameter farblich angezeigt. «Fahrtenschreiber» protokollieren die Systemzustände auf Papier. Die Bewegung der Schreibnadeln ist gut sichtbar.

Die Anlage funktioniert vollautomatisiert, so dass der Mensch in einem Fehlerfall nicht eingreifen kann. Die Aufgabe des Menschen liegt darin, die Anlage «sanft» zu steuern. Die Mitarbeiter machen zusätzlich zur Arbeit im Kontrollraum Rundgänge bei denen sie diverse Sensoren und Anzeigen vor Ort überprüfen.

### **Periphere Aufmerksamkeit in der Arbeitsumgebung**

Inwiefern periphere Aufmerksamkeit in dieser Umgebung eine Rolle spielt, konnte im Rahmen dieses Besuches nicht eruiert werden, da kein Interview mit den Mitarbeitern des Kontrollraumes möglich war.

Die Monotonie der Arbeit stellt für die Kraftwerksbetreiber ein grosses Problem dar, da die Mitarbeiter eine sehr lange Ausbildung brauchen (acht Jahre), um ihre Funktion ausführen zu können. Das wirft die Frage auf, wie Informationen gestaltet sein müssen, um das Problem der Monotonie zu minimieren und um eine gesunde Arbeitsumgebung zu schaffen, die den Mitarbeitern ein langfristig befriedigendes Arbeiten ermöglicht.

### 5.3.2 Contextual Inquiry SBB-Betriebsleitzentrale Zürich



Abbildung 9: Betriebsleitzentrale Zürich

#### Über die Betriebsleitzentrale Zürich

Die Betriebsleitzentrale Zürich (BLZ) befindet sich im Kontrollturm am Zürcher Hauptbahnhof. In der BLZ wird der Zugverkehr im Hauptbahnhof Zürich und einigen anliegenden Bahnhöfen rund um Zürich gesteuert. Zudem werden die Fahrgastinformation, die per Lautsprecher auf den Geleisen zu hören sind in der BLZ produziert. Die Disponenten sitzen in einem Raum mit Blick auf eine grosse, halbrunde Anzeigentafel, die den Zugverkehr abbildet. Der Zugverkehr könnte auch ohne Computer an dieser Tafel gesteuert werden. Vor sich haben die Disponenten einen Papierfahrplan, Bildschirme, die den Zugverkehr abbilden, Prognosewerkzeuge und Kommunikationsmittel, wie Touchscreentelefone und Funk. Jeder Disponent ist für einen bestimmten Bereich auf der Anzeigentafel zuständig. Er sieht gleichzeitig den Zugverkehr in den angrenzenden Gebieten. Bei Schichtbeginn erhält der Disponent einen Fahrplan auf Papier, der täglich aktuell ist. In diesem Plan sind alle Baustellen und sonstigen, voraussehbaren Abweichungen dieses Tages berücksichtigt. Der Papierfahrplan ist der Sollfahrplan des Tages. Nach diesem und mit Berücksichtigung der laufenden Abweichungen wird der Zugverkehr gesteuert.

#### Aufgabe der Anwender

Die Disponenten steuern die Züge und treffen Massnahmen, um einen möglichst reibungslosen Zugverkehr zu garantieren. Sie sind verantwortlich für den sicheren und pünktlichen Ablauf des Fahrplans. Jeder Disponent ist für eine definierte Menge an Strecken zuständig. Rund um den Disponenten sitzen andere Disponenten mit derselben Aufgabe auf angrenzenden Geleisen. Über die

Tische hinweg findet zwischen den Disponenten ein dauernder Austausch statt: Züge werden übergeben, es wird auf Probleme aufmerksam gemacht und Entscheidungen werden teilweise gemeinsam getroffen.

Die Bereiche sind nicht Messerscharf abgeschnitten, denn die Fahrten finden kreuz und quer statt und im Team müssen die Mitarbeiter dann miteinander funktionieren. Da ist natürlich viel Routine drin. Da reicht dann manchmal ein Wort oder eine Bemerkung – manchmal sogar ein Blick und dann weiss der Andere was dieser von ihm will.

(Herr Hausamann, Leiter BLZ Zürich)

Der Disponent steuert den Zugverkehr in seinem Bereich und übergibt Züge an seinen Nachbarbereich. Er kommuniziert mit seinen Nachbarn, die für angrenzende Bereiche zuständig sind, mit Gleisarbeitern, die auf den Schienen unterwegs sind und mit dem Schichtleiter, der den Gesamtüberblick über den Zugverkehr innerhalb des Zuständigkeitsbereiches der BLZ hat. Der Schichtleiter muss den Zugverkehr in einem längeren Zeitfenster antizipieren und mit der Nationalen Leitzentrale kommunizieren, die für die Übergeordnete Planung zuständig ist.

Die Zugsituation präsentiert sich in jedem Moment anders, so dass es keine Standardlösungen gibt. Es gibt keine vom System vorgegebenen Massnahmen bei Störfällen. Die Qualität der Arbeit steigt folglich mit der Erfahrung, die ein Anwender hat. Die Informationen, die die Systeme bieten müssen vom Anwender interpretiert werden, um die richtigen Entscheide zu treffen. Prognosesysteme existieren zwar, sie können aber nicht eins zu eins verwendet werden. Die Anwender sind mit einer Überfülle von Informationen konfrontiert, aus denen sie, die für sie wichtigen Informationen filtern und interpretieren müssen. Bei Störungen, wie wenn zum Beispiel ein Gleis scheinbar belegt ist, auf dem eigentlich kein Zug verkehrt, müssen sie die Ursache herausfinden. Dazu können sie mit den Gleisarbeitern kommunizieren, die sich vor Ort ein Bild der Situation machen können. Falls eine Weiche durch Schnee verklemmt oder ein Signal kaputt ist, können die Gleisarbeiter das Problem evt. lösen und dem Disponenten wiederum Bescheid geben.

### **Arbeitsplatz der Anwender**

Die Disponenten haben vor sich einen ausgedruckten Fahrplan des Tages. Der Fahrplan wird täglich ausgedruckt und ist der Sollfahrplan des Tages. Auf der Anzeigetafel an der Wand sehen die Disponenten den gesamten Zuständigkeitsbereich der BLZ. An der Tafel kann der Zugverkehr gesteuert werden, wobei heute der Verkehr fast ausschliesslich an den Computerarbeitsplätzen gesteuert wird. Jeder Disponent ist für einen Teilbereich auf der Tafel zuständig. Die vorderen drei Plätze disponieren den Hauptbahnhof Zürich. Die anderen Disponenten regeln den Zugverkehr rund um Zürich.

Auf den vier Bildschirmen vor sich sehen die Disponenten den Zugverkehr in ihrem Zuständigkeitsbereich und den angrenzenden Bereichen. Sie können auf diesen Interfaces den Zugverkehr steuern. Die Züge sind erscheinen auf dem Bildschirm in codierten Zeichenfolgen. Aus dem Code lässt sich die Identität des Zuges ablesen und woher der Zug kommt und wohin der Zug fährt.

Zu ihrer Rechten haben die Disponenten einen weiteren Bildschirm mit diversen Tools: Internetbrowser, Word, Notifikationstool etc. und ein Prognosetool für den Zugverkehr. Zur Linken sind Touchscreens installiert mit den die Disponenten Telefon und Funk steuern können. Wenn beispielsweise eine Weiche nicht funktioniert, wird ein akustischer Alarm vom System ausgegeben.



**Abbildung 10: Steuerung des Bahnverkehrs in der BLZ Zürich**



**Abbildung 11: Arbeitsplatz in der BLZ Zürich**



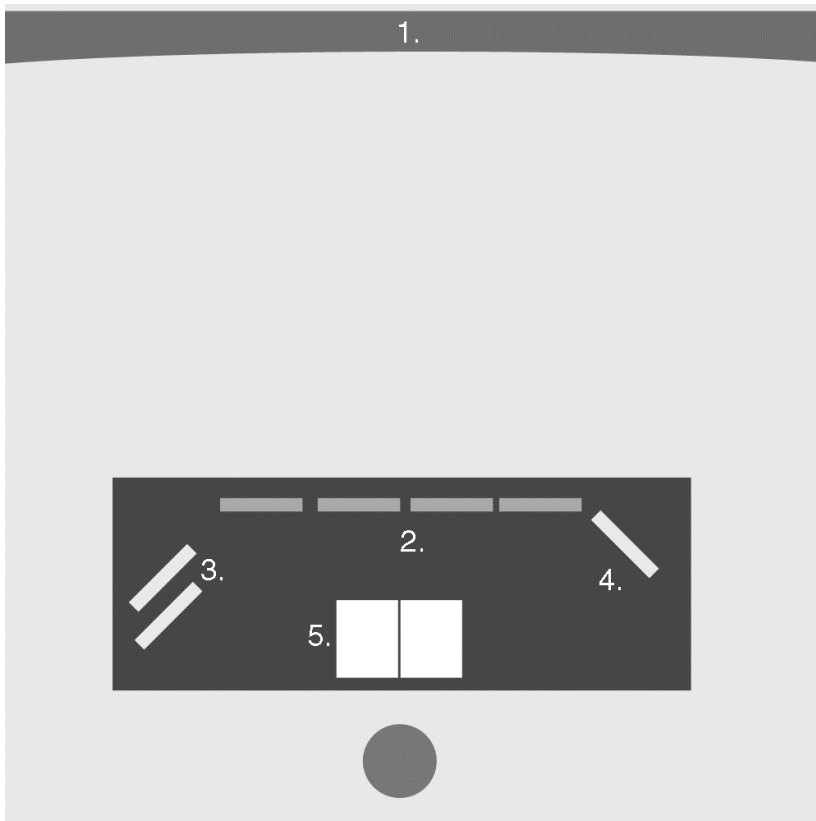


Abbildung 12: Schema des Arbeitsplatzes eines Disponenten

### **Einzelner Arbeitsplatz BLZ Zürich**

1. Wandanzeigetafel  
Zugverkehr
2. Anzeige und Steuerung  
Zugverkehr
3. Telefontouchscreens und  
Funk
4. Diverse Applikationen
5. Fahrplan auf Papier

Visuell (kontinuierlich):  
Anzeigetafel, Papierfahrplan,  
Bildschirme Zugverkehr,  
Bildschirm Telefon und Funk,  
Bildschirm Prognosetools

Visuell (nicht kontinuierlich):  
Bildschirm sonstige  
Applikationen (Word,  
Windows, Web, etc.)

Audio: Funk, Telefon,  
Schichtleiter, andere  
Disponenten,  
Fahrgastinformation  
(Durchsagen im Hintergrund)

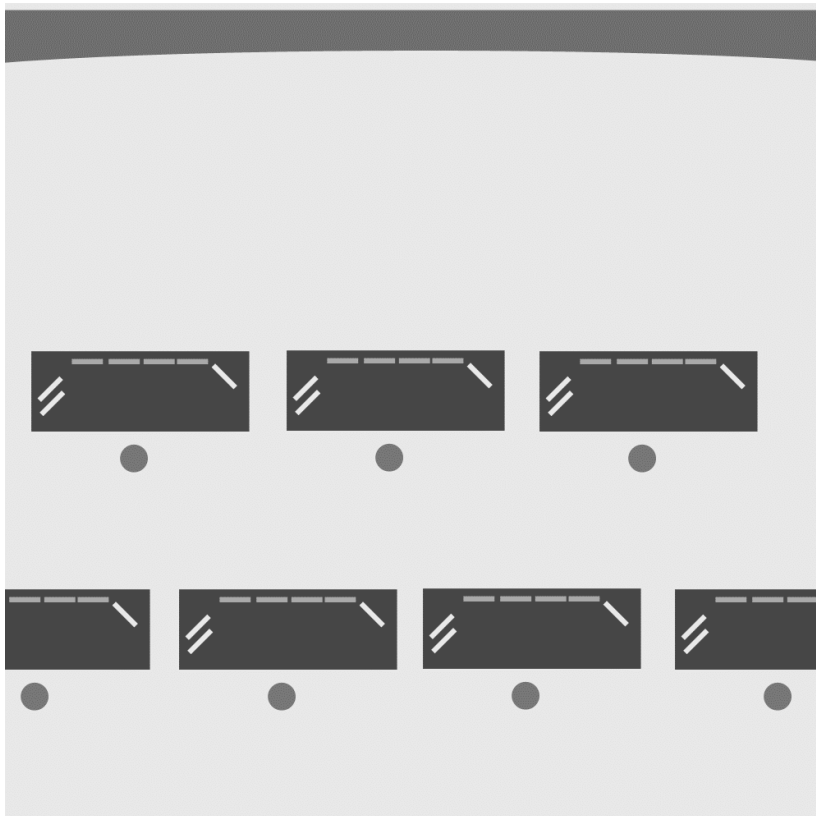


Abbildung 13: Anordnung der Arbeitsplätze in der BLZ

### **Arbeitsplätze in der Übersicht**

Der Schichtleiter sitzt in der  
hinteren Reihe in der Mitte.

## Periphere Aufmerksamkeit in der Arbeitsumgebung

Die Verarbeitung der Informationsmenge in diesem Arbeitsumfeld ist alleine mit fokussierter Aufmerksamkeit nicht möglich. Der Anwender ist darauf angewiesen, die Informationen zu filtern, d.h. Funksprüche nur dann Aufmerksamkeit zu schenken, wenn sie für den Anwender relevant sind. Dasselbe gilt für visuelle Eindrücke. Der Disponent ist auf seinen Aufgabenbereich fokussiert und sieht aber gleichzeitig den Gesamtbereich der BLZ. Der Anwender wird auch mit Informationen konfrontiert, die nicht klar zu seinem Aufgabengebiet gehören. Alle Informationsquellen, die der Anwender im Augenwinkel bzw. mit einem halben Ohr wahrnimmt, ergeben ein Gesamtbild. Im Augenwinkel sieht er die Zugbewegungen in den angrenzenden Gebieten, und er hört Funksprüche und die Gespräche seiner Mitarbeiter. Der erfahrene Disponent kann aufgrund dieser Informationen Probleme, die auf ihn zukommen könnten, besser antizipieren. Das Erfahrungswissen bildet die Basis sowohl für präventives Handeln als auch für die aktive Abfrage von Informationen, die Beurteilung von Informationen und das Treffen von Entscheidungen bezüglich Folgehandlungen.

Die Informationsüberfülle ist für den erfahrenen Disponenten nicht Hindernis, sondern Unterstützung für die Erfüllung seiner Aufgabe. Er kann damit «seine Bauch füttern», wie der Leiter der BLZ Zürich sich ausdrückt:

Man hat grosse Fortschritte gemacht in den letzten Jahren vor allem dadurch, dass Informationen zugänglich geworden sind. Vor 10 Jahren konnte ich den Zugverkehr bis Killwangen beobachten, und dann war fertig. Und heute habe ich ein System mit dem ich in Lausanne schauen kann, wo im Moment die Züge herumfahren. Ich habe mehr Informationen aufbereitet und kann mir ein Bild machen. Das führt natürlich dazu, dass ich mit mehr konkreten Informationen, ich sag jetzt, meinen Bauch füttern kann, um dann entscheiden zu können. Das ist etwas sehr Wichtiges. Von Systemen hingegen, die ein Prognoseresultat bringen, das auch stimmt und das nicht nur ein Scheinresultat ist, davon sind wir noch weit entfernt.  
(Herr Hausamann, Leiter BLZ Zürich)

Der Disponent muss aus der Fülle von Informationen das Verhalten des Gesamtsystems antizipieren, wobei auch Informationen wichtig sind, die nicht direkt vom System ausgegeben werden. Beispielsweise wenn irgendwo eine Openairveranstaltung stattfindet oder die Fahrgäste auf Grund des schlechten Wetters länger zum Einsteigen brauchen.

Die Disponenten müssen bei grösseren Problemen auf dem Bahnnetz schnell arbeiten und vor allem sehr schnell entscheiden und gelegentlich auch Fehlentscheide in Kauf nehmen. Die Entscheidungen können im Bahnbetrieb nicht aufgeschoben werden. Der Betrieb läuft weiter, daher sind Mitarbeiter in diesem Fall auf ihre Intuition angewiesen, da für eine analytische Prüfung aller massgebenden Parameter die Zeit fehlt.

Durch den offenen Raum und die vielen Leute wird natürlich auch viel geredet, also viel kommuniziert und da bekommt man eigentlich sehr viel mit über. Das ist das, mit dem Anfang Viele Probleme haben – weil dass sind so viele Informationen. Die Informationen, die für einem selbst wichtig sind rauszufiltern; Das ist manchmal ziemlich schwierig. Gerade im Störfall. Da geht es hier zu und her wie im Bienenhaus. Da wird nach vorne gerufen und kaum hat jemand eine neue Information, wird einfach mal in den Raum reingeschrien, jetzt gehe dann der-und-der Zug auf dem-und-dem Gleis. Dann muss der, den das Betrifft, das heraushören. Man hat dann keine Zeit mehr gezielt zu kommunizieren. Man kann dann nur hoffen dass der andere das verstanden hat.  
(Herr Riedweg, Disponent)

### 5.3.3 Contextual Inquiry Intensivpflegestation-Unfallchirurgie, Universitätsspital Zürich

#### Über die Intensivpflegestation-Unfallchirurgie des Universitätsspitals Zürich

Die Intensivstation der Unfallchirurgie hat in zwei Räumen je fünf Betten. Zusätzlich stehen Räume für die Administration und für Laboruntersuchungen zur Verfügung. Auf der Station liegen Patienten mit schweren Verletzungen. Die Patienten werden rund um die Uhr überwacht. Es sind ca. zehn Pfleger gleichzeitig in einer Schicht mit der Pflege und Überwachung der maximal zehn Patienten beschäftigt. Dazu kommen Ärzte und Hilfspersonal. Die Patienten sind an diverse Geräte angeschlossen, die zur Überwachung, zur Verabreichung von Medikamenten oder zur Aufrechterhaltung lebenswichtiger Funktionen dienen. In der Station herrscht ein dauerndes Kommen und Gehen von Pflegern, Ärzten und Hilfspersonal. Zudem sind andauernd die Alarmer der Geräte an den Patientenbetten zu hören.



Abbildung 14: Infrastruktur eines Bettenplatzes auf der Intensivstation

#### Aufgabe der Anwender

Die Pfleger haben die Aufgabe, die Patienten zu pflegen, medizinisch zu betreuen, ihren Gesundheitszustand zu überwachen und im Falle eines Notfalles geeignete Massnahmen zu ergreifen, die vorher mit den behandelnden Ärzten abgesprochen wurden. Die lebenswichtigen Daten werden durch verschiedene Sensoren gemessen (Blutdruck, Atmung, Sauerstoffgehalt im Blut), und deren Werte werden am Patientenmonitor beim Bett des Patienten angezeigt. Die Geräte erzeugen akustische und visuelle Alarmer. Die Pfleger müssen die Alarmer lokalisieren, interpretieren und reagieren. Bei schwerwiegenderen Alarmen gehen die Pfleger ans Bett und untersuchen die Ursache des Alarms. Fehlalarme kommen sehr häufig vor. Beispielsweise wenn sich ein Patient so bewegt, dass eine Leitung umgeknickt wird. Die Pfleger können am Bett die Alarmer quittieren, und sie hören dann für zwei Minuten keine akustischen Alarmer mehr. Sie haben dann Zeit den Zustand des Patienten und der

angeschlossenen Geräte zu analysieren und geeignete Massnahmen zu ergreifen oder einen Arzt hinzuzuziehen. In diesen zwei Minuten müssen die Pfleger konstant am Bett bleiben und den Patienten überwachen, da Alarmer in dieser Zeit nicht gehört würden.

### **Arbeitsplatz der Anwender**

Jedes Bett ist mit einer Vielzahl an Geräten ausgerüstet, die zur Überwachung, Ernährung und zur Verabreichung von Medikamenten dienen. Ein Touchscreenmonitor neben dem Bett zeigt den Status der angeschlossenen Geräte an und gibt visuelle Alarmer aus. Die Alarmer werden auch akustisch ausgegeben. Die Geräte, bzw. deren Alarmwerte, sind individuell auf den Patienten eingestellt. Die Alarmgrenzen werden von den behandelnden Ärzten festgelegt. Die Werte der Geräte können am Touchscreen über dem Bett abgelesen werden, und die Alarmer können auf diesem quittiert werden. Die Überwachungsgeräte geben anhand definierter Parameter Alarmer aus. Die Alarmer werden in drei Stufen angezeigt: Grau, Gelb und Rot. Grau sind die Hinweisalarmer, die Gelben zeigen an, wenn ein definierter Wert über- oder unterschritten wird, und Rot steht für lebensbedrohliche Ereignisse. Jeder Alarm hat einen eigenen Ton, der von Erfahrenen Mitarbeitern unterschieden werden kann. Über die Töne kann der Anwender erkennen, welches Gerät den Alarm ausgibt und was der Alarm bedeutet. Die Alarmer können jedoch nicht lokalisiert werden, dazu muss der Pfleger sehen, an welchem Bett ein Alarm aufleuchtet. Im Administrativbereich in der Mitte des Raumes werden die Werte von den fünf Betten auf einem zusätzlichen Bildschirm zentral dargestellt.



**Abbildung 15: Patientenmonitor zur Überwachung der Vitaldaten am Bettenplatz (rechts oben)**



**Abbildung 16: Zentraler Überwachungsmonitor für fünf Bettenplätze**

### Periphere Aufmerksamkeit in der Arbeitsumgebung

Auf Aussenstehende wirkt der Arbeitsplatz auf der Intensivstation sehr unruhig. Es vergeht keine Minute, ohne dass ein Alarm ertönt. Im Gegensatz dazu gehen die Mitarbeiter sehr ruhig und gefasst ihrer Arbeit nach, unterbrochen von gelegentlicher Hektik wegen eines schwerwiegenden Alarmes. Periphere Aufmerksamkeit spielt in diesem Arbeitsumfeld eine grosse Rolle.

#### Latenz der Reaktion

Die Mitarbeiter lernen, die akustischen und visuellen Alarme zu unterscheiden und ihre Reaktion mit der Erfahrung an die tatsächliche Situation anzupassen. Während ein unerfahrener Pfleger auf sehr viele Alarme sofort reagiert, wird ein erfahrener Pfleger nur dann aufmerksam, wenn ein Ereignis bedrohlich für den Patienten oder aussergewöhnlich ist. Beispielsweise reagiert ein Pfleger mit der Zeit nicht sofort, wenn ein roter Alarm ertönt, sondern erst mit einer Verzögerung von einigen Sekunden, da er weiss, dass der Alarm auch durch eine Bewegung des Patienten ausgelöst werden kann, bei der zum Beispiel eine Leitung kurzfristig unterbrochen wird. Hält der Alarm an, wird der Pfleger aufmerksam und geht unverzüglich zum Bett. Die Mitarbeiter lernen in diesem Umfeld, die dauernden Stimuli zu filtern und ihre Aufmerksamkeitsschwelle der tatsächlichen Situation anzupassen.

Es ist so, wenn sie den Job jahrelang machen, dann filtern sie das irgendwie im Bewusstsein raus. Sie hören das und sie reagieren automatisch. Am Anfang, als ich auf der Intensivstation begonnen hab, bin ich zuhause gewesen und hab gedacht, ich hör die Alarme. In den eigenen vier Wänden habe ich gedacht, hier gibt es irgendwo Alarm. Das legt sich mit der Zeit. Mit der täglichen Arbeit verschwindet das. Ich weiss

nicht, wie ich es beschreiben soll: Das ist irgendwie im Bewusstsein drin. Sie hören das, sie wissen, ich hab das und das zu machen.

Und – was am Anfang gewesen ist, wenn es jetzt zum Beispiel klingelt. Dann bin sofort hingerannt. Und jetzt habe ich ne gewisse Verzögerung drin. Weil ich denke, na ja, mal schauen vielleicht hört es gleich auf und wenn es dann doch länger klingelt: Dann geh ich.

(Herr Seidel, Pfleger)

#### Alarmcharakter

Ein Problem in diesem Umfeld ist, dass die Patienten die Alarmer ebenfalls hören und zwar 24 Stunden am Tag. Verwirrte Patienten wollen dann aufgrund der Art der Alarmer oft ans Telefon oder zur Haustüre gehen. Die Alarmer können für die Patienten noch schwerwiegendere Folgen haben: Sie können Stress verursachen. Da sich die Patienten auf dieser Station oft in einem kritischen, lebensbedrohlichen Zustand befinden, kann zusätzlicher Stress eine verheerende Wirkung auf den Gesundheitszustand der Patienten haben. Bei längeren Aufenthalten auf der Intensivstation stellt sich, laut Aussage eines Pflegers, psychischer Stress bei den Patienten ein. Die Patienten lernen die Alarmer zu unterscheiden, und sie können bei einem schwerwiegenden, akustischen Alarm nicht unterscheiden, ob dieser von ihrem oder vom Bett eines anderen Patienten kommt. Das löst Angst und Stress bei den Patienten aus.

Man merkt es bei wachen Patienten; Die drehen sich dann rum und schauen, sofern sie das können. Die gucken, was ist da los. Zum Teil sagen die: Hallo gehen sie mal ans Telefon, also Verwirrte. Teilweise wollen sie aufstehen und ans Telefon gehen oder zur Haustüre. Sie denken, sie sind zuhause.

Wir hatten dieselbe Überwachungsanlage in Deutschland. Da haben die Patienten gesagt: Das ist hier wie auf der Alm. Ich hör die Kuhglocken. Die wissen zum Teil nichts damit anzufangen und an der unruhigen Reaktion merkt man auch, dass es zum Teil sehr stört. Und ich stelle mir dann vor, wenn ich jetzt hier liegen würde: Mich würde es tierisch nerven. Grad nachts, wenn sie schlafen wollen. Das geht nachts genauso weiter. Das hört ja nachts nicht auf.

(Herr Seidel, Pfleger)

Aus diesen Erkenntnissen lässt sich die Bedeutung eines guten Designs von peripher wahrgenommenen Stimuli ablesen. Die Alarmer auf der Intensivstation haben aufs erste hinhören hin für jeden Laien einen Alarmcharakter, was für Patienten und neue Mitarbeiter zu zusätzlichem Stress führen kann. Die Systeme werden von Experten bedient, die aufgrund von Erfahrung die Alarmer zu deuten lernen. Da die Mitarbeiter die Bedeutung der Töne und die adäquate Folgehandlung darauf ohnehin erlernen müssen, stellt sich Frage, ob nicht das Funktionieren des Systems könnte mit Alarmer garantiert werden, die für die Patienten und die neuen Mitarbeiter weniger stressig und damit gesünder wären.

### **5.3.4 Contextual Inquiry Flugüberwachung skyguide, Kloten**

#### **Über den Approach der skyguide**

Die skyguide ist die Flugsicherungsgesellschaft, die den Schweizer Luftraum überwacht, inklusive Teile der Nachbarländer. Die Flugsicherung um den Flughafen Zürich ist folgendermassen unterteilt:

- Tower (Flughafen, inkl. Bewegungen auf dem Boden)
- Approach (An- und Abflug ab Boden bis definierte Höhe und innerhalb einer Area)
- ACC (Area Control Center) (grössere Höhen, Area ab Approach bis Übergabe an ausländische ACC)

Im Rahmen dieser Studie wurde der Approach der skyguide besucht.

#### **Aufgabe der Anwender**

Die Hauptaufgabe des Fluglotsen liegt darin, den Flugverkehr möglichst effizient und unter ökonomischer Ausnutzung der Ressourcen (Kapazität des Flughafens, des Flugraums, Kerosinverbrauch, Flugzeit) zu steuern. Die Grundlage dazu bildet die Überwachung der aktuellen Flugzeuge innerhalb eines definierten Bereichs. Dazu überprüft er die aktuellen Status (Flughöhe, Abstand, Richtung, Zeit bis zum Passieren eines Checkpunkts) mit den geplanten Werten. Falls die vom System vorgeschlagene Planung nicht eingehalten werden kann, passt er diese an; der Fluglotse gibt den Piloten die notwendigen Anweisungen per Funk im so genannten ATC English (Air Traffic Control English).

Für den Fluglotsen sind qualitative Informationen relevant: ungefähre Zeit, Distanz, nicht die absoluten quantitativen Werte. Wichtig ist das Erfahrungswissen bezüglich des Kontexts wie Wetter, Wind und Verkehrsaufkommen. Das Verhalten der Flugzeuge bei Anflug und Landung ist nicht immer voraussehbar. D.h. das konkrete Verhalten muss beobachtet werden, um die Planung für die Folgenden zu optimieren (beispielsweise der Einfluss des Windes auf die Lande- und Sinkgeschwindigkeit).

#### **Arbeitsplatz eines Fluglotsen im Approach**

Die Arbeitsplätze im Approach sind nebeneinander, in einem runden etwa Achtelkreis, angeordnet. Die Fluglotsen sitzen dadurch relativ nah beisammen, was die Kommunikation untereinander fördert. Kommuniziert wird per Funk, Telefon und über die Arbeitsplätze hinweg. Neben den für den Fluglotsen im Approach essentiellen Systemen wie Funk, Radar und Wetterbericht, sieht er auch Informationen, die für die Nachbarbereiche wichtig sind, wie beispielsweise Bewegungen am Flughafen selbst.

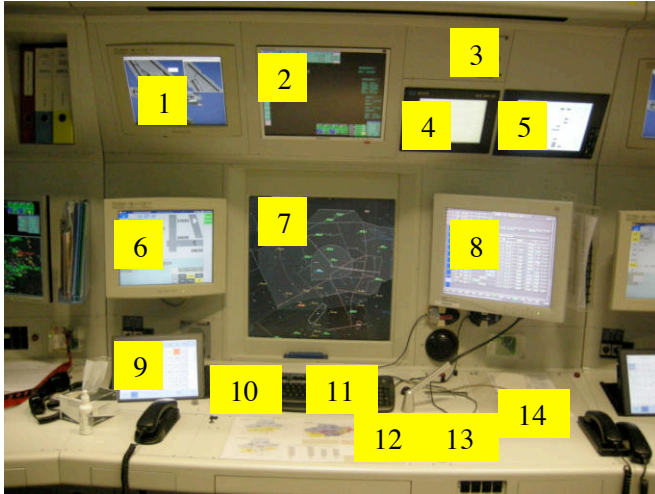


**Abbildung 17: Fluglotsen der skyguide bei der Arbeit**



**Abbildung 18: Arbeitsplatz eines Fluglotsen im Approach**





**Abbildung 19: Fluglotsenarbeitsplatz beschriftet**

1. Flughafen Bodenradar
2. Auxiliary Screen Radar (oft mit Toolbars)
3. Alarm-Lautsprecher
4. Touch
5. Flughafeninformationssystem
6. Pistenstatus, Wetter aktuell, Prognose, lokal, Europa etc.
7. Radarscreen
8. Flugplanung
9. Telefonscreen
10. Maus für 6.
11. Keyboard für Radar
12. Maus für Radar und Notizblock
13. Maus für Flugplanung
14. Nummernblock für 5.

### **Periphere Aufmerksamkeit in der Arbeitsumgebung**

In diesem Arbeitskontext werden die Lotsen sowohl mit Informationen, die unerlässlich für ihre Arbeit sind, wie auch mit einer Reihe von zusätzlichen Informationen versorgt. Die zusätzlichen Informationen helfen dem Lotsen, sich ein Gesamtbild der Situation im Luftraum und am Boden zu verschaffen. Wichtige Informationen werden kontinuierlich auf eigenen Bildschirmen angezeigt. Beim Radarbildschirm ist die Optionspalette der Software auf einen eigenen Bildschirm ausgelagert.

#### **Funk**

Über den Funk hört die Bodenkontrolle und die Piloten im Approach die Kommunikation zwischen den Lotsen und den Flugzeugen. Die Piloten hören auch die Kommunikation der Bodenkontrolle mit anderen Flugzeugen mit. Dies ermöglicht es den Piloten, sich ebenfalls ein Gesamtbild der Situation im Luftraum zu machen und allenfalls Abweichungen vom Sollzustand zu bemerken. Es gibt Bestrebungen, die Kommunikation so einzuschränken, dass die Flugzeuge nur die Anweisungen für ihr Flugzeug erhalten. Sowohl die Lotsen wie auch die Piloten sehen mehr Nach- als Vorteile in dieser Entwicklung. Durch periphere Aufmerksamkeit können sich die Piloten einerseits ein Bild des Flugverkehrs machen und andererseits allfällige Unstimmigkeiten bemerken (vgl. CI im Flugsimulator, Kap. 5.3.5).

#### **Interpersonale Kommunikation**

Die Fluglotsen einer Area kommunizieren zur Absprache von Flugplanänderungen und zur Übergabe von Flugzeugen. Jede Änderung des Plans (Sequenzwechsel) muss gemäss Protokoll mündlich mitgeteilt werden. Das System markiert die Änderung nicht. Die Lotsen kommunizieren direkt miteinander innerhalb der konkav angeordneten Arbeitsplätze und bekommen die Kommunikation ihrer Kollegen mit.

#### **Periphere Bildschirminformation**

Der Lotse im Approach sieht nicht nur die für ihn absolut nötigen Informationen, sondern hat zusätzlich dazu Bildschirme, die beispielsweise den Bodenradar des Flughafens zeigen, mit Informationen zum Wetter und dem Pistenzustand. Der Lotse sieht angrenzende Lufträume auf dem Radar. Ein Bildschirm zeigt das Flughafeninformationssystem (die Informationen, die die Passagiere sehen, wenn sie den Flughafen benutzen).

## Erfahrungswissen

Die Lotsen müssen lernen, Wetter, Prognosetools und Radar zu lesen und zu interpretieren und die Auswirkungen einzuschätzen. Der Fluglotse nimmt den aktuellen Zustand auf und extrapoliert den zukünftigen Zustand. Auf der Basis der Extrapolation entscheidet er, welche Massnahmen zum optimalen Ablauf notwendig sind.

### 5.3.5 Contextual Inquiry A330/A340-Cockpit im Flugsimulator, swiss, Kloten

#### Über das A330/A340-Cockpit im Flugsimulator

Der swiss stehen zu Ausbildungszwecken mehrere Flugsimulatoren zur Verfügung, unter anderem auch für den Flugzeugtyp A330/A340. Er besteht aus einer Kabine, die sich je nach Flugverhalten neigt. Das Cockpit ist mit derselben technischen Infrastruktur und Software ausgerüstet wie das Flugzeug. Es können Standardflüge wie auch kritische Situationen simuliert werden. Ausser dass beim Blick aus dem Cockpit die Welt als künstlich erkennbar ist, lassen sich kaum Unterschiede zu einem richtigen Flugzeug ausmachen. Der Simulator wird von einem Piloten bedient, der als Flugsimulator-Instruktor ausgebildet ist.



Abbildung 20: Flugsimulator A330/A340 von aussen

#### Aufgabe der Anwender

Die Piloten starten, landen und steuern das Flugzeug. Sie kommunizieren mit der Bodenkontrolle und vor allem untereinander. Eine Verkehrsmaschine wird grundsätzlich immer von zwei Piloten gesteuert: Pilot und Copilot. Bei einem Langstreckenflug sind drei Piloten an Bord, wobei sich je nach Flugphase immer einer ausruht. Der Kapitän startet und landet das Flugzeug zusammen mit einem der Copiloten. Das Starten und Landen unter einer bestimmten Flughöhe findet im Closed-Loop-Verfahren statt. Die Konversation beschränkt sich auf das, was direkt im Zusammenhang mit dem Führen des Flugzeugs steht. Zudem wird jede Aktion eines Besatzungsmitgliedes im Rahmen dieses Closed-Loop-Prinzipes vom anderen Piloten überprüft. Die Piloten prüfen also nicht nur die ausgehenden Daten des Flugzeugs, sondern immer auch, ob der andere Pilot die Daten auch verstanden hat und ob er die richtigen Folgehandlungen daraus ableitet. Erst wenn der zweite Pilot eine Handlung bestätigt, kann eine Aktion von Ersterem ausgeführt werden.

#### Arbeitsplatz der Anwender

Die Piloten steuern das Flugzeug mittels eines Joysticks, der je nach Sitzplatz links oder rechts aussen neben dem Pilotensitz angebracht ist. Die Aufmerksamkeit während der Steuerung des Flugzeugs richtet sich hauptsächlich auf den künstlichen Horizont. Bei diesem Flugzeugtyp werden die wichtigsten Informationen rund um den Monitor mit dem künstlichen Horizont angezeigt: Lage

bezüglich Boden, Höhe, Richtung, Steigen/Sinken. Die konzentrierte Steuerung unter Stress bewirkt einen Tunnelblick, in dem sich die Wahrnehmung auf wenige Zentimeter eines Monitors einschränken kann. Um das Auftreten des Tunnelblicks möglichst zu minimieren, wird bei der Rekrutierung der Piloten nach entsprechenden Dispositionen selektiert.



**Abbildung 21: Piloten bei der Bedienung des Flugsimulators**



**Abbildung 22: Cockpit einer A330/A340**

### **Periphere Aufmerksamkeit in der Arbeitsumgebung**

Periphere Aufmerksamkeit spielt im Cockpit eine grosse Rolle. Hier geht es vor allem darum, dass wichtige Informationen und Handlungen nicht unter der Wahrnehmungsschwelle bleiben. Bei Langstreckenflügen haben die Piloten oft mit Müdigkeit zu kämpfen.

#### **Closed Loop**

Im erwähnten Closed-Loop-Verfahren wird sichergestellt, dass wichtige Informationen nicht peripher, sondern bewusst wahrgenommen und verarbeitet werden, indem Piloten gegenseitig überprüfen, ob eine Information beim anderen Piloten korrekt angekommen ist. Automatismen bei Aktionen werden so durch die erforderliche Bestätigung des anderen Besatzungsmitgliedes vorgebeugt.

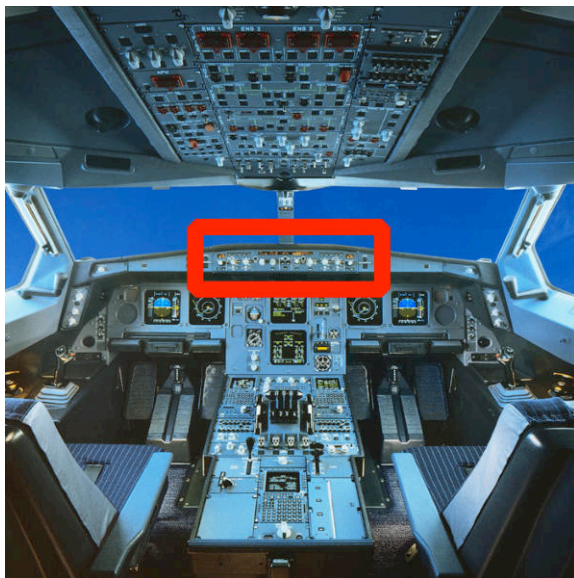
## Knöpfe

Wichtige Steuerknöpfe im Cockpit sind in ihrer Form so gestaltet, dass möglichst keine Verwechslungsgefahr besteht. Sie fühlen sich haptisch verschieden an, so dass ein Pilot, der einen falschen Knopf in der Hand hält, möglicherweise auch ohne hinzuschauen, aufmerksam wird und den Fehler bemerkt. Dennoch ist eine Verwechslung nicht ausgeschlossen, insbesondere bei den nahe beieinander liegenden und häufig bedienten Drehknöpfen zur Einstellung der Zielhöhe und Zielrichtung.

Knöpfe, mit denen wichtige Systeme irreversibel deaktiviert werden, wie beispielsweise ein Knopf zum Ausschalten eines Triebwerks, sind mit Klappen versehen, um ein versehentliches Drücken zu verhindern.



**Abbildung 23: Haptisch unterschiedlich gestaltete Knöpfe im Cockpit**



**Abbildung 24: Ort der haptisch unterschiedlichen Knöpfe im Cockpit**

## Alarme

Alarme werden unabhängig von der Ursache/Quelle immer direkt vor dem Piloten mit einer orange oder rot blinkenden Textanzeige, zusammen mit einem akustischen Alarm, angezeigt. Der Pilot holt sich die Informationen zum Alarm auf einem in der Mitte zwischen dem Pilot und dem Co-Piloten platzierten Monitor. Auditive Alarme werden von einer synthetischen Männerstimme gesprochen: Altitude, descend!, pitch, ...

## Funk

Über Funk hören die Piloten nicht nur ihre Kommunikation mit der Bodenkontrolle, sondern auch die Kommunikation der Flugzeuge in ihrer Umgebung mit der Bodenkontrolle. Es kommt vor, dass Piloten einen Kollisionskurs bemerken, der anderen Flugzeugen und der Bodenkontrolle entgangen ist.

Ich begrüße es, dass ich die Anderen höre. Das lässt einem manchmal schon etwas erahnen. So kann man die eigene Strategie etwas anpassen. Ich hätte ein komisches Gefühl, wenn ich die Flugzeuge rund um mich auf dem Schirm sehen, aber nicht hören, würde. Ich fühlte mich dann isoliert. Ich finde das, was man in der Peripherie hört, sehr nützlich. Man merkt das auch daran, dass es einem stört wenn die Kommunikation in gewissen Ländern in einer anderen Sprache stattfindet.

(Herr Martelli, Pilot)

Das kann auch überlebenswichtig sein. Ich war in Paris, als die Fluglotsen gestreikt haben, und dann haben gewisse Lotsen mehrere Chargen gehabt. Dann haben sie uns auf einer Piste die Starterlaubnis gegeben; Als wir darauf gerollt sind, hörte ich, von einer Air France Maschine, dass sie in der Gegenrichtung auch aufliert sind und dass hätte zu einer Kollision kommen können! Das hat man wirklich in der Peripherie wahrgenommen. Zum Glück in Französisch, einer Sprache, die wir verstanden haben. Also – wir würden uns seltsam fühlen, ohne dieses Umfeld.

(Herr Greter, Pilot)

Wie bei skyguide und den SBB zeigen sich hier die Vorteile des Funks, bei dem die Anwender nicht nur direkt für sie bestimmte Informationen wahrnehmen, sondern peripher auch Informationen aus ihrer Umgebung, und so wichtige Abweichungen vom Normalzustand plötzlich in den Fokus der Aufmerksamkeit kommen und der Anwender korrigierend eingreifen kann. (vgl. CI skyguide, Kap. 5.4.4)

#### Steuerung

In früheren Flugzeugtypen hatten die Piloten noch Steuerknüppel vor sich statt der seitlichen Joysticks. Wenn das Flugzeug gelenkt wurde, bewegten sich beide Steuerknüppel. Die Piloten konnten die Steuerungsbewegungen des anderen spüren. Das öffnete einen weiteren haptischen Kommunikationskanal zwischen den Piloten der heute mit den Joysticks nicht mehr vorhanden ist. Im Interview sagten die Piloten, dass sie aufgrund dieses Kanals spüren konnten, ob der andere nervös ist, oder sie konnten Flugfehler bei der Ausbildung des anderen besser nachvollziehen und korrigierend eingreifen.

## 5.4 Ergebnis Kontextanalyse

Aus der Kontextanalyse lassen sich für unsere Untersuchung folgende Ergebnisse zusammenfassen:

Alle Arbeitssituationen sind offene, soziotechnische Systeme, welche sich aus verschiedenartigen, menschlichen und technischen Subsystemen zusammensetzen; die Interaktion erfolgt nicht zwischen dem Anwender und einem einzigen technischen System, sondern mit mehreren Systemen. (vgl. Abbildung 6)

Die Systeme bieten mehr Informationen als von einem Menschen mit fokussierter Aufmerksamkeit verarbeitet werden kann. Die grosse Menge an Informationen führt nicht unbedingt zur Überforderung der Anwender. Die Mitarbeiter haben die wichtigen Informationen für ihre Arbeit kontinuierlich vor sich und zusätzlich die angrenzenden Aufgabenbereiche der Nachbarn, sowie sekundäre Informationssysteme im Augenwinkel.

Die Tendenz die Informationsmenge einzuschränken und nur für den Anwender essentielle Information anzuzeigen, wird von Anwendern abgelehnt. Die zusätzlichen Informationen werden von den Anwendern begrüsst, sofern sie diese deuten können, die Informationen nicht falsch sind und/oder im falschen Moment auftauchen (falsche Informationen: Fehleralarme im Spital, Prognosetools mit wertloser Information, unbekannte Alarme, usw.). Die Anwender filtern die Informationen und sie «füttern ihren Bauch» mit diesen, wie ein Anwender sich ausdrückte. Die Anwender integrieren zusätzliche Information und die Information beeinflusst ihr Entscheidungsverhalten. Durch Lernen können gleich bleibende Stimuli unterschwellig verarbeitet werden; sie werden in die Peripherie der Aufmerksamkeit verlagert.

Die technischen Systeme werden als Werkzeuge verstanden, welche die Informationen den Anwendern oft nicht in der als passend empfundenen Form darbieten. Falsche Alarme, durch das System generierte Planung oder die Antizipation kritischer Zustände stellt eine zusätzliche Belastung dar, da sie unnötigerweise Ressourcen der Anwender für die Beurteilung erfordern.

### **Kontinuität**

Wichtige Informationen werden kontinuierlich angezeigt. Oft sind diese Informationen auf separate Bildschirme ausgelagert und haben einen festen Ort. Bei kritischen Prozessen regeln Protokolle die Kommunikation zwischen den Anwendern. Alarme sind standardisiert. Durch kontinuierliche Verfügbarkeit von Information sind Abweichungen vom Sollzustand leichter zu erkennen.

### **Lernförderlichkeit**

Der menschliche Faktor schafft in Echtzeitüberwachungs- und -steuersystemen Robustheit durch seine Latenz, durch seine Verzögerung von Reaktionen und Entscheidung auf Basis von unscharfen Kriterien (qualitative Werte, keine quantitativen Schwellenwerte). Daraus ist abzuleiten, dass das System diesen Vorgang unterstützen soll (vgl. Kapitel 3.6).

### **Antizipierbarkeit**

Die Tätigkeit der Überwachung und Steuerung ist ein Vorgang, der die erfahrungsgeladene, aktive Informationsabfrage, -verarbeitung (Beurteilung und Antizipation) und Folgehandlungen im Sinne der Situation Awareness umfasst (vgl. Kapitel 5.2). Das Erfahrungs- und Kontextwissen erhöht die Effizienz des Anwenders und die Qualität seiner Leistung im Sinne der «Eleganz» seiner Lösung. Er projiziert dazu die Entwicklung des Gesamtsystems in die Zukunft.

Die Experten haben mentale Modelle des soziotechnischen Gesamtsystems, mit welchem sie interagieren, um Informationen zu beurteilen und ihre Reaktionshandlungen auszuwählen. Der



Anwender erkennt aufgrund der peripheren und der Information im Fokus seiner Aufmerksamkeit den Gesamtzustand des Systems, und er passt seine Entscheidungen daran an.

Der Erfahrene kann natürlich mehr antizipieren, er weiss mehr auswendig, er ist ein bisschen schneller, er erfasst eine Situation schneller. Er macht es – vielleicht – ein bisschen eleganter. Der Andere macht dann nur die drittbeste Variante und merkt nachher, dass es anders noch besser gewesen wäre. Das führt ja dann irgendwann eben dazu, dass er Erfahren ist.

(Herr Hausamann, Leiter BLZ Zürich)

### **Abstraktionsgrad**

Die Anwender sind Experten. Sie haben die Bedeutung der Informationen in längerer Ausbildung und Training gelernt. Die schnelle Erlernbarkeit ist in diesen Kontexten ein sekundärer Qualitätsfaktor. Wichtiger ist, dass die Information den Anwendern in einem adäquaten Abstraktionsgrad angeboten wird. Der Abstraktionsgrad der Informationen ist in allen untersuchten Arbeitsumgebungen hoch. Teilweise werden mehrere Informationen in Zeichen gepackt und angezeigt. Bei erlernten Zeichen kann der Anwender wählen, ob er sie entschlüsselt oder die Informationscodes als Ganzes verarbeitet. (Beispiel: Zugnummern enthalten die Informationen, welcher Zug, wann von wo nach wo fährt).

Die Information in diesen Systemen ist stark abstrahiert und unterscheidet sich stark von der realen greifbaren Welt. Da die Anwender die Information filtern müssen, stellt sich die Frage, wie wichtig der Abstraktionsgrad für das optimale Filtern ist; würden die Aufmerksamkeitsfilter, die die Anwender für die Welt ausserhalb des Arbeitskontextes benutzen, die Arbeit behindern? Auffällig ist, dass die Dinge aus dem privaten Alltag meist aus den Arbeitskontexten verbannt sind und in einer eigenen Fachsprache kommuniziert wird. Es wird eine eigene, künstliche Welt generiert, dessen Teil der Anwender ist, und die Aufmerksamkeitsfilter der Anwender können in dieser künstlichen Welt auf diesen Kontext angepasst werden.

### **Vertrauen**

Den technischen Systemen vertrauen die Anwender nur bedingt; sie vertrauen jedoch in die eigene Interpretation der Daten und den Sicherungsmechanismen, die in den Konzepten der soziotechnischen Systeme vorgegeben sind (Fail-Safe-Prinzip, Closed Loop, Sicherheit durch physikalische Gesetze, Übergabeprotokolle etc.). Alle Experten zeigten ein hohes, emotionales Engagement ihrem Beruf und dem Team gegenüber und grossen Stolz auf ihre Erfahrung, mit welcher sie die Unzulänglichkeiten der technischen Systeme auszugleichen vermögen.

## **6 Evaluation der Designkriterien**

Die Evaluation hat zum Ziel, die aus den vorgängigen Untersuchungen abgeleiteten Designkriterien für periphere Aufmerksamkeit experimentell zu validieren und damit zu überprüfen, ob sie ausserhalb der untersuchten Kontexte gültig sind. Dies schliesst mit ein, Gestaltungsmerkmale der einzelnen Kriterien für verschiedene Sinneskanäle zu identifizieren. In dieser Evaluation konzentrieren wir uns auf den visuellen und auditiven Kanal.

### **6.1 Designkriterien als Hypothesen**

Aus den psychologischen Modellen, aus den Konzepten des Human Computer Interaction Design und aus den Ergebnissen der Kontextanalyse können wir die folgenden Designkriterien als Hypothesen formulieren.

#### **1. Kontinuität**

Die periphere Information muss kontinuierlich verfügbar sein.

#### **2. Lernförderlichkeit**

Die Bedeutung peripherer Information muss im Rahmen der Dauer der Aufgabe lernbar sein.

#### **3. Antizipierbarkeit**

Das Verhalten des Systems muss antizipierbar sein.

#### **4. Abstraktionsgrad**

Periphere Information muss in einem adäquaten Abstraktionsgrad dargeboten werden.

#### **5. Vertrauen**

Das Vertrauen in das System bildet die Grundlage für die Verlagerung der Information in die Peripherie der Aufmerksamkeit.

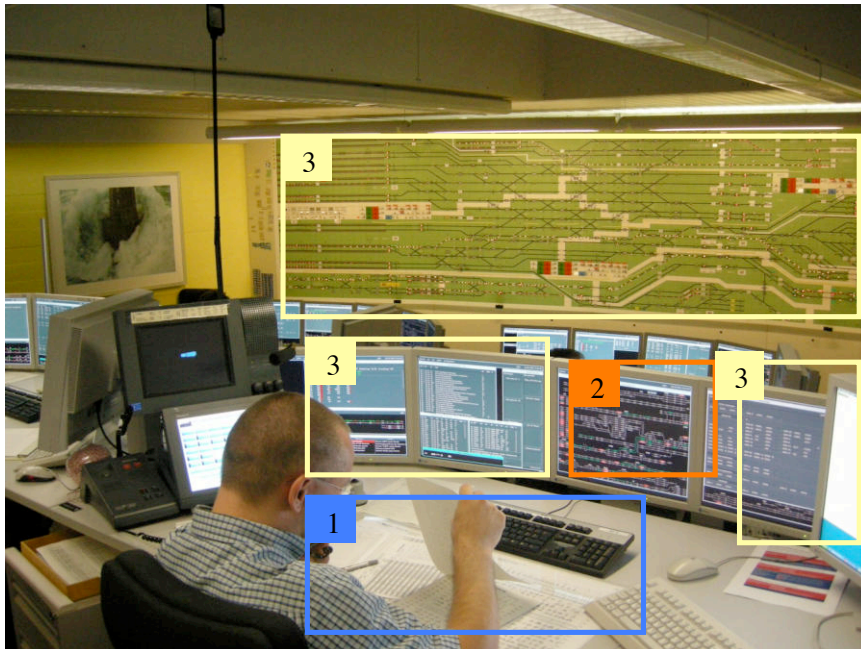
### **6.2 Das Experiment als Modell realer Arbeitssituationen**

Um die Designkriterien experimentell überprüfbar zu machen, ist erforderlich, dass sie konkret wahrnehmbar und erfahrbar werden. Dazu verwenden wir einerseits Stimuli, welche Gestaltungsmerkmale der Designkriterien umsetzen und entwerfen andererseits einen experimentellen Ablauf, welcher eine reale Arbeitssituation nachbildet. Das Experiment modelliert die in der Kontextanalyse untersuchten Arbeitssituationen, welche die folgenden Verarbeitungsschritte umfassen:

1. Der Experte ruft im User Interface des technischen Systems einen Ist-Zustand ab und vergleicht diesen mit dem geplanten Soll-Zustand.
2. Der Experte beurteilt den Ist-Zustand. Bei Differenzen zwischen Ist und Soll entscheidet der Experte, welche Massnahme er ergreift.

- Der Experte führt die Handlung zur Angleichung des Ist-Zustands an den Soll-Zustand aus und verifiziert die Wirkung seiner Handlung im System.

Parallel dazu werden aus weiteren Quellen (technische Systeme, Team-Mitglieder, reale Welt) Kontext-Informationen dargeboten, welche den Experten beim Lösen seiner Aufgabe unterstützen. Am Beispiel der Betriebsleitzentrale SBB lässt sich dies wie folgt veranschaulichen:



#### Legende

- 1 Soll-Zustand geplant
- 2 aktueller Ist-Zustand
- 3 periphere Informationen

**Abbildung 25: Arbeitssituation SBB Betriebsleitzentrale, Planung**

Die Planung erfolgt auf Basis des ausgedruckten Soll-Fahrplans und der analogen und elektronischen Anzeige des aktuellen Ist-Zustand, sowie weitere Informationen, welche über Telefon und Notifikationssysteme eintreffen.



#### Legende

- 1 Soll-Zustand geplant
- 2 aktueller Ist-Zustand
- 3 periphere Informationen

**Abbildung 26: Arbeitssituation SBB Betriebsleitzentrale, Überwachung und Steuerung**

Der einzelne Mitarbeiter ist für einen ausgewählten Bereich zuständig. Die Überwachung und Steuerung basiert auf dem ausgedruckten Soll-Fahrplan und der analogen und elektronischen Anzeige des aktuellen Ist-Zustands, sowie mündlicher Informationen der Teammitglieder.

## 6.3 Ansatz und Methodik

### 6.3.1 Auswahl des Experiments

Für die Evaluation der Designkriterien haben wir verschiedene Methoden und Test-Abläufe geprüft. Grundsätzlich kamen zwei verschiedene Ansätze für das Experiment in Frage: Entweder das Experiment in einem realen Anwendungskontext oder ein Labor-Experiment unter kontrollierten Bedingungen durchzuführen.

Die Entwicklung des Experiments erfolgte in mehreren Iterationen. Die ersten Ansätze waren noch allgemein gehalten:

- Etwas Neues, das in die Peripherie der Aufmerksamkeit verlagert werden könnte und für den Anwender relevante Informationen repräsentiert, in ein bestehendes System eingeben und beobachten was damit passiert.
- Eine abstrakte Version eines bestehenden Systems schaffen. Und mit Anwendern des Systems eine Aufgabe durchspielen.
- Eine Situation suchen, in der ein Überwacher und das zu Überwachende an verschiedenen Orten sind. Dazu eine Visualisierung oder ähnlich am tatsächlichen Aufenthaltsort installieren. Künstlich eine konstante Kommunikation herstellen.

In der zweiten Phase konkretisierten sich diese Ansätze. In der weiteren Ausarbeitung ergaben sich zwei grundsätzlich verschiedene Ansätze, nämlich ein Experiment in realem Anwendungskontext oder ein Laborexperiment unter kontrollierten Bedingungen.

- Realer Anwendungskontext
  - Auditive Stimuli im Kontext der Intensivpflegestation (Experiment im Rahmen der Ausbildung)
  - Halb-öffentlicher Kalender aller Mitarbeiter in einem Gemeinschaftsbüroraum, Darstellung der Kalendereinträge als Stimulus (siehe Beschreibung im Anhang Kap. 11.1.1)
- Laborexperiment
  - Aufgabe mit Hilfsinformation, Hilfsinformation als Stimulus (siehe Beschreibung im Anhang Kap. 11.1.2)
  - Aufgabe mit Hinweis auf Hilfsinformation, Hinweis als Stimulus

Die letzte Variante einer Aufgabe mit Hinweis und Hilfsinformation haben wir für die Durchführung ausgewählt, da sie aus methodischer Sicht die aussagekräftigsten Ergebnisse versprach.

### 6.3.2 Ansatz für das Experiment

In unserem Experiment setzen wir eine primäre und eine sekundäre Aufgabe ein. Die Testperson erhält eine primäre Aufgabe zusammen mit der Instruktion, dass auf einem Bildschirm zur Lösung der Aufgabe hilfreiche Informationen angezeigt werden. Das Beachten und Anwenden dieser peripheren Hilfsinformationen stellt die sekundäre Aufgabe dar.

Mit der Verbindung einer primären mit einer sekundären Aufgabe, welche die Lösung der primären Aufgabe unterstützt, erwarten wir, dass das Interesse und die Motivation der Testperson für die sekundäre Aufgabe gegeben sind. Wir konnten feststellen, dass in den professionellen Arbeitskontexten immer ein inhaltlicher Bezug der peripheren Information zur primären Aufgabe besteht. Dieser Ansatz für das Experiment begründet sich in den Ergebnissen der Kontextanalyse der Arbeitssituationen, in denen die Experten, die auch periphere Informationen nutzen.

Damit verfolgt unser Experiment einen anderen Ansatz als die in der Literatur dokumentierten Experimente zu *Calm Technology* oder *Ambient Information Systems*, welche zwar ebenfalls eine primäre Aufgabe vorgeben, jedoch eine sekundäre Aufgabe ohne inhaltlichen Bezug zur primären Aufgabe verwenden (beispielsweise Levin 2008). Zur Illustration mag das folgende Beispiel dienen: Eine Testperson muss als primäre Aufgabe ein Rechteck, das für eine Sekunde auf dem Bildschirm erscheint anklicken. In einem zweiten, etwas zurückversetzten Bildschirm wird die periphere Information der Börsenkurse in piktorial codierter Form angeboten. Die Testpersonen wird anschliessend aufgefordert, die von ihr wahrgenommene periphere Information und die Veränderung einzelner im Bild ersichtlichen Parameter anzugeben (Shen et al. 2007). Die primäre Aufgabe diente hier hauptsächlich dazu, die fokussierte Aufmerksamkeit bei der primären Aufgabe zu halten und die Wahrnehmungs- und Verarbeitungsressourcen auszulasten.

In unserem Experiment kommen folgende Methoden zum Einsatz:

- Experiment mit primärer und sekundärer Aufgabe
- Fragebogen zur Erhebung der Belastung durch die Aufgabe und der Wahrnehmung der dargebotenen Stimuli
- Interview und Diskussion
- Analyse des Videoprotokolls mit den Testpersonen

Um die Wahrnehmung und Verarbeitung peripherer Informationen in Form der dargebotenen Stimuli zu erfassen, verwenden wir verschiedene Methoden: a) retrospektive, subjektive Aussage der Testperson im Fragebogen, direkt anschliessend an den Durchlauf des Experiments; b) retrospektive, subjektive Aussage der Testperson im Interview, bei gleichzeitiger Visionierung der Videoaufzeichnung und damit Vergleich der Erinnerung und Beobachtung; c) Beobachtung/Analyse der Videoaufzeichnung durch Experten.

Wie oben ausgeführt (Kap. 3.2), kann die Aufmerksamkeit ohne Augenbewegung von Objekten innerhalb der Fovea in die Peripherie verschoben werden, was durch die reine visuelle Beobachtung nicht festzustellen ist. Durch den Einsatz von drei verschiedenen Methoden zur Erhebung der Daten können wir mit grosser Wahrscheinlichkeit davon ausgehen, die Aufmerksamkeitsverschiebungen feststellen und künstliche Effekte einer Methode, welche das Ergebnis verfälschen würden, ausschliessen zu können.

Die Auswertung der Daten erfolgt mit qualitativen Methoden, wie der Inhaltsanalyse der Interviews und der Videoaufzeichnung.

### **6.3.3 Messung der Belastung durch die Aufgabe**

Um festzustellen, ob die primäre Aufgabe in ausreichendem Masse fordernd war und die Testpersonen nicht durch eine zu einfache Aufgabe gar nicht auf die Hilfsinformation angewiesen sind oder sie dabei zu viele Ressourcen frei haben, um die Hilfsinformation abwartend zu beobachten, erhalten sie nach Abschluss des Experiments einen Standardfragebogen zur Evaluation der mentalen und physischen Belastung bei der Ausführung einer Aufgabe. Wir haben dazu den NASA Task Load Index (NASA TLX) verwendet. Der Fragebogen umfasst die folgenden Dimensionen: Mentale Anforderung (Mental Demands), physische Anforderung (Physical Demands), zeitliche Anforderung (Temporal Demands), Leistung (Own Performance), Einsatz/Anstrengung (Effort) und Frustration (Frustration) (Fragebogen online: Hart et al. 2007). Für unseren Einsatz haben wir den Fragebogen vom Englischen ins Deutsche übersetzt. Die Auswertung erfolgt ohne Gewichtung der einzelnen Dimensionen (vgl. Fragebogen im Anhang Kap 11.3.1).

### **6.3.4 Umsetzung im Experiment**

Für unser Experiment wählen wir als primäre Aufgabe das Lösen eines Tangram-Puzzles. Die durchmischten Puzzleteile bilden den aktuellen Ist-Zustand. Der Soll-Zustand wird mit der auf Papier ausgedruckten Figur, welche zu lösen ist, dargestellt. Auf dem Bildschirm werden als Kontextinformationen Hilfsinformationen zur Lösung (die zu lösende Figur mit eingezeichneten Umrisslinien eines Einzelteils) eingeblendet. Diese Hilfsinformationen werden mit unterschiedlich gestalteten Hinweisen angekündigt. Die Hilfsinformationen spielen eine untergeordnete Rolle: bei diesem Experiment sind die verschiedenen gestalteten Hinweisreize und die Reaktion der Anwender auf diese von Interesse.

Das Experiment umfasst zwei Durchläufe mit je einer primären Aufgabe, welche von den Testpersonen auszuführen sind. Die Gesamtdauer eines Durchlaufs ist auf 6 Minuten beschränkt. Anschliessend erhalten sie einen Fragebogen, welche ihre Belastung misst und retrospektiv erfasst, welche Stimuli sie wahrgenommen haben und wie sie diese beurteilen.

Daraufhin betrachten wir gemeinsam die Videoaufzeichnung des Experiments und besprechen in einem offenen Interview die Erfahrungen und Bewertungen der Testperson mit dem Ziel, nachträglich erinnertes Verhalten mit dem beobachtbaren zu vergleichen.

Die Hinweisreize werden jeweils direkt vor der Hilfsinformation in vier unterschiedlichen Aufprägungen dargeboten. Die visuellen Stimuli sind a) Sequenz von drei schrittweise grösser werdenden orangen Quadraten, b) oranges Vollbild. Die auditiven Stimuli sind c) ein Traktormotorengeräusch und d) ein synthetischer Ufo-Sound. In jedem Durchlauf werden beide visuellen oder beide auditiven Stimuli dargeboten. Die Reihenfolge der Stimuli ändert sich bei jeder Testperson.

### 6.3.5 Erwartete Ergebnisse

Wir gehen davon aus, dass die Designkriterien valide sind, wenn sie periphere Aufmerksamkeit unterstützen. Um unter kontrollierten Bedingungen experimentell festzustellen, ob die Testpersonen die Hinweisreize mit peripherer Aufmerksamkeit wahrnehmen, erfassen wir die folgenden Faktoren:

- Hinweisreiz beachtet: ja / nein  
Der Hinweisreiz wird von der Testperson bewusst beachtet und verarbeitet.
- Hinweisreiz handlungswirksam: ja / nein  
Der Hinweisreiz hat eine Wirkung auf das Verhalten, indem die Testperson die folgende Hilfsinformation rechtzeitig wahrnimmt.

Der Messung der Faktoren Hinweis beachtet und/oder handlungswirksam liegt die Annahme zu Grunde, dass sich periphere Aufmerksamkeit nur indirekt beobachten lässt, da sie dadurch definiert ist, dass periphere Informationen unterschwellig wahrgenommen und verarbeitet werden. Die Verarbeitung, der nach dem Hinweis angezeigten Hilfsinformation, erfordert komplexe, kognitive Prozesse, wie die Identifikation der Information, die Lokalisierung innerhalb der Lösungsfigur, und die Extrapolation der Form des Tangram-Teils. Um festzustellen, ob der Hinweis von der Testperson verarbeitet und damit handlungswirksam wird, gehen wir daher von der Hypothese aus, dass die Testperson ihre Aufmerksamkeit nach dem Hinweis zur Hilfsinformation verschiebt, wenn sie den Hinweis verarbeitet. Dies wird im gewählten experimentellen Aufbau als eine Bewegung der Augen und/oder des Kopfes in Richtung Bildschirm beobachtbar.

Um die Beachtung des Hinweisreizes selber wie auch die Aufmerksamkeitsverschiebung zur Hilfsinformation zu identifizieren, setzen wir Methoden der Beobachtung (Videoaufzeichnung) und retrospektiver Erinnerung der Testpersonen mit und ohne Stimuluspräsentation (Interview während Visionierung der Videoaufzeichnung und Fragebogen) ein. Daraus ergeben sich die folgenden Kombinationen der Faktoren, welche wir als Ergebnis erwarten.

Kombination Nr.	Hinweisreiz beachtet	Hinweisreiz handlungswirksam
1	ja	ja
2	ja	nein
3	nein	ja
4	nein	nein

**Tabelle 2: Kombinationen der Faktoren**

- Kombination Nr. 1 beschreibt die Aufmerksamkeitsverschiebung innerhalb der selektiven Aufmerksamkeit.
- Kombination Nr. 2 beschreibt einen falschen Alarm, oder ein auffälliges Signal, welches für die Aufgabe als nicht relevant beurteilt wird.
- Kombination Nr. 3 beschreibt periphere Aufmerksamkeit.
- Kombination Nr. 4 beschreibt einen im Verhältnis zur aufgewendeten, fokussierten Aufmerksamkeit für die primäre Aufgabe zuwenig auffälligen Hinweisreiz.

Die spezifischen Gestaltungsmerkmale derjenigen Hinweisreize, welche die Kombination Hinweisreiz nicht beachtet – Hinweisreiz handlungswirksam (Nr. 3) bewirken, sollten die Gültigkeit der Designkriterien bestätigen oder verwerfen.

Für die verwendeten Stimuli des Hinweisreizes erwarten wir, dass sie die Designkriterien in folgender Ausprägung wahrnehmbar machen.

<b>Designkriterium</b>	<b>Visueller Stimulus: Sequenz Quadrate</b>
Kontinuität	ja
Lernförderlichkeit	ja
Antizipierbarkeit	ja
Abstraktionsgrad	ja
Vertrauen	ja

<b>Designkriterium</b>	<b>Visueller Stimulus: Vollbild</b>
Kontinuität	nein
Lernförderlichkeit	ja
Antizipierbarkeit	ja
Abstraktionsgrad	ja
Vertrauen	ja

<b>Designkriterium</b>	<b>Auditiver Stimulus: Traktor-Sound</b>
Kontinuität	ja
Lernförderlichkeit	ja
Antizipierbarkeit	ja
Abstraktionsgrad	nein
Vertrauen	ja

<b>Designkriterium</b>	<b>Auditiver Stimulus: Ufo-Sound</b>
Kontinuität	ja
Lernförderlichkeit	ja
Antizipierbarkeit	ja
Abstraktionsgrad	ja
Vertrauen	ja

**Tabelle 3: Umsetzung der Designkriterien durch Stimuli**

### 6.3.5.1 Sinnesmodalitäten

Die Stimuli des Hinweises werden in einer Variante visuell und in einer anderen auditiv dargeboten. Aufgrund der Multiple Resource Theory von Wickens (siehe oben Kap. 3.3) ist zu erwarten, dass diejenigen Hinweise, welche in einer anderen Sinnesmodalität als jener, welche die primäre Aufgabe benötigt, aufgenommen werden, eher mit peripherer Aufmerksamkeit wahrgenommen werden. In der folgenden Tabelle sind die Sinnesmodalitäten der Stimuli und der primären Aufgabe aufgelistet.

<b>Stimulus Hinweis</b>	<b>Sinnesmodalität primäre Aufgabe</b>	<b>Sinnesmodalität Hinweisreiz</b>	<b>Sinnesmodalität Hilfsinformation</b>
Quadrate	visuell, taktil	visuell	visuell
Vollbild	visuell, taktil	visuell	visuell
Traktor-Sound	visuell, taktil	auditiv	visuell
Ufo-Sound	visuell, taktil	auditiv	visuell

**Tabelle 4: Stimuluskonfigurationen primäre Aufgabe, Hinweisreiz und Hilfsinformation**

Die auditiven Stimuli dürften demnach die periphere Aufmerksamkeit besser unterstützen als die visuellen.



### 6.3.6 Stichprobe

Das Experiment haben wir mit 6 Testpersonen (2 Frauen, 4 Männer) durchgeführt. Das Alter der Testpersonen liegt zwischen 24 und 44 Jahren (Mittelwert: 37.5 Jahre). Die Testpersonen waren über den Inhalt des Experiments vorgängig nicht informiert, waren aber interessiert, an einem Experiment teilzunehmen.

Mit der Stichprobengröße von sechs Testpersonen kann das Experiment keinen Anspruch auf statistisch repräsentative Aussagen erheben. Die Anzahl der Testpersonen entspricht jedoch der in der Praxis als sinnvoll erachteten Anzahl von 5 bis 6 Personen, um in einem Usability-Test ca. 80% der Usability-Probleme ausfindig zu machen, welche mit dem getesteten Szenario auffindbar sind (Nielsen 1993).

#### Aufbau und Durchführung im Testraum

Die Stimuli werden als automatisch ablaufende Microsoft-Powerpoint-Präsentation mit einem in einem Meter Entfernung frontal vor der Testperson auf dem Tisch stehenden Bildschirm farbige dargestellt. Dahinter steht das Apple Powerbook, von welchem die Präsentation abgespielt wird. Der Sound ertönt aus den eingebauten Lautsprechern des Powerbooks.



**Abbildung 27: Anordnung des Experiments aus Sicht der Testperson.**

Auf dem Tisch befinden sich die Tangram-Teile zur Lösung der Aufgabe (Tangram-Figur), welche auf Papier abgebildet ist; auf dem Bildschirm werden die zu lösende Figur, die Hinweise und die Hilfsinformation angezeigt.



**Abbildung 28: Anordnung des Experiments aus Sicht der Videokamera**

Die Videokamera zeichnet die Testperson von schräg vorne und gleichzeitig den Ablauf der Stimuli auf, welche auf dem Laptopbildschirm synchron mit dem Ablauf auf dem Bildschirm der Testperson angezeigt werden.

### 6.3.7 Skript für den Ablauf des Tests

#### 1. Begrüssung des Probanden

#### 2. Briefing des Probanden

Sie sehen ein Tangram-Puzzle vor sich, sie erhalten ein Blatt Papier mit einer Figur, die es zu lösen gilt, dieselbe Figur erscheint auf dem Bildschirm vor ihnen. Auf dem Bildschirm erscheinen von Zeit zu Zeit Hilfen für die Lösung des Puzzles, die Hilfen werden angekündigt.

Der erste Teil des Experiments dauert sechs Minuten. Die Testleiter geben ihnen danach eine zweite Figur, die Sie bitte ebenfalls lösen. Der Test wird auf Video aufgezeichnet. Die Testleiter verlassen den Raum während des Experiments.

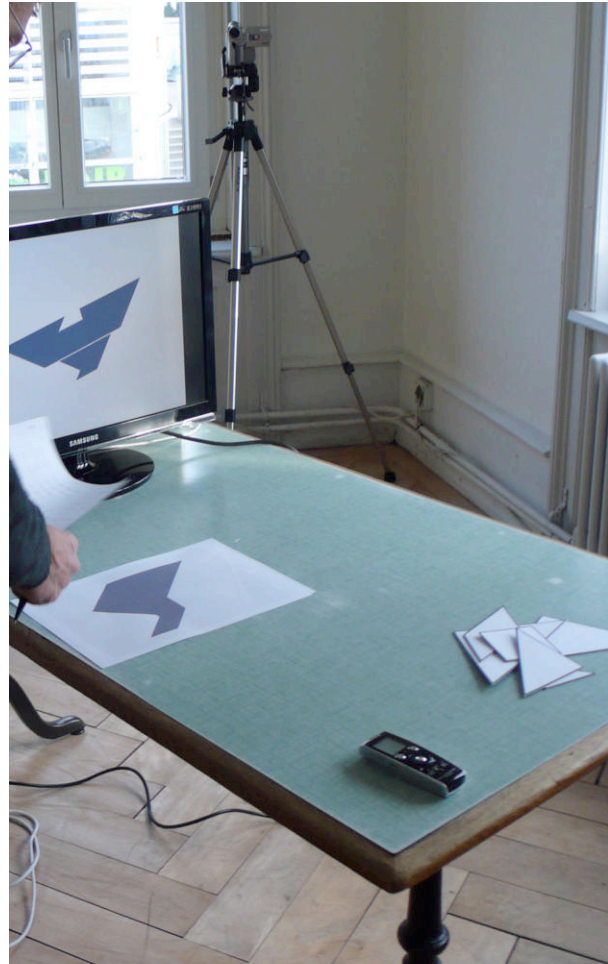
Nach dem Test füllen sie einen kurzen Fragebogen aus. Danach führen die Testleiter ein kurzes Interview mit ihnen. Anschliessend schauen sie die Videoaufzeichnung zusammen mit den Testleitern an, und sie werden dazu befragt.

Sind sie mit den Bedingungen einverstanden? Sie können das Experiment zu jedem Zeitpunkt von sich aus abbrechen.

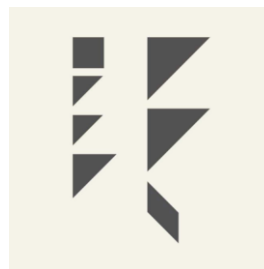
#### 3. Start des Experiments

Die Testperson sitzt am Tisch. Vor ihr liegen ungeordnete Puzzle-Teile.

Die Testperson hat ein Blatt vor sich liegen, auf dem eine Tangram-Figur abgebildet ist.



**Abbildung 29:** Die Testperson sitzt an der schmalen Seite des Tisches vor dem Bildschirm



**Abbildung 30:** Tangram-Teile

Während des Experiments

Auf dem Bildschirm vor der Testperson ist dieselbe Figur zu sehen. Es erscheinen von Zeit zu Zeit Hilfen auf dem Bildschirm, die helfen das Puzzle zu lösen. Die Hilfen werden mit vier verschiedenen Stimuli (Hinweise auf die Hilfen) angekündigt. Direkt nach dem Hinweis folgt die Hilfe.

Visuelle Hinweise

- Sequenz oranger Quadrate (kleines Quadrat am rechten, oberen Rand des Bildschirms, das schrittweise grösser wird)
- Oranges Vollbild

Auditive Hinweise

- Traktor-Sound (Rattern eines Traktormotors)
- Ufo-Sound (Landung eines Ufos)

Hilfsinformation

Die Hilfsinformationen werden immer sechs Mal mit demselben Stimulus angekündigt. Danach folgt, ebenfalls sechs Mal, ein zweiter Stimulus.

5. Fragebogen

Die Testperson füllt nach dem Test einen Fragebogen aus (NASA Task Load Index u.a.).



Abbildung 31: Figur (Aufgabe) ausgedruckt auf Papier



Abbildung 32: Hilfsinformation auf dem Bildschirm



Abbildung 33: Figur (Aufgabe) auf Bildschirm

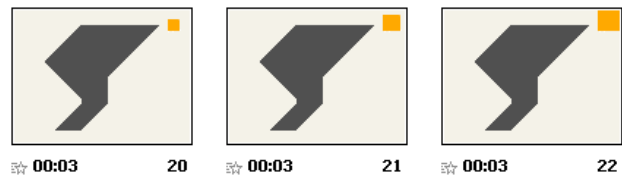


Abbildung 34: Visueller Hinweis



Abbildung 35: Auditiver Hinweis



Abbildung 36: Eine der sechs Hilfsinformationen pro Figur

#### 6. Kurzinterview

Die Testleiter befragen die Testperson zu den Hinweisen auf Hilfsinformationen während des Experiments.

#### 7. Videoanalyse

Die Videoaufnahmen werden gemeinsam mit der Testperson ausgewertet und protokolliert.

#### 8. Verabschiedung der Testperson.

## **6.4 Auswertung der Daten**

Im Rahmen des Experiments haben wir die Daten mit qualitativen Methoden wie Interview und Beobachtung erhoben. Die Auswertung der Daten – auch diejenigen des Fragebogens – führen wir ebenfalls mit qualitativen Methoden, wie der Inhaltsanalyse, durch. Die quantitative Darstellung der Ergebnisse sind im Anhang Kap. 11.2. aufgeführt.

### **6.4.1 Belastung durch die Aufgabe**

Die subjektiv empfundene Belastung während des Experiments wurde mit dem Fragebogen des NASA Task Load Index erfasst. Relevant für unser Experiment ist dabei die Dimension der mentalen Anstrengung (Wie stark forderte die Aufgabe mental?). Die mentale Anstrengung wurde im Durchschnitt mit 12 (Min. 7, Max. 16) auf der 20-stufigen, bipolaren Skala (1 = sehr wenig – 20 = sehr stark) gewichtet, also leicht über der Mitte der Skala. Der erbrachte Einsatz (Wie stark musstest du dich anstrengen, um diese Leistung zu erbringen?) liegt etwas höher, bei 14 (Min. 13, Max. 16). Interessant ist die Bewertung des Grads der Frustration (Wie verunsichert, entmutigt, irritiert, gestresst oder gelangweilt warst du?). Dieser Wert liegt im Durchschnitt bei 5.83, mit einer hohen Varianz (Min. 1, Max. 13) (vgl. Anhang, Kap. 11.3.2).

Wir schliessen aus diesen Werten, dass die primäre Aufgabe als nicht sehr schwierig zu lösen empfunden wurde, die Testpersonen sich dabei dennoch angestrengt und dies teilweise auch als frustrierend empfunden haben. Es ist anzunehmen, dass die Aufmerksamkeitsressourcen sind daher hauptsächlich auf die primäre Aufgabe fokussiert waren. Da wir kein Zeitlimit vorgegeben haben, fühlten sich die Testpersonen nicht unter Zeitdruck.

### **6.4.2 Grad der Unterstützung durch Hilfsinformation**

Für die Einschätzung der Hilfsinformation, welche peripher dargeboten wurde, und die als Lösungshilfe dienen sollte, sehen wir, dass diese Information von drei Testpersonen tatsächlich als Hilfe eingeschätzt wurde, von dreien jedoch nur in geringem Ausmass. Hier ergab sich ein Mittelwert von 11.27 bei einem Minimum von 5 und einem Maximum von 16 auf der 20-stufigen bipolaren Skala (1 = sehr wenig – 20 = sehr stark). Auffällig ist der Zusammenhang der Bewertung der Frustration und der Beurteilung der Lösungshilfe. Bei zwei Testpersonen ist der Wert der Frustration mit 13 relativ hoch und zugleich derjenige der Lösungshilfe mit 8 relativ gering. Wir können vermuten, dass eine als wenig hilfreich empfundene Unterstützung des Systems Frustration auf Seiten der Testperson bewirkt hat. Es stellt sich damit die Frage, welche Auswirkungen diese Erfahrung auf die Erwartung des Anwenders dem System gegenüber hat.

Im Folgenden präsentieren wir die Ergebnisse, welche wir für die einzelnen Stimuli (unabhängige Variablen) erhalten haben.

### 6.4.3 Visueller Stimulus: Sequenz Quadrate

Der Stimulus umfasst eine Sequenz von drei orangenen Quadraten. Er wird, inkl. einem Ein- und Ausblenden der Quadrate von 3 Sekunden Dauer, während 5 Sekunden angezeigt. Nach dem letzten Quadrat der Sequenz wird die Hilfsinformation angezeigt.

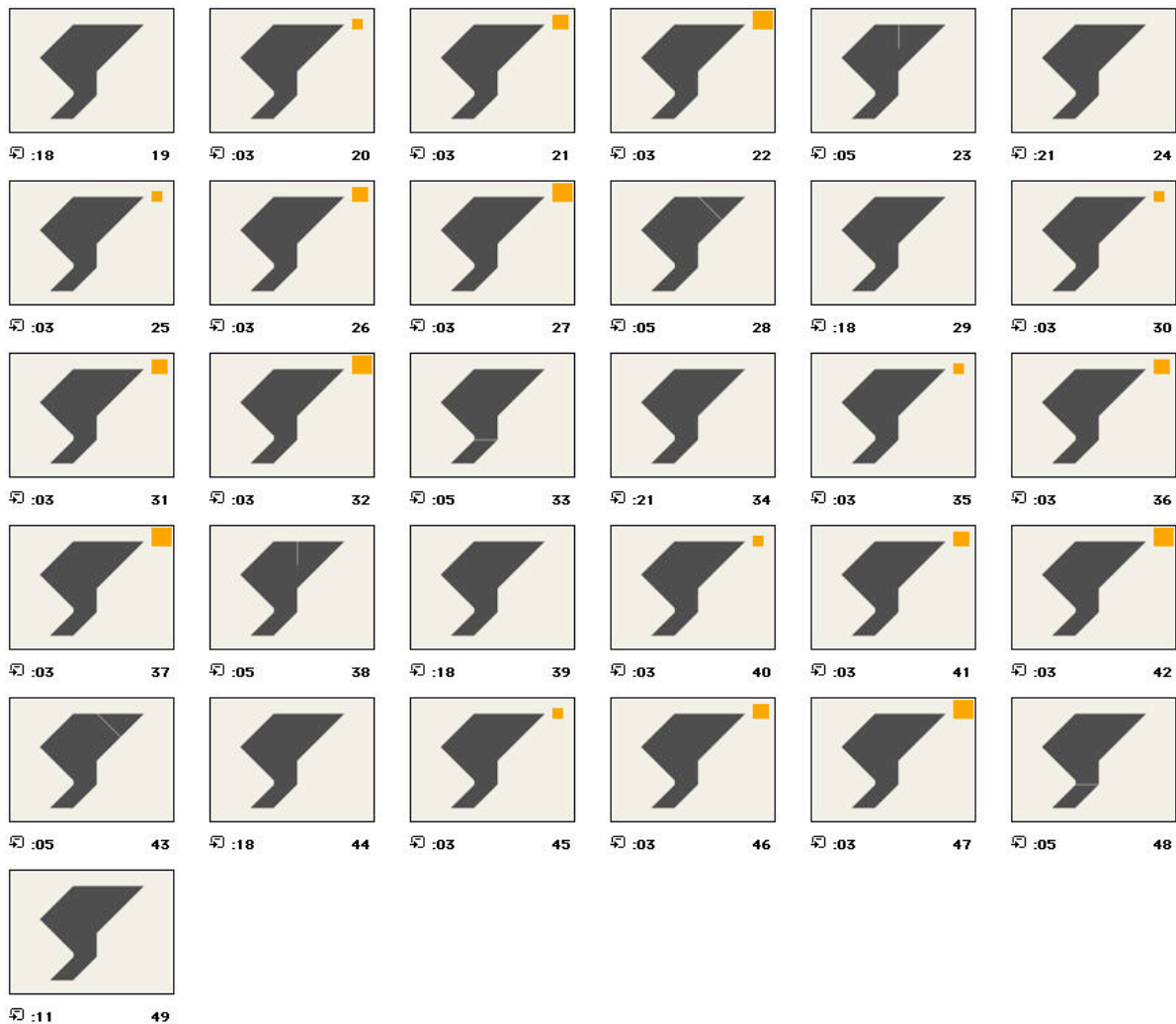


Abbildung 37: Stimulus Sequenz Quadrate

#### Ergebnis

Die Quadrate wurden, ausser von einer Testperson, beachtet und lenkten die Aufmerksamkeit auf die Hilfsinformation. Obwohl die Gesamtdauer der Sequenz 9 Sekunden beträgt, wurde der Stimulus als nicht sehr gut sichtbar beurteilt. Dies dürfte u.a. mit seiner geringen Grösse und seiner Platzierung in der rechten oberen Ecke des Bildschirms zusammenhängen.

Eine Testperson hat die Hilfsinformation nicht beachtet, weil sie den Hinweis nicht wahrgenommen hat. Diese Testperson hat die Lösungshilfe auch als nicht sehr nützlich beurteilt. Im Interview stellte sich heraus, dass die Testperson versucht hat, die Aufgabe mit möglichst wenig externer Hilfe zu lösen. Die Motivation, periphere Informationen aufzunehmen, war entsprechend gering.

Sehr unterschiedlich wurde das Design des Stimulus beurteilt. Da es sich um eine dreistufige Sequenz von Quadraten handelt, welche sich mit jedem Schritt vergrößern, haben die Testpersonen diese Abfolge zu interpretieren versucht.

Die dreistufige Ankündigung wurde dabei nur von einer Testperson erkannt. Diese Person empfand den Hinweis als beruhigend. Der Hinweis half ihr auch, sich auf die primäre Aufgabe zu konzentrieren, da er die Hilfsinformation eindeutig ankündigt.

Von Testpersonen, welche den Stimulus als Ankündigung interpretiert hatten, wurde er als irritierend und als falscher Hinweis empfunden. Die Schwierigkeit, eine adäquate Abstraktion des Hinweises zu finden, zeigt sich darin, dass der Stimulus als Zeichen für ein Puzzle-Teil (ebenfalls ein Quadrat) gelesen wurde (2 Testpersonen). Die Testpersonen hatten dadurch erwartet, dass die korrekte Platzierung dieses Puzzle-Teils in der Figur angezeigt würde. Weitere zwei Testpersonen haben das orange Quadrat mit dem Logo eines Unternehmens assoziiert.

In beiden Fällen wird deutlich, dass durch den Vorgang der Interpretation des Zeichens und der Assoziation von Bedeutungen aus der Alltagserfahrung kognitive Ressourcen aktiviert werden, welche fokussierte Aufmerksamkeit erfordern.

Die Darbietung der visuellen Stimuli in derselben Sinnesmodalität, welche auch die primäre Aufgabe beansprucht, wurde von einer Testperson als zusätzliche Belastung empfunden.

### **Zusammenfassung**

Der Umfang der Unterstützung des Designkriteriums durch den Stimulus ist in der folgenden Tabelle aufgeführt. Aus den qualitativen Auswertungen ergibt sich die Validität des Designkriteriums in Bezug auf die Überprüfung mit diesem Stimulus.

<b>Designkriterium</b>	<b>Visueller Stimulus: Sequenz Quadrate</b>		
	<b>erwartet</b>	<b>effektiv</b>	<b>Validität des Designkriteriums</b>
Kontinuität	ja	teilweise	ja (keine periphere Aufmerksamkeit, da irritierende Unterbrechung)
Lernförderlichkeit	ja	teilweise	ja (gelernt, half sich auf primäre Aufgabe zu konzentrieren)
Antizipierbarkeit	ja	teilweise	ja (keine periphere Aufmerksamkeit, falls nicht antizipiert)
Abstraktionsgrad	ja	teilweise	ja (keine periphere Aufmerksamkeit bei Interpretationsvorgang)
Vertrauen	ja	teilweise	ja (keine periphere Aufmerksamkeit bei Vertrauensverlust)

**Tabelle 5: Sequenz Quadrate, Stimulus-Effekt und Validität der Designkriterien**



#### 6.4.4 Visueller Stimulus: Vollbild

Der Stimulus wird für eine Sekunde als Vollbild (oranger Bildschirm) ohne Überblendung angezeigt. Nach dem Stimulus wird die Hilfsinformation angezeigt.

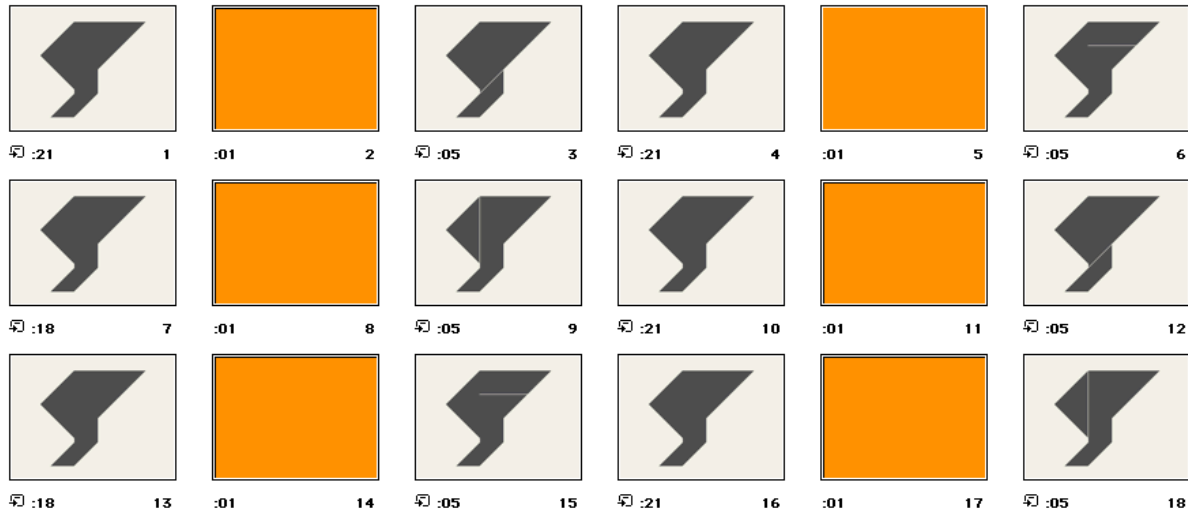


Abbildung 38: Stimulus Vollbild

#### Ergebnis

Dieser Stimulus hat einen relativ starken Signalcharakter, was sich in den Ergebnissen widerspiegelt, die belegen, dass er von allen Testpersonen zumindest zeitweilig beachtet wurde.

Bei einer Testperson hat der Stimulus nicht als Hinweis auf die Hilfsinformation funktioniert. Im Interview hat die Testperson ausgesagt, den Hinweis nicht bewusst wahrgenommen zu haben. Wie sich im Videoprotokoll jedoch zeigte, hat sie den Hinweis teilweise beachtet. Die Testperson hat den Stimulus nicht als Hinweis interpretiert, sondern aktiv auf dem Bildschirm nach der Hilfsinformation gesucht und auf diese gewartet, um sie nicht zu verpassen.

Die subjektive Beurteilung des Hinweises ist sehr unterschiedlich. Er wird von einer Testperson zwar als irritierend empfunden, die daraus entstehende Unterbrechung der primären Aufgabe aber durchaus auch positiv bewertet, da sie Distanz zum eigenen Lösungsweg bringe.

Zwei Testpersonen empfanden den Stimulus als sehr unangenehm und störend, da die Figur für einen Moment verschwindet und nach der Anzeige des Hinweises eine erneute visuelle Orientierung auf dem Bildschirm notwendig werde. Auch die kurze Dauer der Anzeige verursachte ein Stress-Gefühl und die Befürchtung, die Hilfsinformation zu verpassen. Der Hinweis funktioniert damit als Alarm, jedoch nicht als Ankündigung.

Bei drei Testpersonen (bei einer Person ausgeprägt) konnten wir periphere Aufmerksamkeit, wie wir sie unserer Matrix entsprechend definiert haben, wiederholt feststellen. Die eine Testperson berichtete im Interview, den Hinweis nur teilweise beachtet zu haben. Im Videoprotokoll ist jedoch ersichtlich, dass die Testperson jeweils nach der Anzeige des Hinweises zur Hilfsinformation am Bildschirm aufgeblickt hat. Wir deuten dies als ein Indiz für die unterschwellige Wahrnehmung des Hinweises mit peripherer Aufmerksamkeit, welche die Verschiebung der Aufmerksamkeit zur Hilfsinformation hin bewirkt. Dieser Effekt ist zu beobachten, obwohl die Testperson den Stimulus im Interview nicht als Hinweis, sondern als «Gag» beurteilt hat. Dies ist ein überraschendes Ergebnis, da wir für die orange Vollbildfläche eine hohe Auffälligkeit des Stimulus erwartet haben.

## Zusammenfassung

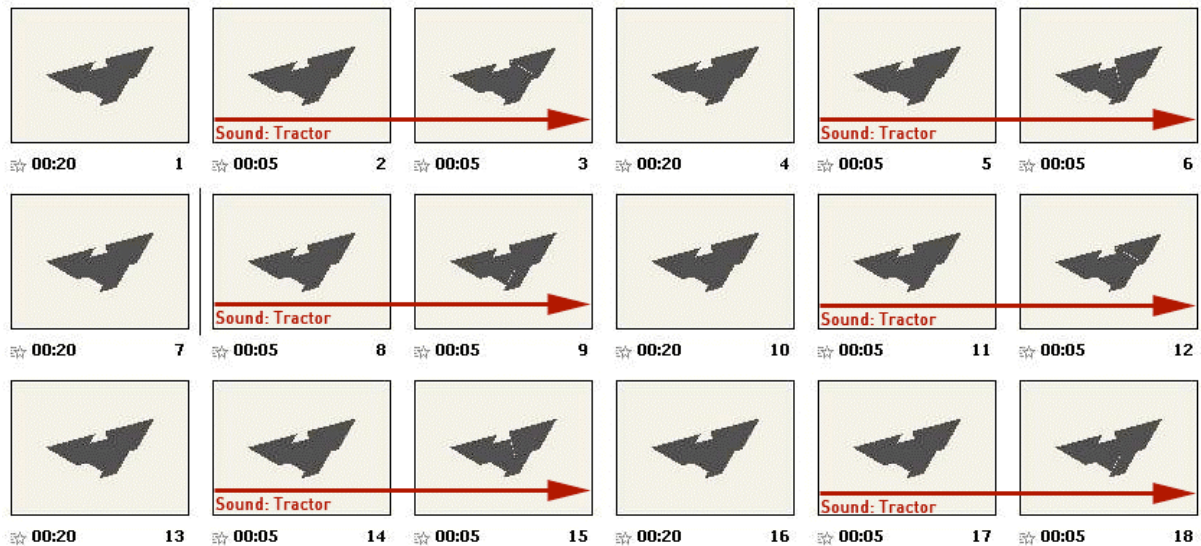
Der Umfang der Unterstützung des Designkriteriums durch den Stimulus ist in der folgenden Tabelle aufgeführt. Aus den qualitativen Auswertungen ergibt sich die Validität des Designkriteriums in Bezug auf die Überprüfung mit diesem Stimulus.

Designkriterium	Visueller Stimulus: Vollbild		Validität des Designkriteriums
	erwartet	effektiv	
Kontinuität	nein	nein	ja (keine periphere Aufmerksamkeit, da Unterbrechung)
Lernförderlichkeit	ja	teilweise	ja (gelernt, half sich auf primäre Aufgabe zu konzentrieren)
Antizipierbarkeit	ja	teilweise	ja (keine periphere Aufmerksamkeit, da nicht als Ankündigung verstanden)
Abstraktionsgrad	ja	teilweise	ja (periphere Aufmerksamkeit, da nicht interpretiert, Signal-Charakter)
Vertrauen	ja	nein	ja (keine periphere Aufmerksamkeit bei Vertrauensverlust)

**Tabelle 6: Vollbild, Stimulus-Effekt und Validität der Designkriterien**

### 6.4.5 Auditiver Stimulus: Traktor-Sound

Der auditive Stimulus des Traktor-Sounds erklingt während zehn Sekunden vor und während der Hilfsinformation. Die Hilfsinformation wird nach 5 Sekunden des Stimulus eingeblendet.



**Abbildung 39: Stimulus Traktor**

## Ergebnis

Der Traktor-Sound integrierte sich – wie sich herausstellte – recht stark in die Umgebungsgeräusche der städtischen Strasse, welche im Testraum die akustische Kulisse bildete. Der Traktor wurde von vier Testpersonen zunächst als Umgebungsgeräusch wahrgenommen, dann aber von zwei Personen im Verlauf des Experiments als Hinweis identifiziert. Das Design des Stimulus hat sich somit zu wenig

von der Umgebung unterschieden und wurde dadurch zum Teil nicht wahrgenommen und auch nicht als Hinweis verstanden.

Ein auditiver Stimulus wurde von zwei Testpersonen generell als angenehm empfunden, da man sich auf die primäre, visuelle Aufgabe konzentrieren könne. Der auditive Hinweis schaffe Vertrauen, so dass man im richtigen Moment auf die Hilfsinformation aufmerksam gemacht werde.

Von zwei anderen Testpersonen wurden die verwendeten Sounds hingegen als nervend, unfreundlich und damit als irritierende Störelemente bewertet. Im Traktor-Sound wurde auch kein Bezug zur Aufgabe gesehen. Eine Testperson ging daher davon aus, dass die Aufgabe unlösbar sei. Beide Testpersonen hatten im Fragebogen einen relativ hohen Wert der Frustration und einen tiefen für die Nützlichkeit der Hilfsinformation angegeben. In diesem Fall wird deutlich, dass die affektive Beurteilung eines Systems einen direkten Einfluss auf die Leistung des Anwenders und auf den Erfolg der Interaktion hat.

### **Zusammenfassung**

Der Umfang der Unterstützung des Designkriteriums durch den Stimulus ist in der folgenden Tabelle aufgeführt. Aus den qualitativen Auswertungen ergibt sich die Validität des Designkriteriums in Bezug auf die Überprüfung mit diesem Stimulus.

<b>Designkriterium</b>	<b>Auditiver Stimulus: Traktor-Sound</b>		
	<b>erwartet</b>	<b>effektiv</b>	<b>Validität des Designkriteriums</b>
Kontinuität	nein	teilweise	ja (keine periphere Aufmerksamkeit, da nicht wahrgenommen)
Lernförderlichkeit	ja	teilweise	ja (keine periphere Aufmerksamkeit, da nicht wahrgenommen)
Antizipierbarkeit	ja	nein	ja (keine periphere Aufmerksamkeit, da nicht als Ankündigung verstanden)
Abstraktionsgrad	nein	nein	ja (keine periphere Aufmerksamkeit, da Bedeutung nicht erkannt, zu konkret als Umgebungsgeräusch verstanden)
Vertrauen	ja	nein	ja (keine periphere Aufmerksamkeit bei Vertrauensverlust)

**Tabelle 7: Traktor-Sound, Stimulus-Effekt und Validität der Designkriterien**

### 6.4.6 Auditiver Stimulus: Ufo-Sound

Der auditive Stimulus des Ufo-Sounds erklingt über zehn Sekunden vor und während der Hilfsinformation. Die Hilfsinformation wird nach 5 Sekunden des Stimulus eingeblendet.

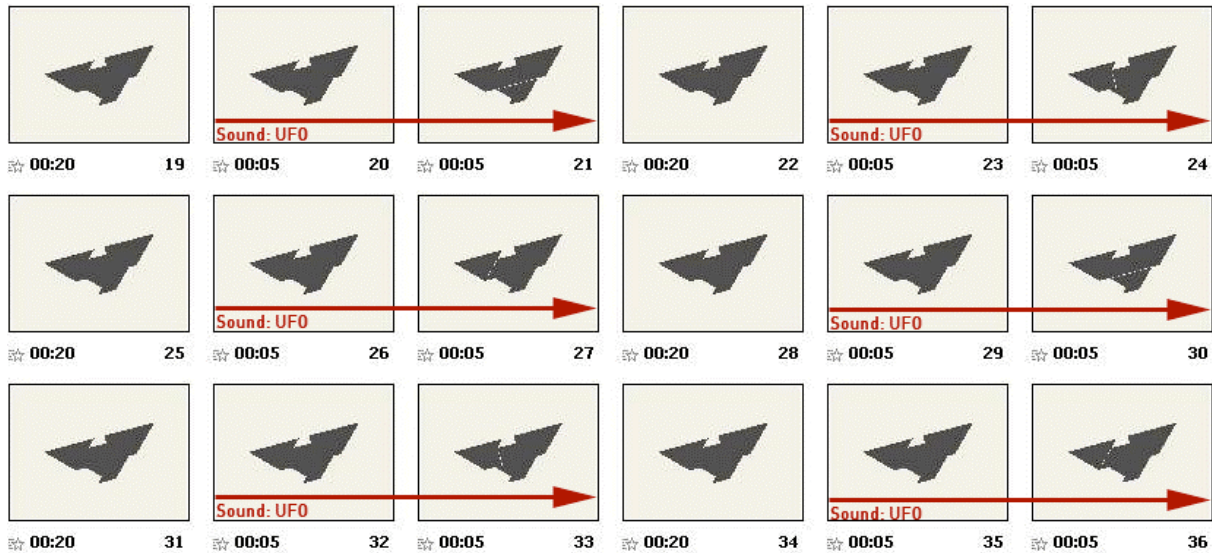


Abbildung 40: Stimulus Ufo-Sound

### Ergebnis

Der Ufo-Sound wurde im allgemeinen von den Testpersonen sofort als Hinweis erkannt und beachtet. Eine Testperson erwähnte explizit, dass der auditive Stimulus ihr hilft zu wissen, wann auf den Bildschirm geschaut werden soll. Der auditive Stimulus wirke beruhigend, und er erlaube ihr sich auf die primäre, visuelle Aufgabe zu konzentrieren: «Das Geräusch hat mich ruhiger gemacht.»

Dieselben zwei Testpersonen, welche das Traktorgeräusch negativ beurteilt hatten, haben auch dieses Ufo-Geräusch als nervend und störend empfunden.

### Zusammenfassung

Der Umfang der Unterstützung des Designkriteriums durch den Stimulus ist in der folgenden Tabelle aufgeführt. Aus den qualitativen Auswertungen ergibt sich die Validität des Designkriteriums in Bezug auf die Überprüfung mit diesem Stimulus.

Designkriterium	Auditiver Stimulus: Traktor-Sound		
	erwartet	effektiv	Validität des Designkriteriums
Kontinuität	ja	ja	ja (hat beruhigt)
Lernförderlichkeit	ja	ja	ja (schnell gelernt)
Antizipierbarkeit	ja	ja	ja (als Ankündigung verstanden)
Abstraktionsgrad	ja	teilweise	ja (keine periphere Aufmerksamkeit, als Ankündigung verstanden)
Vertrauen	ja	teilweise	ja (keine periphere Aufmerksamkeit bei Vertrauensverlust)

Tabelle 8: Ufo-Sound, Stimulus-Effekt und Validität der Designkriterien

## **6.4.7 Sinnesmodalitäten**

Das erwartete Ergebnis, dass in unserem Experiment mit einer visuellen, primären Aufgabe auditive Stimuli die periphere Aufmerksamkeit besser unterstützen, konnte mit dem Experiment nicht bestätigt werden. Aus dem Ergebnis können wir jedoch schliessen, dass die bevorzugte Sinnesmodalität des Stimulus und damit das optimale Funktionieren im Sinne der Calm Technology stark von den Vorlieben und Prädispositionen der Testperson abhängen.

## **6.5 Validierung der Designkriterien**

Die Ergebnisse, welche wir aus dem Experiment für die einzelnen, formalen Ausprägungen des Hinweises gewonnen haben, verwenden wir nun, um die Validität der eingangs dieses Kapitels als Hypothesen formulierten Designkriterien zu überprüfen.

### **1. Kontinuität**

Die Hypothese, dass die periphere Information kontinuierlich verfügbar sein soll, wird durch das Ergebnis gestützt, dass die kurze Anzeige des visuellen Vollbildes als stressig empfunden wurde. Die Testpersonen reagieren negativ darauf, wenn sie die periphere Information nicht in ihrem eigenen Tempo beachten können.

Die Kontinuität im Sinne einer kontinuierlichen Wiederholung des Stimulus ist wesentlich für das Erlernen seine Bedeutung. Dies zeigte sich insbesondere mit dem Stimulus der dreistufigen Sequenz einzelner Quadrate, welche von allen Testpersonen erst nach mehrfacher Anzeige verstanden und damit gelernt worden ist.

### **2. Lernförderlichkeit**

Die Lernförderlichkeit der Bedeutung der peripheren Information im Verlaufe der Aufgabe ist notwendig, damit die Information ihre Funktion erfolgreich erfüllen kann. In der negativen Form zeigte sich dies im Experiment mit dem Traktor-Sound, dessen Bedeutung von einzelnen Testpersonen nicht gelernt und der damit nicht als Hinweis handlungswirksam wurde. Die Sequenz der Quadrate wurde erst nach erfolgreichem Lernvorgang als Hinweis wirksam.

Der Lernvorgang kann sehr schnell ablaufen, wenn ein Stimulus der Person vertraut ist. Dies konnten wir mit dem Ufo-Sound, der für einzelne Testpersonen sofort als Hinweis verstanden wurde, feststellen.

### **3. Antizipierbarkeit**

Die Antizipation des Verhaltens des Systems nach dem Stimulus basiert auf der Erfahrung, wie sich das System verhält. In unserem Experiment heisst dies: Nach dem Hinweis wird jedes Mal die Hilfsinformation angezeigt. Diese Bestätigung der Bedeutung des Stimulus ist notwendig, damit das Lernen in einer positiven Rückkopplung ablaufen kann.

Dieses Kriterium kann auf Basis des Experiments nicht vollständig bestätigt werden. Denn in dem Fall, in welchem eine Testperson den Stimulus nicht als Hinweis und die Hilfsinformation nicht als Unterstützung zur Lösung der Aufgabe wahrnahm, hat die Testperson das Verhalten des Systems ebenfalls antizipiert – jedoch im Rahmen der eigenen Deutung und damit als nicht hilfreich.

### **4. Abstraktionsgrad**

Der Abstraktionsgrad der peripheren Information erwies sich in zwei Aspekten als relevant. Einerseits zur Unterscheidung des Stimulus von der Umgebung wie der Traktor-Sound, der als Umgebungsgeräusch wahrgenommen wurde. Andererseits ist für die periphere Information eine genügend abstrakte Form zu finden, so dass sie dem Anwender nicht als mehrdeutig erscheint und er

seine Aufmerksamkeit aufwendet, um die Information zu interpretieren. Daraus leiten wir ab, dass die periphere Aufmerksamkeit auf einem Wiedererkennen vertrauter und gelernter Zeichen basiert. Dies konnten wir in unserem Experiment mit der Sequenz der Quadrate feststellen, welche nicht von allen Testpersonen sofort im beabsichtigten Sinn interpretiert wurde sind. Bei einer Fehldeutung stellte sich ein Vertrauensverlust in das System ein.

## **5. Vertrauen**

Hinweise dafür, dass Vertrauen in das System die Grundlage bildet, damit eine Information in die Peripherie der Aufmerksamkeit verschoben wird, fanden wir bei mehreren Testpersonen. So suchten Testpersonen aktiv auf dem Bildschirm nach den Hilfsinformationen, da sie den Hinweis nicht wahrnahmen. In dem Fall, in welchem eine Testperson, keine Hilfestellung vom System erwartete, war ihre Interesse und ihr Engagement, die Aufgabe zu lösen, verschwunden. Das System und die Stimuli wurden dadurch als nervend und unfreundlich empfunden.

### **6.5.1 Erweiterung der Designkriterien**

Aus den Ergebnissen des Experiments ergeben sich weitere Designkriterien, welche wir bisher noch nicht explizit formuliert hatten. Wir erweitern daher unsere Kriterien um die folgenden Dimensionen:

## **6. Differenzierung**

Die periphere Information muss sich genügend von der Umwelt abheben. Nur dann wird sie vom Anwender als bedeutsam in Bezug auf seine Aufgabe wahrgenommen. Die Umsetzung dieses Kriteriums ist abhängig vom konkreten Kontext, wie sich am Beispiel des Traktor-Sounds im Experiment gezeigt hat. Die Differenzierung bezeichnet eine relative Auffälligkeit, welche sowohl in Beziehung zur physischen Umgebung als auch vom systeminternen Kontext des gesamten User Interfaces abhängt.

## **7. Erwartungskonformität**

Die Unschärfen der beiden Kriterien Antizipierbarkeit und Vertrauen veranlasst uns, diese im Konzept der Erwartungskonformität zusammenzufassen. Damit präzisieren wir den Aspekt der Antizipierbarkeit in dem Sinn, dass der Anwender das Verhalten des Systems lernen kann und eine entsprechende Erwartung aufbaut. Die Erwartung bezieht sich dabei auf das Ziel des Anwenders, die Aufgabe zufriedenstellend zu erfüllen. Wenn das System sich dieser Erwartung entsprechend verhält, so ist anzunehmen, dass der Anwender dem System vertraut. Das System hat die Aufgabe, dem Anwender vertrauensbildende Interaktionen anzubieten.

## **6.6 Diskussion der Ergebnisse**

### **6.6.1 Methodische Überlegungen**

Die definierte Messgrösse für periphere Aufmerksamkeit, dass nämlich eine Testperson den Hinweisreiz nicht bewusst beachtet und dieser dennoch eine Wirkung auf das Handeln zeigt, konnten wir in unterschiedlicher Häufigkeit bei der Hälfte der Testpersonen feststellen. Wir haben dazu einen Ansatz gewählt, welcher beinhaltet, dass periphere Aufmerksamkeit indirekt gemessen wird, indem die Folgehandlung (Beachten der Hilfsinformation), welche durch den Hinweisreiz ausgelöst wird, beobachtbar wird. Wir konnten die periphere Aufmerksamkeit mit Hilfe des Einsatzes kombinierter Auswertungstechniken messen, indem wir die Ergebnisse der Beobachtung (Analyse der Videoaufzeichnung), des Fragebogens und des Interviews für jede Testperson und jeden Stimulus zusammen ausgewertet haben. Diese Ergebnisse haben wir zur subjektiven Beurteilung der Interaktion und der Stimuli durch die Testpersonen in Beziehung gesetzt. Dies ermöglicht uns, Aussagen zur Qualität der Interaktionserfahrung zu machen, welche die Basis für Calm Technology bildet.

Das Experiment hat aber generell deutlich gemacht, wie schwierig es ist, periphere Aufmerksamkeit eindeutig zu messen. Zusätzliche Erkenntnisse über die Wirkung der Stimuli auf die kognitiven Prozesse könnten allenfalls mit bildgebenden Verfahren, welche die Gehirnaktivität während diesen Interaktionsprozessen darstellen, erhalten werden.

Für unsere Fragestellung, in der wir den subjektiven Aspekt der Erfahrung und die emotionale Bewertung der Interaktion untersuchen, konnten wir jedoch allein mit den angewandten qualitativen Methoden aussagekräftige Daten erheben. Fragen wie: In welchen Fällen wird die Interaktion als angenehm, nicht störend empfunden? liessen sich damit für die Stichprobe beantworten.

Eine Verallgemeinerung der Ergebnisse zu Designkriterien erfolgt auf der Basis der Erkenntnisse aus der Kontextanalyse und den wahrnehmungs- und kognitionspsychologischen Modellen. Die Gestaltungsmerkmale der einzelnen Stimuli machte die Designkriterien konkret wahrnehmbar. In der kombinierten Auswertung der qualitativen Daten können wir diese Ergebnisse in Beziehung zu den Designkriterien setzen. Wir können damit aus den Antworten der Testpersonen verschiedene Designkriterien ableiten, welche für die Interaktionserfahrung relevant sind. Um jedoch eine Gewichtung dieser Kriterien für eine kontrollierte Laborsituation zu erstellen, wäre in einem nächsten Schritt eine Evaluation mit weiter verfeinerten Stimuli und einer grösseren Stichprobe durchzuführen. Die Gewichtung der Designkriterien erfordert dagegen für eine konkrete Anwendung, dass sie im spezifischen Anwendungskontext und mit den entsprechenden Fachexperten evaluiert werden.

### **6.6.2 Individuelle Erwartung des Anwenders**

Mit dem Experiment wurde deutlich, dass der Grad der Beachtung der Hinweisreize und der Hilfsinformation auch von der Haltung und dem Interesse der Testperson gegenüber dem System abhängt. Wenn die Testperson die Aufgabe selbstständig lösen wollte, so war die Bereitschaft gering, Hilfsinformationen zu beachten. Auch wenn die Testperson vom System keine Unterstützung zur Lösung der primären Aufgabe erwartete, fiel die Motivation zur Beachtung der Hinweisreize weg. Dennoch erhielten wir von diesen Testpersonen wertvolle Informationen zu den Faktoren, welche für das Interaction Design relevant sind. So wurde die Bedeutung des Vertrauens, welches auf der Bestätigung einer positiven Erwartung des Anwenders dem System gegenüber basiert, deutlich. Wir können davon ableiten, dass der Anwender dabei die Möglichkeit haben soll, das System in der Form zu nutzen, wie es seinen Erwartungen entspricht.

### 6.6.3 Abstraktion und Lernen

Ein interessantes Phänomen zeigte sich in Bezug auf den Abstraktionsgrad. Obwohl der Hinweisreiz der Sequenz oranger Quadrate grafisch einfach gestaltet war, waren einige Testpersonen veranlasst, diese Figuren und ihre Abfolge zu deuten. Dies deckt sich mit Ergebnissen wahrnehmungspsychologischer Studien, welche bereits in den 1950er Jahren publiziert worden sind. Albert Michotte hatte in Untersuchungen mit bewegten, grafischen Figuren, wie Kreis, Dreieck oder Quadrat, festgestellt, dass die Testpersonen die Figuren und ihre Bewegung narrativ interpretieren. Sie konstruierten Geschichten, welche Kausalbeziehungen zwischen den Figuren herstellten (Michotte 1954, Michotte 1982-1983). Wir sehen auch hier, dass das intuitive Verstehen der abstrakten Information, auf vorgängigen Lernerfahrungen beruht. Dies bestätigte sich auch für nonverbale, auditive Alarme, wie wir sie im Experiment eingesetzt haben. Diese sind generell für das Überwachen eines Systems und dabei für das erste Annehmen und Bestätigen eines Ereignisses geeignet. Damit der Anwender aber auch weiss, was er beim Ertönen des Signals tun muss, ist ein vorgängiger Lernprozess notwendig (Edworthy et al. 1995). Die Wahrnehmbarkeit der Interaktionsmöglichkeiten eines Objekts aus Sicht des Anwenders wird mit dem weiter oben vorgestellten Konzept der Affordanz beschrieben. Es beschreibt die Qualität eines Objekts, wie schnell und intuitiv seine Interaktionsmöglichkeit gelernt werden kann.

Mit unserem Experiment konnten wir einzig kurzfristige Lerneffekte in Bezug auf einen Stimulus überprüfen, da ein Stimulus jeweils in einem Durchlauf von 3 Minuten Dauer sechs Mal nur dargeboten wurde. Mittel- und langfristige Lerneffekte, welche für die in der Kontextanalyse untersuchten Systeme gelten, müssten mit einem andersartigen Experiment evaluiert werden. Dieses Experiment müsste über längere Zeit in den Lebensalltag der Testpersonen integriert sein.

### 6.6.4 Auffälligkeit des Hinweises

Bezüglich der Auffälligkeit eines Hinweises zeigte sich, dass die individuelle Sensitivität einer Testperson für den jeweiligen Sinneskanal relevant ist. Dies macht darauf aufmerksam, dass für den Grad der Notifikation einer peripheren Information, d.h. ob sie auffällig ist und sogar als Alarm empfunden wird, nicht nur das Signal selber, sondern auch die Wahrnehmungsdisposition des Anwenders in Betracht zu ziehen ist. Inwiefern die Wahrnehmungsdisposition durch individuelle Aspekte vorgegeben ist, müssen wir hier offen lassen. Es gibt jedoch Hinweise, dass sie auch ein Effekt von Lernerfahrungen ist. So haben Studien zu auditiven Alarmen ergeben, dass die Wahrnehmungsschwelle für ein Signal sinkt, wenn es bekannt ist (Momtahan et al. 1993).

Für die Calm-Technology-Systeme ist dieser Grad der Notifikation generell gering. Wenn ein peripheres Signal auffällig geworden ist, so hängt seine Bewertung durch den Anwender auch vom semantischen Gehalt des Signals ab. Wenn das Signal für den Anwender hilfreich ist, so wird es mit geringerer Wahrscheinlichkeit negativ beurteilt. Calm Technology ist wenig geeignet für die Kommunikation zeitkritischer Informationen.

Die empirischen Daten des Experiments erlauben uns, die Designkriterien genauer zu bestimmen und die einzelnen Faktoren, welche für das Design von Calm-Technology-Systemen relevant sind, zu benennen. Im folgenden Kapitel führen wir die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungsfelder der psychologischen Studien, der Kontextanalyse und des Experiments zu einem Satz von Designkriterien für Calm Technology zusammen.



## 7 Design Kriterien für Calm Technology

Als spezifische Qualität der Interaktion mit Calm-Technology-Systemen haben wir die Unterstützung von peripherer Aufmerksamkeit des Anwenders identifiziert. Dazu haben wir in wahrnehmungs- und kognitionspsychologischen Untersuchungen, in der Kontextanalyse komplexer Arbeitssituationen, in existierenden Konzepten der Human Computer Interaction und in unseren experimentell erhobenen Daten genügend Indizien gefunden, so dass wir nun dazu übergehen können, Kriterien für interaktive Systeme zu bestimmen, welche die Basis für dieses Qualitätsmerkmal darstellen. Diese Designkriterien beschreiben Bedingungen, welche das System herstellt, unter denen ein Anwender mit peripherer Aufmerksamkeit Informationen verarbeiten kann. Sie formulieren die Anforderungen an das technische System, damit die Interaktion als beruhigend und angenehm erfahren wird. Die einzelnen Designkriterien sind nicht eigenständig. D.h. nur wenn alle Kriterien von einem System, meist in unterschiedlicher Gewichtung, umgesetzt werden, sprechen wir von Calm Technology.

### 7.1 Designkriterien

#### 7.1.1 Kontinuität

Die Information ist kontinuierlich verfügbar, sodass der Anwender die Information zu dem Zeitpunkt abrufen kann, wenn er sie benötigt.

- **Zeitliche Dauer**  
Die Information wird mit genügend langsamer Veränderung und mit genügender zeitlicher Dauer angeboten, damit der Anwender in seinem eigenen Tempo reagieren kann. Der Anwender erhält die Möglichkeit, zu dem Zeitpunkt die Information abzurufen und ins Zentrum seiner Aufmerksamkeit zu verschieben, zu welchem er sie benötigt.

Die Art und Weise, wie eine Information erscheint und verschwindet, soll langsam gestaltet sein, damit dieser Effekt keine hohe Auffälligkeit hat und die Aufmerksamkeit auf sich lenken würde.

Ein weiterer Aspekt der zeitlichen Dauer liegt darin, dass die Verarbeitung der peripheren Information wenig Zeit erfordern soll, damit die (Re-)Orientierung in der primären Aktivität nur geringe Aufmerksamkeit erfordert.

- **Wiederholung**  
Die Information muss nicht unbedingt ununterbrochen angezeigt werden, sie kann auch, über längere Zeit regelmässig wiederholt, in derselben Form verfügbar sein. Das Zeitintervall ist so anzusetzen, dass der Anwender nicht auf die Information wartet, diese aber auch nicht als bedrängend empfunden wird, wird jedoch vom Anwender subjektiv entschieden.
- **Räumliche Lokalisierung**  
Die Information wird immer am selben Ort angezeigt. Damit wird der Ort selber ein bedeutungstragender Faktor der Informationsanzeige und definiert die Bedeutung der Information.

Die Information wird in der räumlichen Anordnung derart platziert, dass der Anwender sie in der entsprechenden Sinnesmodalität in angemessener Intensität als präsent empfindet. Sie ist an der Oberfläche des User Interface lokalisiert und damit ohne komplexe, mentale Modelle des virtuellen Raums verfügbar.

- **Inhaltlicher Bezug**  
Die periphere Information hat einen inhaltlichen Bezug zur primären Aktivität des Anwenders. Durch die Gewissheit des Anwenders, dass die Information im Zusammenhang mit der primären Aufgabe steht, kann die Information in der Peripherie mit geringeren Aufmerksamkeitsressourcen verarbeitet werden und sie wird weniger als Unterbrechung empfunden.

Beispiele aus der Kontextanalyse:

#### KKW Gösgen

Die Anzeigen zum Betriebszustand des Reaktors werden auf den Wänden des Kontrollraumes kontinuierlich angezeigt. Alarme werden nur, einem Ort, in der Mitte des Kontrollraumes, angezeigt.

#### SBB Betriebsleitzentrale Zürich

Der Zugverkehr wird auf der analogen Anzeigetafel und auf den Bildschirmen vor den Mitarbeitern der BLZ kontinuierlich angezeigt. Die Gleise haben auf der Anzeigetafel einen fixen Ort. Der Verkehr kann nicht mit Fenstern oder Tools versteckt werden.

#### Intensivstation Universitätsspital Zürich

Alarme sind in ihrer Form pro Gerät und pro Schweregrad des Alarms gleich. Allerdings lassen sie sich nicht lokalisieren, ohne dass der Anwender schaut, von welchem Bett der Alarm kommt. Die Touchscreens neben den Betten zeigen immer alle Messkurven der angeschlossenen Geräte an.

#### skyguide

Radarbildschirme, Wetter, Flughafeninformationssysteme etc. werden kontinuierlich angezeigt.

#### Swiss Flugsimulator

Alle Alarme werden am selben Ort, in der Mitte vor den Piloten, angezeigt. Unter einer bestimmten Flughöhe findet eine kontinuierliche Kommunikation zwischen den Piloten statt.

## 7.1.2 Abstraktionsgrad

Die Information/der Stimulus kommuniziert nur die wichtigen Faktoren komplexer Zusammenhänge des Systems als ein verdichtetes Zeichen. Damit können Experten diese abstrakten Zeichen lernen und sie in der Folge effizient, automatisch und intuitiv verarbeiten.

- **Physikalische Merkmale**  
Wie aus den Ergebnissen der Wahrnehmungs- und Kognitionspsychologie hervorgeht, können physikalische Merkmale eines Objekts wie Form, Farbe, Helligkeit, Klangfarbe, Rhythmus und anderes mehr unterschwellig wahrgenommen werden. Ein einfaches Zeichen, welches nur ein Merkmal wie etwa eine Farbe verwendet und eindeutig codiert ist, unterstützt die unterschwellige Wahrnehmung mit geringster kognitiver Leistung. Dieses Zeichen funktioniert bereits nach kurzem Lernvorgang intuitiv wie wir experimentell mit dem orangen Vollbild beobachten konnten.
- **Unterstützung von Erfahrungswissen**  
Die adäquate Abstraktion der Information unterstützt eine effiziente Verarbeitung, nachdem ein Prozess des Lernens und Übens durchlaufen worden ist.

Dabei ist intuitiv verständlich, was dem Anwender aus seiner Erfahrung vertraut ist und Teil seines Expertenwissens ist.

- Domänenspezifische Sprache  
Die Ergebnisse der Kontextanalyse zeigen, dass in allen Arbeitskontexten eine Fachsprache zur effizienten und sicheren Kommunikation eingesetzt wird. Diese umfasst sowohl verbale Sprache, grafische Zeichen, textuelle Kurzzeichen oder auditive Informationen. Diese domänenspezifische, künstliche Sprache ermöglicht es effizient und mit eindeutig codierten Zeichen zu kommunizieren. Sie verhindert, dass damit die Zeichen mit Assoziationen und Bedeutungen von ausserhalb der Fachdomäne verknüpft werden und damit anfällig für Fehlinterpretationen werden. Diese künstliche Welt verhindert auch, dass persönliche Emotionen verbunden werden, welche die Handlungen der Anwender negativ beeinflussen könnten.

Beispiele aus der Kontextanalyse:

SBB Betriebsleitzentrale Zürich

Die Züge haben codierte Nummern, die darauf schliessen lassen, wann sie von wo nach wo fahren. Die Züge firmieren in der Fachsprache der Disponenten unter diesen Nummern. Die Züge fahren auf den Anzeigen auf abstrahiert dargestellten Gleisen, die nicht aufgrund ihrer geographischen Position abgebildet sind.

Anna 13, Q4. Marie 1, der Zweite Q4. Reto? Marie 1, Q4!

Kommunikation über die Tische in der SBB BLZ (Herr Riedweg, Disponent SBB)

Intensivstation Universitätsspital Zürich

Alarmer sind sowohl farblich wie auch vom Ton her abstrahiert (Klangfarbe, Rhythmus). Die Kurven bei den Patientenmonitoren zeigen in grafisch einfacher Form die Zustände der Geräte an. Die Personen im System tragen Uniformen, die auf ihre Funktion schliessen lassen.

skyguide

Die Flüge sind auf dem Radar mit Flugnummern codiert. Die Kommunikation mit den Piloten findet im so genannten ATC-Englisch statt.

Swiss Flugsimulator

Die Kommunikation zwischen den Piloten findet beim Starten, Landen und in kritischen Situationen ausschliesslich in ATC-Englisch statt.

### 7.1.3 Differenzierung

Die Information unterscheidet sich genügend von der Umwelt und von anderen, nicht relevanten Informationen. Damit wird sie für den Anwender identifizierbar und erkennbar, ohne dass sie eine hohe Auffälligkeit haben muss.

- Gestaltungsaspekte  
Die Differenzierung umfasst alle Gestaltungsaspekte wie Form, Farbe, Helligkeit, Klangfarbe, Rhythmus und anderes mehr. Sie definiert sich durch den unterschwellig wahrnehmbaren Unterschied zwischen verschiedenen Objekten.
- Komposition  
Die Regeln des graphischen Designs oder kompositorische Regeln der Musik unterstützen die Differenzierung, indem inhaltlich zusammengehörende Objekte gruppiert dargestellt werden.
- Multisensorische Darstellung  
Die periphere Information soll in einer anderen Sinnesmodalität angeboten werden, als es die Hauptaufgabe erfordert.

Beispiele aus der Kontextanalyse:

Intensivstation Universitätsspital Zürich

Die Alarmer haben einen klaren Alarmcharakter (Abhebung von Umgebungsgeräuschen, visuelle Abhebung durch Signalfarben). Durch Klangfarbe und Rhythmus bzw. durch die Farbgebung können die Alarmer unterschieden werden (Nach Gerät und Schweregrad des Alarms).

Swiss Flugsimulator

Die Knöpfe im Cockpit sind haptisch unterschiedlich gestaltet, um die beiläufige Unterscheidbarkeit zu unterstützen.

#### **7.1.4 Lernförderlichkeit**

Erst wenn der Anwender die Bedeutung einer dargebotenen Information gelernt hat und sie ihm damit vertraut wird, kann er sie in die Peripherie seiner Aufmerksamkeit verschieben. Die Bedeutung umfasst dabei nicht nur die Information, welche das System mitteilt, sondern auch das Kontextwissen des Anwenders, welches die adäquate Folgehandlung ist. Sie schliesst prozedurales Wissen mit ein. Wenn die Bedeutung der Information gelernt ist, so kann der Anwender auf sein Erfahrungswissen zugreifen und wird zu einem Experten in der Interaktion mit dieser Information. Er kann damit die Information automatisiert oder intuitiv verarbeiten und eine Handlung einleiten.

- Positives Feedback-Verhalten  
Das Lernen basiert auf einem positiven Feedback des Systems bezüglich der Interaktionshandlung des Anwenders. Dies beinhaltet die Reproduzierbarkeit des Systemverhaltens, welche der Erwartung des Anwenders entspricht. Sie verstärkt damit das Lernen des Zusammenhangs von Information auf dem User Interface, Interaktionshandlung und Systemverhalten.

Dieses Kriterium ist in einer allgemeineren Form auch im ISO-Standard ISO-9241-110:2006 zur Dialoggestaltung interaktiver Systeme zu finden und bezeichnet dort einen generellen Aspekt der Interaktionsqualität.

Beispiel aus der Kontextanalyse:

Intensivstation Universitätsspital Zürich

Die Alarmer der verschiedenen Überwachungsgeräte der Patienten werden durch das Über- oder Unterschreiten von vordefinierten Grenzwerten ausgelöst. Sie sind jedoch nicht in jedem Fall kritisch. Das Wissen, wann ein Alarm zu sofortigem Handeln notwendig macht und wann es sich um einen Fehlalarm handelt, basiert auf der Erfahrung der einzelnen Fachperson. Die Systeme unterstützen diesen Lernvorgang jedoch nur bedingt mit der Anzeige der detaillierten Messwerte zusammen mit den definierten Grenzwerten.

#### **7.1.5 Erwartungskonformität**

Der Anwender verarbeitet die Informationen aufgrund seines Erfahrungswissens und erstellt Hypothesen, was die Information bedeutet oder wie das System sich verhalten wird. Die Information soll dabei für den Anwender relevant sein, um ihn bei seiner Aufgabe zu unterstützen. Ist dies nicht der Fall, so erfährt der Anwender dies als störend oder frustrierend, und er verliert das Vertrauen in das System, wie zum Beispiel durch häufige Fehlalarme. Aber nicht nur die Information soll relevant sein, sondern das System soll sich auch so verhalten, wie es die Information ankündigt. Die Interaktion soll damit dem mentalen Modell des Anwenders entsprechen.

- **Erfahrungswissen**  
Das Erfahrungswissen beinhaltet das gelernte Wissen bezüglich der Bedeutung einer Information im User Interface und des Systemverhaltens.
- **Reproduzierbarkeit**  
Das Erfahrungswissen basiert auf der Reproduzierbarkeit des Systemverhaltens. Somit kann auch ein Fehlalarm, wenn beispielsweise ein falscher Input einen richtigen Alarm bewirkt, vom Anwender identifiziert und als korrektes, erwartungskonformes Verhalten des Systems beurteilt werden.

Dieses Kriterium ist ebenfalls in einer allgemeineren Form im ISO-Standard ISO-9241-110:2006 zur Dialoggestaltung interaktiver Systeme zu finden und bezeichnet dort ebenfalls einen generellen Aspekt der Interaktionsqualität.

Beispiel aus der Kontextanalyse:

SBB Betriebsleitzentrale Zürich

Die Prognosetools zeigen oft völlig falsche Informationen an. Der erfahrene Anwender, der das System kennt, kann allerdings die Daten deuten und findet sie in diesem Moment nicht mehr als stressig.

## 7.2 Gewichtung der Kriterien

Die hier beschriebenen Kriterien sind für ein konkretes System zu gewichten. Nicht für jede Anwendung wird jedes Kriterium im selben Umfang massgebend sein. Die Kriterien beinhalten eine gewisse Unschärfe, da sie für verschiedene Aufgaben, Anwender und Kontexte unterschiedlich gewichtet werden. Die Kriterien haben inhaltliche Abhängigkeiten und machen damit deutlich, dass sie einzig in ihrem Zusammenspiel den Aspekt der Calm Technology adäquat beschreiben.

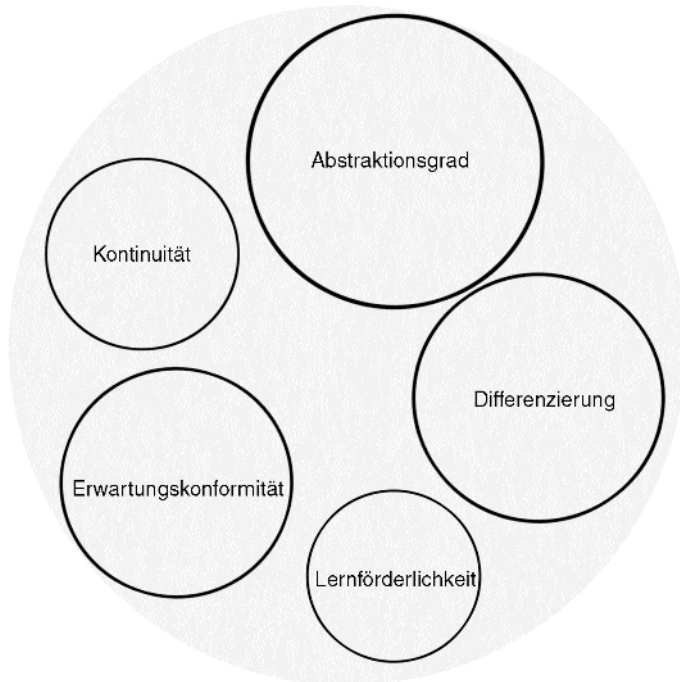


Abbildung 41: Beispielhafte Gewichtung der Designkriterien

### Vertrauen

Als Hypothese hatten wir Vertrauen als Designkriterien bestimmt. Aus den Ergebnissen des Experiments schliessen wir hingegen, dass Vertrauen nicht ein Designkriterium ist, sondern die Folge von vertrauensbildendem Verhalten des Systems. Die Erfüllung der definierten Designkriterien in der für den Kontext passenden Gewichtung wirkt vertrauensbildend.

Das bedeutet, dass der Anwender konstant mit den jeweils relevanten Informationen versorgt wird. Die Informationen in der Peripherie seiner Aufmerksamkeit sind hilfreich, und der Anwender wird im richtigen Moment auf diese Informationen aufmerksam. Dies schafft den Rahmen, in dem die Informationen in der Peripherie nicht als Lärm empfunden werden. Vertrauen gegenüber dem System ist somit eine Bedingung für die Verlagerung relevanter Informationen in die Peripherie der Aufmerksamkeit.

## 8 Diskussion der Projektergebnisse

Mit der vorliegenden Studie haben wir die Frage verfolgt, welche Faktoren des Interaction Designs bestimmend sind, damit der Anwender Informationen, welche ein technisches System darbietet, in die Peripherie seiner Aufmerksamkeit verlagern kann. Wir sind dabei von der Hypothese ausgegangen, dass der Mensch sehr effizient Informationen unterschwellig wahrnimmt, ohne dies als zusätzliche Belastung zu empfinden. In einer ersten Phase haben wir den Forschungsstand zu wahrnehmungs- und kognitionspsychologischen Aspekten aufgearbeitet, um erste Faktoren zu identifizieren, welche diesen Vorgang unterstützen. Wir haben dabei Merkmale von Objekten wie Farbe, Form, Ort, den semantischen Gehalt, wie der eigene Name oder Kategorien wie weiblich/männlich als relevante Faktoren gefunden. Das Erlernen der Bedeutung von Zeichen und das Erlernen der Interaktionsabläufe ist ein weiterer Faktor, welcher die periphere Aufmerksamkeit unterstützt. Damit zeigte sich, dass unsere Fragestellung für Systeme relevant ist, in welchen Anwender mit Erfahrungs- und Expertenwissen tätig sind und mit Intuition effizient Entscheidungen treffen.

In der darauf folgenden Phase haben wir diese Faktoren in der Kontextanalyse von komplexen Arbeitssituationen überprüft. Die Daten aus den Contextual Inquiries erlaubten uns, die Faktoren konkret zu fassen und daraus verallgemeinerte Designkriterien abzuleiten. Als nächsten Schritt haben wir diese Kriterien experimentell mit Testpersonen evaluiert.

Für das Interaction Design von Calm Technology haben wir die folgenden fünf Kriterien bestimmt:

- Kontinuität
- Abstraktionsgrad
- Differenzierung
- Lernförderlichkeit
- Erwartungskonformität

Die Designkriterien stellen Qualitätskriterien für Systeme dar, welche periphere Aufmerksamkeit unterstützen. Sie beschreiben eine spezifische Charakteristik der Interaktion, welche den Fokus nicht auf die zeitliche Performance der Aufgabenerfüllung legt, sondern auf den ökonomischen Umgang mit den Wahrnehmungsressourcen des Anwenders. Dies bildet die Grundlage für eine Interaktion, welche der Anwender im Sinne der Calm Technology als angenehm und beruhigend empfindet.

### 8.1 Reflexion der Methodik

Die Anwendung unterschiedlicher methodischer Ansätze wie der Kontextanalyse und dem kontrollierten Experiment erlaubte uns, eine grössere Vielfalt relevanter Faktoren für das Interaction Design zu finden und zu überprüfen. In der Kontextanalyse bewährten sich die Beobachtung und die halbstrukturierten Interviews, um die Interaktionsformen in realen Arbeitssituationen daraufhin zu untersuchen, ob überhaupt periphere Informationen den Anwender in seiner Tätigkeit unterstützen, und mit welcher Wichtigkeit und in welcher Form sie dies tun. In der Kontextanalyse lag der Fokus auf der Gestaltung des existierenden Systems, in welchem der Anwender sich bewegt.

Mit dem Experiment haben wir unter Laborbedingungen die Tätigkeit des Anwenders modelliert. So konnten wir mit der kontrollierten Veränderung einzelner Gestaltungsfaktoren (dem Design visueller und auditiver Stimuli) die Wirkung auf Seiten der Anwender (der Testpersonen) untersuchen. Die Verschiebung des Fokus vom System hin zum einzelnen Anwender zeigte weitere Faktoren wie die

Erfahrung auf, welche die Interaktion bestimmen. Mit der Verbindung der Ergebnisse aus der Kontextanalyse und dem Experiment können wir die einzelnen Faktoren zu Designkriterien verallgemeinern.

Für die Validierung der Designkriterien haben wir eine Testmethode entwickelt, welche die in der Kontextanalyse vorgefundene Arbeitssituation modellhaft nachbildet. Diese Methode unterscheidet sich von denjenigen, welche in der Literatur zur Evaluation von Calm-Technology-Systemen beschrieben sind, dadurch, dass wir einen inhaltlichen Bezug der peripheren Information zur primären Aufgabe herstellen. Die periphere Information bietet eine Lösungshilfe an. Damit können wir einerseits die Wirkung dieser Information auf das Verhalten der Testperson beobachten und andererseits davon ausgehen, dass die Testperson grundsätzlich ein Interesse hat, die periphere Information wahrzunehmen.

Dieser methodische Ansatz könnte interessant sein, um die Forschung zum Thema der emotionalen Beziehung des Anwenders zu technischen/medialen Artefakten in der Interaktion zu erweitern. Die Studien gehen im allgemeinen von fokussierter Aufmerksamkeit aus, die der Anwender auf ein Objekt wie einen Film oder ein Computerspiel, richtet. Die periphere Aufmerksamkeit, welche über das mediale Objekt hinaus reicht, wird dabei meist nicht untersucht, da die Interaktion des Anwenders/Rezipienten mit dem einen medialen Objekts betrachtet wird (vgl. Reeves et al. 1996).

Während die akademische Forschung zu Calm Technology, die wir bei unserer Recherche aufgearbeitet haben, Produktinnovationen oder an Universitäten entwickelten Prototypen untersuchen, haben wir bei unseren Kontextanalysen gesehen, dass Calm Technology nicht nur eine Zukunftstechnologie ist. Wir haben in den Anwendungskontexten Interaktionsformen vorgefunden, in denen periphere Aufmerksamkeit bereits eine wichtige Rolle spielt. Wir sind überzeugt davon, dass sich diese Systeme verbessern liessen, wenn die Interaktionsdesigner dieser Systeme die von uns bestimmten Designkriterien mit einfließen lassen würden. Zugleich können Interaktionsdesigner für zukünftige Calm-Technology-Systeme von bewährten Konzepten lernen, die wir bei unseren Kontextanalysen vorgefunden haben.

## **8.2 Interaktion als Erfahrung**

Die Ergebnisse des Experiments weisen darauf hin, dass die emotionale und affektive Beurteilung einer Interaktionserfahrung entscheidend dazu beiträgt, ob die Interaktion erfolgreich verläuft oder nicht. Im Fall der auditiven Stimuli, die von Testpersonen als unfreundlich und störend empfunden wurden zeigt sich dies besonders deutlich. Diese Beurteilung hatte einen Verlust des Vertrauens in das System zur Folge. Das Ergebnis deckt sich mit Studien, welche feststellen, dass die Erfahrung mit dem System in einem Bereich sich auf die Erfahrung der gesamten Interaktion mit dem System auswirkt (McCarthy et al. 2004: S. 102).

Für Calm Technology bedeutet dies: Sie soll unauffällig sein, angenehm, und sie soll nicht aufwühlen. Die Information darf weder negative Affekte und Emotionen wecken, noch darf sie zu sehr positiv begeistern, da sie in beiden Fällen auffällig wird (vgl. für hedonische Qualität Hassenzahl 2008, für Joy-of-use Reeps 2006). Wie wir im Experiment feststellen konnten, schliesst die Interaktionserfahrung die ästhetische Beurteilung des Systems durch den Anwender mit ein, was die Effektivität der Interaktion steigern, aber auch minimieren kann. Für offene Anwendungskontexte wie sie im Alltag zu finden sind, könnte ein Ansatz darin liegen, verschiedene Sinneskanäle in das Design mit einzubeziehen und dem Anwender eine vielschichtige Interaktionserfahrung anzubieten, welche über die für die Aufgabe relevanten Informationen hinausgeht und den Kontext miteinbezieht. (vgl. auch Maeda 2006: S. 53–61). Im Gegensatz zu Anwendungen, welche eine zentrale Aufgabe unterstützen, ist für die Calm Technology die positive, emotionale Reaktion des Anwenders Voraussetzung für periphere Aufmerksamkeit, da die peripheren Informationen sonst auffällig werden und die Aufmerksamkeit auf sich ziehen.



### 8.3 Nächste Schritte

In unserem Experiment haben wir nur kurzfristige Effekte untersucht. Da gut funktionierende Calm-Technology-Systeme oft eine längere Lernzeit benötigen, stellt sich die Frage, wie sich Prototypen in der Designphase optimal testen lassen, ohne dass jede Iteration eine Langzeitstudie nötig macht. Die Entwicklung einer Evaluationsmethodik für Calm Technology erfordert, mit einem konkreten Anwendungsfall zu arbeiten. Als nächsten Schritt empfehlen wir, die Designkriterien in einem konkreten Produkt als Prototyp zu implementieren und im realen Anwendungskontext mit den entsprechenden Fachexperten zu evaluieren. Mit diesem methodischen Ansatz erwarten wir Ergebnisse zu erhalten, wie die Designkriterien zu operationalisieren sind und welche konkreten Designmerkmale sich für die Anwendung bewähren.

Mit diesem Vorgehen können auch weitere Fragen untersucht werden, welche im Rahmen unserer Studie aufgeworfen aber nicht beantwortet wurden:

- Der Arbeitskontext in komplexen, kritischen Systemen, wie wir sie untersucht haben, ist oft sehr abstrakt (beispielsweise Uniformen, künstliche Alarmtöne, Fachsprache, codierte Zeichen) und differiert stark von der greifbaren Welt des Alltags. Eine offene Frage ist, inwiefern die Ergebnisse der Untersuchung von Arbeitssituationen auf Calm-Technology-Systeme übertragen werden können, die künftig in die Alltagswelt von Konsumenten integriert sein werden? Wie stark sollen die Stimuli von der natürlichen, greifbaren Welt differieren?
- Welche Faktoren beeinflussen die emotionale Beurteilung eines Systems und wie steht dies im Zusammenhang mit dem Vertrauen, das ein Anwender dem System entgegenbringt?
- Wie sollen die Designkriterien in multisensorischen User Interfaces umgesetzt werden und wie beeinflussen sich die Interaktionen in den einzelnen Sinneskanälen?
- Welche Faktoren sind entscheidend für den nachhaltigen Aufbau von Vertrauen dem System gegenüber?

Mit unserer Studie haben wir Designkriterien als Grundlage für die Entwicklung von Systemen bestimmt, welche periphere Aufmerksamkeit unterstützen. Gleichzeitig haben wir auch die methodische Grundlage erarbeitet, um konkrete Systeme zu evaluieren und die Designkriterien damit zu erweitern.

## 8.4 Projekterfahrungen

Durch den Methodenmix und das kleine Projektteam blieben wir während des ganzen Projekts sehr agil. Das kleine Team ermöglichte uns, viele Arbeiten in enger Zusammenarbeit durchzuführen und unser Vorgehen und unsere Methoden iterativ anzupassen. Wir haben uns am Anfang des Projektes etwas lange mit der Recherche und theoretischen Diskussionen befasst, was mit der Fragestellung zusammenhängt, die in einem offenen und innovativen Themenfeld angesiedelt ist. Die Kontextanalysen haben uns dann wieder einen entscheidenden Schritt weitergebracht und einige vorher schwierig scheinende Fragen beantwortet. Die Kontextanalysen haben unsere intuitive Annahme untermauert, dass unser Thema für reale Anwendungen relevant ist. So haben wir etwa erfahren, dass Flugunfälle aufgrund von peripherer Aufmerksamkeit verhindert worden sind.

Wir haben gelernt, dass der Anwender der wichtigste Experte in der Beurteilung von Calm Technology Systemen ist. Der Grund dafür liegt darin, dass der Grad, wie beruhigend ein System empfunden wird, stark von der persönlichen Disposition des Anwenders abhängt. Zu Beginn unserer Studienarbeit haben wir grundlegende Fragen der Mensch-Computer-Interaktion unter philosophischen und soziologischen Gesichtspunkten reflektiert. Wir haben sozusagen dieses Feld für uns noch mal ganz von vorne aufgerollt, was uns geholfen hat, die leitenden Fragen für die Kontextanalyse zu formulieren. Durch die Beschäftigung mit dem Thema der Reizüberflutung unter wahrnehmungspsychologischen Aspekten, haben wir unseren Sinn für die Anliegen der Anwender geschärft. Das Thema Calm Technology wird unsere weitere Arbeit als HCI-Designer bereichern, da wir ein umfassenderes Verständnis dafür gewonnen haben, was die Bedingungen und Mechanismen sind, welche die Verlagerung von Informationen in die Peripherie der Aufmerksamkeit erst ermöglichen.

## 9 Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

### 9.1 Abbildungen

Abbildung 1: Paro-Roboter im Einsatz	10
Abbildung 2: Gel Remote Control von Kenya Hara	11
Abbildung 3: Allgemeines Vorgehensmodell wissenschaftlicher Forschung	14
Abbildung 4: Vorgehensmodell der vorliegenden Studie zu Calm Technology	15
Abbildung 5: Die reiche, haptische Erfahrung einer Computertastatur	21
Abbildung 6: Modell der Mensch-System-Interaktion in komplexen, soziotechnischen Systemen	33
Abbildung 7: Kontrollraum KKG	36
Abbildung 8: Schema Kontrollraum KKG	36
Abbildung 9: Betriebsleitzentrale Zürich	38
Abbildung 10: Steuerung des Bahnverkehrs in der BLZ Zürich	40
Abbildung 11: Arbeitsplatz in der BLZ Zürich	40
Abbildung 12: Schema des Arbeitsplatzes eines Disponenten	41
Abbildung 13: Anordnung der Arbeitsplätze in der BLZ	41
Abbildung 14: Infrastruktur eines Bettenplatzes auf der Intensivstation	43
Abbildung 15: Patientenmonitor zur Überwachung der Vitaldaten am Bettenplatz (rechts oben)	44
Abbildung 16: Zentraler Überwachungsmonitor für fünf Bettenplätze	45
Abbildung 17: Fluglotsen der skyguide bei der Arbeit	48
Abbildung 18: Arbeitsplatz eines Fluglotsen im Approach	48
Abbildung 19: Fluglotsenarbeitsplatz beschriftet	49
Abbildung 20: Flugsimulator A330/A340 von aussen	51
Abbildung 21: Piloten bei der Bedienung des Flugsimulators	52
Abbildung 22: Cockpit einer A330/A340	53
Abbildung 23: Haptisch unterschiedlich gestaltete Knöpfe im Cockpit	54
Abbildung 24: Ort der haptisch unterschiedlichen Knöpfe im Cockpit	54
Abbildung 25: Arbeitssituation SBB Betriebsleitzentrale, Planung	59
Abbildung 26: Arbeitssituation SBB Betriebsleitzentrale, Überwachung und Steuerung	59
Abbildung 27: Anordnung des Experiments aus Sicht der Testperson.	65
Abbildung 28: Anordnung des Experiments aus Sicht der Videokamera	66
Abbildung 29: Die Testperson sitzt an der schmalen Seite des Tisches vor dem Bildschirm	67
Abbildung 30: Tangram-Teile	67
Abbildung 31: Figur (Aufgabe) ausgedruckt auf Papier	68
Abbildung 32: Hilfsinformation auf dem Bildschirm	68
Abbildung 33: Figur (Aufgabe) auf Bildschirm	68
Abbildung 34: Visueller Hinweis	68
Abbildung 35: Auditiver Hinweis	68
Abbildung 36: Eine der sechs Hilfsinformationen pro Figur	68
Abbildung 37: Stimulus Sequenz Quadrate	71
Abbildung 38: Stimulus Vollbild	73
Abbildung 39: Stimulus Traktor	74
Abbildung 40: Stimulus Ufo-Sound	76
Abbildung 41: Beispielhafte Gewichtung der Designkriterien	86

## 9.2 Tabellen

Tabelle 1: Designdimensionen und Metriken nach Tomitsch et al. (2007)	29
Tabelle 2: Kombinationen der Faktoren	63
Tabelle 3: Umsetzung der Designkriterien durch Stimuli	64
Tabelle 4: Stimuluskonfigurationen primäre Aufgabe, Hinweisreiz und Hilfsinformation	64
Tabelle 5: Sequenz Quadrate, Stimulus-Effekt und Validität der Designkriterien	72
Tabelle 6: Vollbild, Stimulus-Effekt und Validität der Designkriterien	74
Tabelle 7: Traktor-Sound, Stimulus-Effekt und Validität der Designkriterien	75
Tabelle 8: Ufo-Sound, Stimulus-Effekt und Validität der Designkriterien	76
Tabelle 9: Taxonomie für Ambient Information Systems nach Tomitsch et al. (2007)	99
Tabelle 10: Durchlaufplan mit Abfolge der Stimuli	102
Tabelle 11: NASA TLX - Individuelle Einschätzung der Belastung während des Experiments	102
Tabelle 12: Grad der Unterstützung durch die Hilfsinformation	103
Tabelle 13: Beachtung und Handlungswirksamkeit der Sequenz Quadrate	103
Tabelle 14: Beachtung und Handlungswirksamkeit des Vollbildes	103
Tabelle 15: Beachtung und Handlungswirksamkeit des Traktor-Sounds	104
Tabelle 16: Beachtung und Handlungswirksamkeit des Ufo-Sounds	104

## 9.3 Bildnachweis

Wo nicht anders vermerkt, liegt das Urheberrecht bei den Autoren der vorliegenden Studie.

Abbildung 1: n24.de (Bild: Ernert/dpa/tmn), URL: [http://www.n24.de/news/newsitem\\_997207.html](http://www.n24.de/news/newsitem_997207.html)

Abbildung 2: spoon-tamago.com,

URL: <http://www.spoon-tamago.com/2008/09/18/kenya-hara-retrospective-part-3/>

Abbildung 5: Eva von Jaermann und Schaad, Tages-Anzeiger, 8. Mai 2008

Abbildung 7: Pressebild Kernkraft Werk Gösgen-Däniken

Abbildung 16: rhetorik.ch, URL: [http://www.rhetorik.ch/Aktuell/07/01\\_03/](http://www.rhetorik.ch/Aktuell/07/01_03/)

Abbildung 21: bicho.uc3m.es, URL: <http://bicho.uc3m.es/alumn/A/temas/cockpits/A340cockpit.jpg>

Abbildung 22: photobucket.com, URL:

[http://i2.photobucket.com/albums/y32/tote\\_320/finalpanel4.jpg](http://i2.photobucket.com/albums/y32/tote_320/finalpanel4.jpg)

Abbildung 23: bicho.uc3m.es, URL: <http://bicho.uc3m.es/alumn/A/temas/cockpits/A340cockpit.jpg>

## 10 Literaturverzeichnis

- Anderson, John R. (2001): Kognitive Psychologie. Herausgegeben von Ralf Graf und Joachim Grabowski: Spektrum Akademischer Verlag.
- Bortz, Jürgen/Döring, Nicola (2006): Forschungsmethoden und Evaluation. Für Human- und Sozialwissenschaftler. 4., überarb. Aufl. Heidelberg: Springer Medizin Verlag (= Springer-Lehrbuch).
- Charness, Neil/Tuffiash, Michael (2008): «The role of expertise research and human factors in Capturing, Explaining, and Producing Superior Performance». In: *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 50, H. 3, S. 427–432. URL: doi:10.1518/001872008X312206 [Stand: 18. Januar 2009].
- Dijksterhuis, Ap et al. (2006): «On making the right choice: The deliberation-without-attention effect». In: *Science* 311, H. 5763, S. 1005–1007. URL: doi:10.1126/science.1121629 [Stand: 16. Januar 2009].
- Dror, Itiel E./Stevenage, Sarah V. (2007): «Helping the cognitive system learn: Exaggerating distinctiveness and uniqueness». In: *Applied Cognitive Psychology* 22, H. 4, S. 573–584. URL: doi:10.1002/acp.1383 [Stand: 07. November 2008].
- Durso, Francis T./Sethumadhavan, Arathi (2008): «Situation awareness: Understanding dynamic environments». In: *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 50, H. 3, S. 442–448. URL: doi:10.1518/001872008X288448 [Stand: 18. Januar 2009].
- Edworthy, Judy/Stanton, Neville (1995): «A user-centred approach to the design and evaluation of auditory warning signals: 1. Methodology». In: *Ergonomics* 38, H. 11, S. 2262–2280. URL: doi: 10.1080/00140139508925267 [Stand: 18. Januar 2009].
- Endsley, Mica R./Bolté, Betty/Jones, Debra G. (2003): *Designing for situation awareness. An approach to user-centered design*. London: Taylor & Francis.
- Essigkrug, Andreas/Mey, Thomas (2007): *Rational Unified Process kompakt*: Elsevier Spektrum Akademischer Verlag.
- Gelder, Beatrice de et al. (2008): «Intact navigation skills after bilateral loss of striate cortex». In: *Current Biology* 18, H. 24, S. R1128-R1129. URL: doi:10.1016/j.cub.2008.11.002 [Stand: 26. Dezember 2008].
- Gibson, James J. (1979): *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Gigerenzer, Gerd (2008): *Bauchentscheidungen. Die Intelligenz des Unbewussten und die Macht der Intuition*. München: Goldmann.
- Goldstein, E. Bruce (2008): *Wahrnehmungspsychologie. Der Grundkurs. Deutsche Ausgabe* herausgegeben von Hans Irtel. Berlin, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Graziano, Anthony M./Raulin, Michael L. (2007): *Research methods. A process of inquiry*. 6th ed. Boston MA: Pearson Allyn and Bacon.
- Greenfield, Adam (2006): *Everyware. The dawning age of ubiquitous computing*. Berkley, CA: New Riders.
- Harper, Richard et al. (Hg.) (2008): *Being human. Human-computer interaction in the year 2020*. Cambridge, England.
- Hart, Sandra G./Staveland, Lowell E. (2007): «NASA TLX. Paper/Pencil Version». NASA (Hg.). URL: <http://humansystems.arc.nasa.gov/groups/TLX/paperpencil.html> [Stand: 14. Dezember 2008].
- Hassenzahl, Marc (2008): «Aesthetics in interactive products. Correlates and consequences of beauty». In: Schifferstein, Hendrik N. J./Hekkert, Paul (Hg.): *Product experience*. San Diego, Calif. Amsterdam: Elsevier, S. 287–302.

- Isherwood, Sarah J./McDougall, Siné J. P./Curry, Martin B. (2007): «Icon identification in context. The changing role of icon characteristics with user experience». In: *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 49, H. 3, S. 465–476.  
URL: doi:10.1518/001872007X200102 [Stand: 21. Dezember 2008].
- ISO 9241-110:2006: Ergonomics of human-system interaction - Part 110: Dialogue principles (2006). ISO International Organization for Standardization. Genf.
- James, William (1890): *The principles of psychology*. New York NY: Holt (= American science series. Advanced course; 1).
- Kast, Bas (2007): *Wie der Bauch dem Kopf beim Denken hilft. Die Kraft der Intuition*. 2. Aufl. Frankfurt am Main: S. Fischer.
- Keyson, David V. (2008): «The Experience of intelligent products». In: Schifferstein, Hendrik N. J./Hekkert, Paul (Hg.): *Product experience*. San Diego, Calif. Amsterdam: Elsevier, S. 515–530.
- Krummenacher, Joseph (2008): «Die Suche nach dem Scheinwerfer im Gehirn. Je auffälliger ein Objekt, desto schneller wird es bewusst verarbeitet». In: *Neue Zürcher Zeitung* 2008, 17. Dezember 2008 295, S. B 5.
- Levin, Vladimir (2008): *Evaluating unattended technology, a subset of Calm Technology*. Master Thesis. Computer Science. Waterloo, Ontario. URL: <http://uwspace.uwaterloo.ca/handle/10012/4065> [Stand: 08. Dezember 2008].
- Maeda, John (2006): *The laws of simplicity. Design, technology, business, life*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Mangen, Anne (2008): «Hypertext fiction reading: haptics and immersion». In: *Journal of Research in Reading* 31, H. 4, S. 404–419. URL: doi:10.1111/j.1467-9817.2008.00380.x [Stand: 03. Januar 2009].
- Matthews, Tara et al. (2003): «A peripheral display toolkit». Berkley: EECS Department, University of California, Berkeley. URL: <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2003/CSD-03-1258.pdf> [Stand: 07. November 2008].
- McCarthy, John/Wright, Peter (2004): *Technology as experience*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- McFarlane, Daniel C./Latorella, Kara A. (2002): «The scope and importance of human interruption in human-computer interaction design». In: *Human-Computer Interaction* 17, H. 1, S. 1–61.
- Michotte, Albert (1954): *La perception de la causalité*. 2. Aufl. Louvain, Bruxelles: Publications Universitaires; Érasme (= Studia psychologica).
- Michotte, Albert (1982-1983): *Gesammelte Werke*. Bearbeitet und herausgegeben von Otto Heller und Winfried Lohr. Bern, Stuttgart, Wien: Huber.
- Momtahan, Kathryn/Héту, Raymond/Tansley, Brian (1993): «Audibility and identification of auditory alarms in the operating room and intensive care unit». In: *Ergonomics* 36, H. 10, S. 1159–1176.  
URL: doi:10.1080/00140139308967986 [Stand: 18. Januar 2009].
- Nakayama, Ken/Joseph, Julian S. (1998): «Attention, pattern recognition, and pop-out in visual search». In: Parasuraman, Raja (Hg.): *The attentive brain*. Cambridge, Massachusetts etc.: MIT Press, S. 279–298.
- Nielsen, Jakob (1993): *Usability engineering*. Boston Mass.: Academic Press.
- Norman, Donald A. (1990): *The design of everyday things*. Reprint. New York: Doubleday/Currency.
- Norman, Donald A. (2007): *The design of future things*. New York: BasicBooks.
- Norman, Donald A. (2004): «Affordance, conventions and design (Part 2)». URL: [http://www.jnd.org/dn.mss/affordance\\_conv.html](http://www.jnd.org/dn.mss/affordance_conv.html) [Stand: 23. Dezember 2008].
- Reeps, Inga E. (2006): *Joy-of-Use. Ästhetik, Emotion und User Experience für interaktive Produkte*. Saarbrücken: Müller.

Reeves, Byron/Nass, Clifford (1996): *The media equation. How people treat computers, television, and new media like real people and places.* Stanford, California: Center for the Study of Language and Information (= CSLI lecture notes; 63).

Rogers, Yvonne (2006): «Moving from Weiser's vision of Calm Computing. Engaging UbiComp experiences». In: Dourish, Paul/Friday, Adrian (Hg.): *UbiComp 2006: Ubiquitous Computing. 8th International Conference, UbiComp 2006, Orange County, CA, USA, September 17-21, 2006, Proceedings.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag (= Lecture notes in computer science; 4206), S. 404–421.

Schiffenstein, Hendrik N. J./Spence, Charles (2008): «Multisensory product experience». In: Schiffenstein, Hendrik N. J./Hekkert, Paul (Hg.): *Product experience.* San Diego, Calif. Amsterdam: Elsevier, S. 133–161.

Shen, Xiaobin et al. (2007): «Intrusive and non-intrusive evaluation of ambient displays». In: William R. Hazlewood/Lorcan Coyle/Sunny Consolvo (Hg.): *Proc. of 1st Workshop on Ambient Information Systems. Colocated with Pervasive 2007, Toronto, Canada* (= CEUR Workshop Proceedings ISSN 1613-0073). URL: <http://CEUR-WS.org/Vol-254/paper07.pdf> [Stand: 21. Dezember 2008].

Spitzer, Manfred (2007): *Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens.* München: Elsevier Spektrum Akademischer Verlag.

Tomitsch, Martin et al. (2007): «Towards a taxonomy for Ambient Information Systems». In: William R. Hazlewood/Lorcan Coyle/Sunny Consolvo (Hg.): *Proc. of 1st Workshop on Ambient Information Systems. Colocated with Pervasive 2007, Toronto, Canada* (= CEUR Workshop Proceedings ISSN 1613-0073). URL: <http://CEUR-WS.org/Vol-254/paper09.pdf> [Stand: 21. Dezember 2008].

Treisman, Anne (1993): «The perception of features and objects». In: Baddeley, Alan David/Weiskrantz, Lawrence (Hg.): *Attention. Selection, awareness, and control.* Oxford etc.: Clarendon Press, S. 5–35.

Turkle, Sherry (1998): *Leben im Netz. Identität in Zeiten des Internet.* Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.

Weiser, Mark (1995): «The computer for the 21st century». URL: <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/SciAmDraft3.html> [Stand: 21. Dezember 2008].

Weiser, Mark/Brown, John Seely (1995): «Designing Calm Technology». Xerox PARC. URL: <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/calmtech/calmtech.htm> [Stand: 21. Dezember 2008].

Weiser, Mark/Gold, Rich/Brown, John Seely (1999): «The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s». In: *IBM Systems Journal* 38, H. 4, S. 693–696. URL: doi:10.1147/sj.384.0693 [Stand: 21. Dezember 2008].

Wickens, Christopher D./Carswell, C. Melody (2006): «Information processing». In: Salvendy, Gavriel (Hg.): *Handbook of human factors and ergonomics.* 3rd ed. Hoboken, NJ: Wiley, S. 111–149.

Wickens, Christopher D./McCarley, Jason S. (2008): *Applied attention theory.* Boca Raton, Fla.: CRC Press.

## **11 Anhang**

### **11.1 Dokumentation der Durchführung der Contextual Inquiries**

#### **11.1.1 Contextual Inquiry KKW Gösgen-Däniken**

22.8.2008, 10.00 – 11.30 Uhr

Interview mit:

Herr Riemann (Führung Besucherzentrum)

#### **11.1.2 Contextual Inquiry SBB-Betriebsleitzentrale Zürich**

22.8.2008, 15.00 – 16.30 Uhr

Interview mit:

Herr Hausamann, Leiter Betriebsleitzentrale Zürich (Disponent während 20 Jahren, sehr erfahren)

Herr Neumüller, Disponent (Disponent seit 3 Tagen, noch wenig Erfahrung)

7.11.2008, 10.00– 12.30 Uhr

Interview mit:

Herr Riedweg, Disponent (sehr erfahren)

#### **11.1.3 Contextual Inquiry Intensivpflegestation Unfallchirurgie, Universitätsspital Zürich**

5.9.2008, 10.00 – 12.00 Uhr

Interview mit:

Frau Wegmüller, Leiterin Intensivpflegestation

Herr Seidel, Pfleger

Ein weiterer Pfleger und eine Pflegerin in Kurzinterviews

#### **11.1.4 Contextual Inquiry Flugüberwachung skyguide, Kloten**

5.9.2008, 13.45 – 15.15

Interview mit:

Herr Giacometti, Change Management, Requirements Engineer für das gesamte System, inkl. Human Machine Interface

Herr Andermatt, seit 20 Jahren Fluglotse (erfahren)

#### **11.1.5 Contextual Inquiry Flugsimulator (A330/A340) Swiss, Kloten**

21.11.2008, 14.00 – 17.00 Uhr

Interview mit:

Herr Martelli, langjähriger Pilot (Kapitän)

Herr Greter, langjähriger Pilot (Kapitän), Instruktor

Ablauf:

- 1) Erstes Interview mit den Piloten
- 2) Normaler Flug mit Start, Landung, Durchstarten
- 3) Notsituation: Triebwerkbrand bei Start, Landung
- 4) Entgegenkommendes Flugzeug auf Kollisionskurs
- 5) Flug der Interviewer Urs Suter und Felix Haldimann
- 6) Zweites Interview mit den Piloten



## 11.2 Alternative Konzepte für das Experiment

### 11.2.1 Experiment Variante A

#### Ziel des Experiments

Das Experiment hat zum Ziel, ausgewählte Designkriterien für Calm-Technology-Systeme zu validieren. Es soll zeigen, unter welchen Bedingungen eine ergänzende Information unter der Wahrnehmungsschwelle bleiben kann.

#### Grundidee des Experiments

Informationen, die bis jetzt in der Tiefe des Computers verborgen liegen, bekommen einen eigenen Ort, an dem die Informationen permanent für alle Nutzer sichtbar sind. Der Hinweis auf Änderungen der Informationen wird, in mehreren Durchläufen, in jeweils verschiedenen Abstraktionsgraden präsentiert.

#### Ablauf und Anordnung

- Die Probanden werden über den Testablauf (soweit sinnvoll) informiert.
- Der elektronische Terminkalender einer Gruppe von Probanden wird an ihrem Arbeitsort zusätzlich auf einem eigenen Bildschirm dargestellt, der für die ganze Gruppe im Raum sichtbar ist. Der Bildschirm wird an einem gut sichtbaren Ort aufgestellt: z.B. neben der Eingangstüre.
- Der Versuch dauert mehrere Tage.
- Bei Änderungen, z.B. neue Termine und/oder Erinnerungen an Termine, werden Hinweise angezeigt.
- Der Abstraktionsgrad und die Form dieser Hinweise werden variiert.
- Nach Abschluss des Experiments füllt der Proband einen Fragebogen aus.
- Die Testleiter führen ein Interview mit den Probanden durch.

#### Durchläufe

- a) Durchlauf 1: Der gemeinsame Kalender wird angezeigt. Änderungen sind nur in der Standard-Darstellung des Kalenders ersichtlich. (ohne Hinweis)
- b) Durchlauf 2: Der Name der Mitglieder, die einen Termin erhalten, wird für einige Sekunden bildschirmfüllend eingeblendet. (Hinweis Name)
- c) Durchlauf 3: Jeder Benutzer bekommt eine Farbe zugeordnet, die angezeigt wird, wenn ein Termin für ihn eingetragen wird. (Hinweis Farbe)
- d) Durchlauf 4: Der Name der Mitglieder wird eingeblendet und ein Ton ertönt bei einer Änderung. (Hinweis Name und Ton)
- e) Durchlauf 5: Die Farbe der Mitglieder wird eingeblendet und ein Ton ertönt bei einer Änderung. (Hinweis Farbe und Ton)

#### Messung (Methodik)

- Als Messmethode werden Fragebogen und Interview eingesetzt.
- Informationen werden an einen festen Ort verlagert, als Referenz gilt die Erfahrung des Benutzers mit dem System vor der Verlagerung.
- Der Informationsfluss wird durch die Verlagerung an einen festen Ort kontinuierlich, als Referenz gilt die Erfahrung des Benutzers mit dem System vor der Verlagerung.
- Wie gut die Hinweise (Stimuli) in unterschiedlichem Abstraktionsgrad unter der Wahrnehmungsschwelle gehalten werden können, wird durch den Effekt der verschiedenen Stimuli auf den Benutzer gemessen.

Was wir **nicht** messen wollen:

- Den effektiven Nutzen des Systems für die Probanden.

### **Erwartete Messwerte**

- a) Durchlauf 1: Änderungen werden ohne bewusstes Hinsehen kaum wahrgenommen. Möglicherweise kann der Benutzer mit dem Augenwinkel die «Dichte», bzw. Menge der Termine in der Peripherie wahrnehmen.
- b) Durchlauf 2: Änderungen werden teilweise wahrgenommen. Bei einem Blick auf den Bildschirm während einer Änderung werden die Benutzer möglicherweise dadurch bei ihrer Arbeit abgelenkt, dass sie die Namen lesen (den Hinweis entschlüsseln).
- c) Durchlauf 3: Änderungen werden teilweise wahrgenommen. Die Information kann nach kurzer Lernzeit unter die Wahrnehmungsschwelle verlagert werden.
- d) Durchlauf 4: Der Ton wirkt sich möglicherweise störend aus. Die Namen werden gelesen.
- e) Durchlauf 5: Der Ton wirkt sich möglicherweise störend aus.

### **Fragen**

- Können Stimuli identifiziert werden, die unbemerkt verarbeitet werden?
- Wie wirken sich die unterschiedlichen Stimuli auf die Zufriedenheit des Anwenders aus?
- Welcher Abstraktionsgrad unterstützt die Verarbeitung unter der Wahrnehmungsschwelle am besten?
- Welchen Effekt hat die zusätzliche Anzeige an einem fixen Ort auf die Nutzung des Kalenders?

Die folgenden Faktoren dienen dazu, die subjektive Erfahrung der Interaktion zu beurteilen:

- Subjektive Einschätzung der Zufriedenheit
- Subjektive Einschätzung der Ablenkung durch die Stimuli

Erwartete Einordnung der Hinweise in der Taxonomie für Ambient Information Systems nach Tomitsch et al. (2007):

Axis of Taxonomy for Ambient Information Systems						
		a)	b)	c)	d)	e)
Transition	Slow					
	Medium		x	x		
	Fast	x			x	x
Notification Level	Ignore					
	Change Blind	x				
	Make Aware		x	x		
	Interrupt				x	x
	Demand Attention					
Temporal Gradient	History					
	Current	x	x	x	x	x
Abstraction Level	Low	x	x		x	
	Medium					
	High			x		x
Representation	Physical					
	Integrated					
	2D	x	x	x	x	x
Modality	Visual	x	x	x	x	x
	Tactile					
	Olfactory					
	Auditory				x	x
	Movement					
Source	Local					
	Distant	x	x	x	x	x
	Virtual					
Location	Private					
	Semi-Public	x	x	x	x	x
	Public					
Dynamic of Input	Slow					
	Medium	x	x	x	x	x
	Fast					

**Tabelle 9: Taxonomie für Ambient Information Systems nach Tomitsch et al. (2007)**

### 11.2.2 Experiment Variante B

#### Ziel des Experiments

Das Experiment hat zum Ziel, ausgewählte Designkriterien für Calm-Technology-Systeme zu validieren und die Eigenschaften der Parameter einzelner Kriterien für den visuellen Wahrnehmungskanal zu eruieren.

#### Aufgabe

Lösen eines Puzzles mittlerer Schwierigkeit aus ca. 30 Teilen

#### Ablauf und Anordnung

- Der Proband wird über den Testablauf und die Aufgabe instruiert.
- Der Proband sitzt an einem Tisch und erhält die Puzzle-Teile mit der Aufgabe, sie zusammenzusetzen.

- Auf einem Monitor werden visuelle Stimuli eingespielt.
- Der Proband löst die Aufgabe.
- Nach Abschluss der Aufgabe füllt der Proband einen Fragebogen aus.
- Der Testleiter führt ein Interview mit dem Probanden durch.

## Stimuli

### Unabhängige Variable

Auf den Monitoren werden visuelle Stimuli präsentiert. Darin enthalten sind Stimuli, welche die Aufgabe unterstützten und für die Aufgabe bedeutungslose Stimuli (Noise), welche dazu dienen, einen Effekt der Gewöhnung an das Vorhandensein der Stimuli zu produzieren.

Eine vorläufige und beispielhafte Liste verschiedener Stimuli/Informationen:

Stimulus	Abstrakt	Abbildungsgenau bzgl. Puzzle-Bild	Bedeutungsvoll bzgl. Lösen der Aufgabe
Abbild des vollständigen Puzzle-Bildes		x	Ja
Ort eines Puzzle-Elements im Gesamt-Puzzle		x	Ja
Puzzle-Bild schwarz-weiss		x	Ja
Puzzle-Bild als Kontur	x		Ja
Puzzle-Bild als «Scherenschnitt»	x		Ja
Blitzartiges Einblenden des Puzzle-Bildes	x	x	Ja
Sanftes Ein- und Ausblenden des Puzzle-Bildes	x	x	Ja
Puzzle-Bild klein kontinuierlich auf Monitor als Bild-in-Bild		x	Ja
Grafisches Muster	x		Nein
Andere Bilder in Qualität wie Puzzle-Bild		x	Nein
und weitere ...			

### Abhängige Variable

- Anzahl der erinnerten Stimuli nach Lösen der Aufgabe.
- Beobachtete Auswirkung des Stimulus auf das Lösen der Aufgabe.

### Messung (Methodik)

- Beobachtung des Verhaltens in Abhängigkeit der präsentierten Stimuli (mit Videoaufzeichnung).
- Anschliessend an das Experiment füllt der Proband einen Fragebogen aus und wird durch den Testleiter interviewt.

Was wir **nicht** messen wollen:

- Zeit, die ein Proband benötigt, um die Aufgabe erfolgreich zu lösen.
- Anzahl der erfolgreich gelösten Aufgaben.

## Erwartete Messwerte

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| a) Fokussiert verarbeitet (focal)    | Stimulus erhält <b>fokussierte Aufmerksamkeit</b> , beobachtbarer Effekt auf das Lösen der Aufgabe (-> Stimulus wird handlungswirksam)  |
| b) Unbemerkt verarbeitet (unnoticed) | Stimulus erhält <b>periphere Aufmerksamkeit</b> (wird registriert, aber nicht bewusst wahrgenommen), beobachtbarer Effekt auf das Lösen der Aufgabe (-> Stimulus wird handlungswirksam) |
| c) Nicht wahrgenommen (unperceived)  | Stimulus wird <b>nicht wahrgenommen</b> , kein beobachtbarer Effekt auf das Lösen der Aufgabe (-> Stimulus wird nicht handlungswirksam)   |

## Fragen

- Können Stimuli identifiziert werden, welche entsprechend der Variante b) unbemerkt verarbeitet werden?
- Werden Stimuli, die entsprechend Variante a) oder b) verarbeitet werden, subjektiv unterschiedlich bzgl. Zufriedenheit der Interaktion und der kognitiven Belastung beurteilt?

Die folgenden Faktoren dienen dazu, die subjektive Erfahrung der Interaktion zu beurteilen:

- Subjektive Einschätzung der Zufriedenheit
- Subjektive Einschätzung der kognitiven Belastung (*Methode zur Messung kognitiven Belastung?*)

### 11.3 Ergebnisauswertung des Experiments

#### 11.3.1 Durchlaufplan Experiment

Testperson	Aufgabe 1		Aufgabe 2	
	Hinweisreiz	Hinweisreiz	Hinweisreiz	Hinweisreiz
A	Sequenz Quadrate	Vollbild	Traktor-Sound	Ufo-Sound
B	Vollbild	Sequenz Quadrate	Ufo-Sound	Traktor-Sound
C	Traktor-Sound	Ufo-Sound	Sequenz Quadrate	Vollbild
D	Ufo-Sound	Traktor-Sound	Vollbild	Sequenz Quadrate
E	Sequenz Quadrate	Vollbild	Ufo-Sound	Traktor-Sound
F	Traktor-Sound	Ufo-Sound	Vollbild	Sequenz Quadrate

**Tabelle 10: Durchlaufplan mit Abfolge der Stimuli**

#### 11.3.2 Belastung während Experiment - NASA Task Load Index (TLX)

Test-person	Mentale Anforderung sehr wenig – sehr stark	Physische Anforderung sehr wenig – sehr stark	Zeitliche Anforderung sehr wenig – sehr stark	Leistung perfekt - misslungen	Einsatz/ Anstrengung sehr wenig – sehr stark	Frustration sehr wenig – sehr stark
A	16	4	6	3	15	1
B	7	5	7	7	13	2
C	12	4	8	7	14	3
D	16	1	6	1	16	3
E	7	4	8	9	13	13
F	14	5	7	9	13	13
<b>Mittelwert</b>	<b>12</b>	<b>3.83</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>5.83</b>

**Tabelle 11: NASA TLX - Individuelle Einschätzung der Belastung während des Experiments**

Ergebnisse des NASA TLX Fragebogens, welcher anschliessend an das Experiment von den Testpersonen ausgefüllt worden ist. Der Fragebogen basiert auf einer bipolaren, 20-stufigen Rating-Skala.

### 11.3.3 Grad der Unterstützung durch Hilfsinformation

Im selben Fragebogen des NASA TLX wurde die subjektive Einschätzung des Grads der Unterstützung durch die angezeigten Hilfsinformationen erfasst.

Testperson	In welchem Ausmass haben die angezeigten Lösungshilfen das Lösen der Aufgabe unterstützt? 1 = sehr wenig – 20 = sehr stark
A	5
B	17
C	13
D	16
E	8
F	8
<b>Mittelwert</b>	<b>11.27</b>

**Tabelle 12: Grad der Unterstützung durch die Hilfsinformation**

Der Fragebogen basiert auf einer bipolaren, 20-stufigen Rating-Skala.

### 11.3.4 Beachtung und Handlungswirksamkeit des visuellen Stimulus: Sequenz Quadrate

Kombination Nr.	Hinweisreiz beachtet	Hinweisreiz handlungswirksam	Fragebogen Anzahl	Interview Anzahl	Video-protokoll Anzahl
1	ja	ja	5	3	3
2	ja	nein	0	0	0
3	nein	ja	0	0	0
4	nein	nein	1	2	2

**Tabelle 13: Beachtung und Handlungswirksamkeit der Sequenz Quadrate**

Eine Testperson hatte die Aufgabe vor diesem Stimulus beendet.

### 11.3.5 Beachtung und Handlungswirksamkeit des visuellen Stimulus: Vollbild

Kombination Nr.	Hinweisreiz beachtet	Hinweisreiz handlungswirksam	Fragebogen Anzahl	Interview Anzahl	Video-protokoll Anzahl
1	ja	ja	4	3	1
2	ja	nein	1	0	1
3	nein	ja	1	1	3
4	nein	nein	0	1	0

**Tabelle 14: Beachtung und Handlungswirksamkeit des Vollbildes**

Eine Testperson hatte die Aufgabe vor diesem Stimulus beendet.

### 11.3.6 Beachtung und Handlungswirksamkeit des auditiven Stimulus: Traktor-Sound

Kombination Nr.	Hinweisreiz beachtet	Hinweisreiz handlungswirksam	Fragebogen Anzahl	Interview Anzahl	Video-protokoll Anzahl
1	ja	ja	3	2	3
2	ja	nein	2	0	0
3	nein	ja	0	0	0
4	nein	nein	1	2	1

**Tabelle 15: Beachtung und Handlungswirksamkeit des Traktor-Sounds**

Zwei Testpersonen hatten die Aufgabe vor diesem Stimulus beendet.

### 11.3.7 Beachtung und Handlungswirksamkeit des auditiven Stimulus: Ufo-Sound

Kombination Nr.	Hinweisreiz beachtet	Hinweisreiz handlungswirksam	Fragebogen Anzahl	Interview Anzahl	Video-protokoll Anzahl
1	ja	ja	4	2	2
2	ja	nein	1	2	2
3	nein	ja	1	0	0
4	nein	nein	0	0	0

**Tabelle 16: Beachtung und Handlungswirksamkeit des Ufo-Sounds**

Zwei Testpersonen hatten die Aufgabe vor diesem Stimulus beendet.



## 11.4 Materialien

### 11.4.1 Fragebogen Experiment

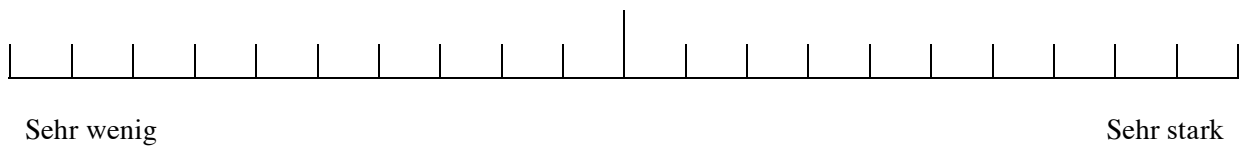
Alter \_\_\_\_\_

Datum 29.11.2008

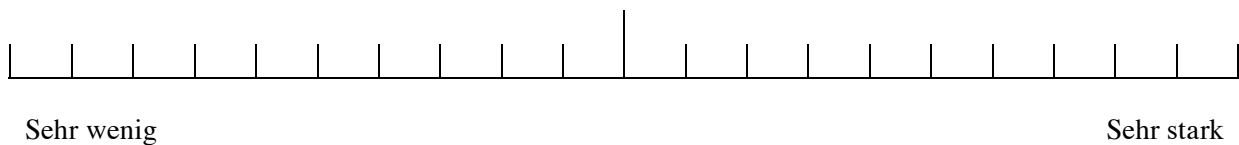
---

Bitte beantworte die folgenden Fragen aufgrund deiner **subjektiven Einschätzung** mit einem Kreuz auf der angegebenen Skala.

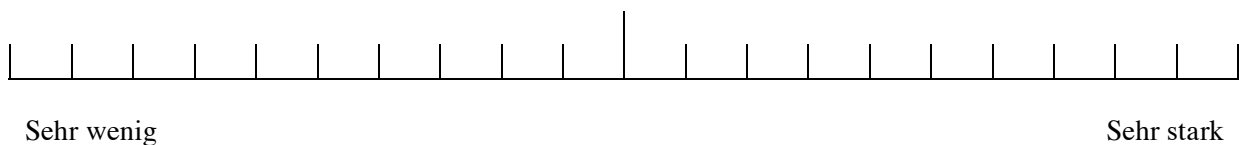
**Mentale Anforderung**      Wie stark forderte die Aufgabe mental?



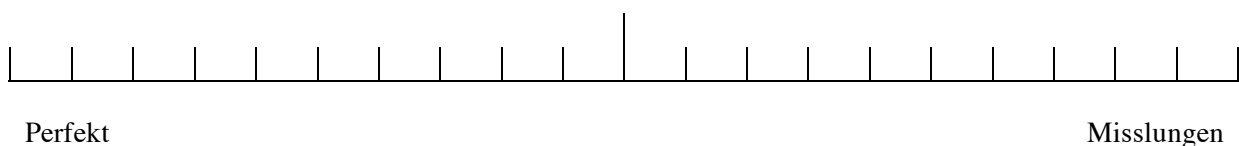
**Physische Anforderung**      Wie stark forderte die Aufgabe physisch?



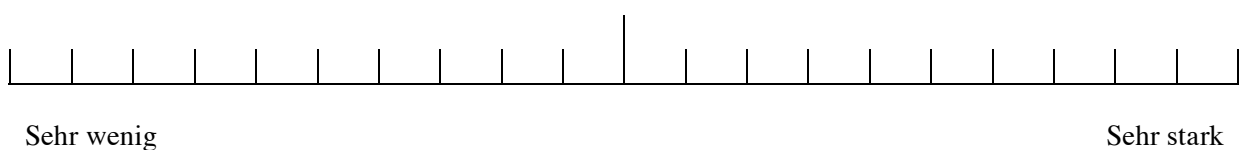
**Zeitliche Anforderung**      Wie eilend oder gedrängt schritt die Aufgabe voran?



**Leistung**      Wie erfolgreich warst du in der Erfüllung dessen, was du gefragt warst, zu tun?



**Einsatz/Anstrengung**      Wie stark musstest du dich anstrengen, um diese Leistung zu erbringen?



**Frustration** Wie verunsichert, entmutigt, irritiert, gestresst oder gelangweilt warst du?



Sehr wenig

Sehr stark

Quelle NASA TLX: Hart et al. 2007.

Hast du die orange-farbigen und die akustischen Hinweise beachtet?

Hast du die Lösungshilfen (Bilder mit Teilen der Lösung) beachtet?

In welchem Ausmass haben die angezeigten Lösungshilfen das Lösen der Aufgabe unterstützt?



Sehr wenig

Sehr stark

## **11.5 Projektplan**

Den Projektplan finden Sie als Anlage.