

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist an der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt (<http://www.ub.tuwien.ac.at>).

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology (<http://www.ub.tuwien.ac.at/englweb/>).



## **MAGISTERARBEIT**

# **Integrierte Objekte als periphere Informationsträger**

## **Entwurf einer Taxonomie für Ambient Displays**

zur Erlangung des akademischen Grades

Magister

(Mag. rer. soc. oec.)

ausgeführt am

Institut für Rechnergestützte Automation

Forschungsgruppe Industrial Software

der Technischen Universität Wien

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Thomas Grechenig

durch

Andreas Lehner

Mohsgasse 22/1, 1030 Wien

Wien, 20.04.2006

## **DANKSAGUNG**

An dieser Stelle möchte ich Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Thomas Grechenig für die Ermöglichung der Magisterarbeit danken.

Besonderer Dank für die Betreuung der Arbeit gilt Herrn Dipl.Ing. Martin Tomitsch, der mich mit seinem außergewöhnlichen Fachwissen und Engagement stets unterstützte und laufend für neue Inspiration und Motivation sorgte.

## **KURZFASSUNG**

Informationstechnologie findet in modernen Lebensumgebungen immer stärkere Verbreitung. Das erhöhte Potential an technologischen Endgeräten führt zu starker kognitiver Belastung beim Benutzer und aufdringlicher Technologie. Ambient Displays als Informationsmedien, die minimale Aufmerksamkeit benötigen und in die physische Umgebung integriert sind, stellen eine mögliche Lösung für die Beruhigung der Umgebung dar. Die Vielseitigkeit an Realisierungsmöglichkeiten von Ambient Displays, die zahlreichen Einflussfaktoren und die Eigenschaft als junges Forschungsfeld der HCI führen zu Problemfeldern, wie der Existenz einer unzureichenden Anzahl von Evaluierungsmethoden und Richtlinien für Design und Gestaltung. Weiters stellen Ambient Displays einen eher unorganisierten und schwach abgegrenzten Forschungsbereich dar. Die Entwicklung einer Taxonomie ist ein erster Schritt diese Problemfelder zu bewältigen. Durch die genaue Analyse einer nahezu kompletten Sammlung bisher existierender Ambient Displays werden wesentliche Eigenschaften von Ambient Displays herausgearbeitet. Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Analyse werden die wichtigsten Eigenschaften zu Kriterien und Designdimensionen zusammengefasst, mit deren Hilfe eine Kategorisierung von Ambient Displays möglich wird. Durch die Zuordnung einer geeigneten Metrik zur jeweiligen Designdimension werden die einzelnen Anwendungen bewertet und in eine Taxonomie überführt. Das Ergebnis der entwickelten Taxonomie kann als Grundlage dienen, Trends und bisherige Entwicklungen offensichtlich zu machen und so eine theoretische Basis für weitere Arbeiten im Bereich der Ambient Displays schaffen.

<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1. Problemdefinition.....	3
1.2. Ziel der Arbeit .....	4
1.3. Lösungsansatz.....	4
1.4. Überblick.....	5
<b>2. UBIQUITOUS COMPUTING .....</b>	<b>6</b>
2.1 Definition von Ubiquitous Computing .....	6
2.1.1. Mark Weiser und die Vision des Ubiquitous Computing .....	7
2.1.2 Transparenz des User Interfaces .....	9
2.2. Ubiquitous Computing und Realität – Gedankenmodell oder Wirklichkeit, praktische Umsetzung...	13
2.3. Eigenschaften, Voraussetzungen von und für die Umsetzung von Ubiquitous Computing Anwendungen .....	16
2.4. Zusammenhang von Ubiquitous Computing und Ambient Displays .....	18
<b>3. ALLGEMEINES ZU AMBIENT DISPLAYS .....</b>	<b>19</b>
3.1. Motivation für Ambient Displays .....	20
3.2. Definition von Ambient Displays .....	23
3.2.1 Häufige Definitionen von Ambient Displays .....	23
3.3 Abgrenzung zu anderen Displays .....	26
3.3.1. Peripheral Displays.....	27
3.3.2 Differenzierung von Displays nach weiteren Kriterien .....	28
3.4 Kognition und Ambient Displays.....	30
3.4.1 Gegenstand der Kognitiven Psychologie.....	31
3.4.2 Wahrnehmung .....	32
3.4.3 Aufmerksamkeit .....	34
3.5. Reale Ambient Displays.....	39
3.5.1 Wetter als Ambient Display .....	39
3.5.2 Lebensumgebung als Ambient Display .....	40
<b>4. SAMMLUNG DER AMBIENT DISPLAYS .....</b>	<b>42</b>
4.1. Arbeitsumgebung .....	44
4.2. Private Umgebung.....	55
4.3. Allgemein .....	61
4.4. Kommerzielle Anwendungen .....	72
4.5. Öffentlicher Bereich.....	75
<b>5. TECHNOLOGISCHE DISPLAYS.....</b>	<b>76</b>

<b>5.1. Datentypen</b> .....	<b>77</b>
5.1.1. Qualitative Anforderungen an Daten für Ambient Displays .....	77
5.1.2. Beispiele für geeignete Daten.....	80
<b>5.2. Formen der Darstellung – Output Devices</b> .....	<b>82</b>
<b>5.3. Technologie</b> .....	<b>86</b>
5.3.1 Peripheral Display Toolkit – PTK.....	86
5.3.2 Phidgets .....	87
5.3.3 Weitere unterstützende Technologie .....	89
<b>5.5. Designkriterien und Designprozess</b> .....	<b>89</b>
5.5.1. Designprozess von Ambient Displays.....	90
5.5.2 Design Implikationen .....	92
<b>6. TAXONOMIE</b> .....	<b>93</b>
<b>6.1. Motivation</b> .....	<b>94</b>
<b>6.2. Methode</b> .....	<b>95</b>
<b>6.3. Einteilung</b> .....	<b>103</b>
<b>7. CONCLUSIO</b> .....	<b>107</b>
<b>8. ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>1099</b>
<b>9. TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>110</b>
<b>10. QUELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>110</b>

# 1. Einleitung

## *Einführung aus einem Gesamtkontext betrachtet*

Durch den vermehrten Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in unserer Gesellschaft, der sämtliche Bereiche des Lebens einzelner Menschen betrifft bzw. durchdringt, kommt es folglich auch zu einer veränderten Wahrnehmung des Einzelnen in Bezug auf Computer und der damit verbundenen Technologien. In einem von Statistik Austria (Statistik-Austria, 2005) veröffentlichten Bericht einer Umfrage im Zeitraum von Februar bis März 2005 über den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) in Österreichs Haushalten zeigt sich, dass 63% aller österreichischen Haushalte mit mindestens einem Computer ausgestattet sind. Weiters wurde angegeben, dass in 88% aller Haushalte zumindest ein Haushaltsmitglied ein Mobiltelefon besitzt und 29 % ein internetfähiges Mobiltelefon. Weiters besitzen 47% der Haushalte einen Internetzugang. Daraus lässt sich die feste Verankerung von Informations- und Kommunikationstechnologien in unserer Gesellschaft erkennen, zudem die Zahlen lediglich private Haushalte und den eigenen Gebrauch für private Zwecke betreffen. Ergänzt man nun diesem privaten Anwendungsbereich die Anwendungsbereiche der Wirtschaft und des öffentlichen Sektors (wie Verwaltungseinrichtungen etc.), so ist die Bedeutung und Unverzichtbarkeit von Informations- und Kommunikationstechnologien mehr als deutlich. Informations- und Kommunikationstechnologien entwickelten sich in den letzten Jahren zu einem festen Bestandteil technischer Infrastruktur. Die damit einhergehenden sozialen und arbeitstechnischen Veränderungen lassen sich in etwa mit den Auswirkungen der industriellen Revolution Anfang des 19.Jahrhunderts vergleichen. Heute spricht man nicht mehr von Industriegesellschaft, sondern von Informations- oder Wissensgesellschaft. Der Anstieg in der Leistungsfähigkeit von Informations- und Kommunikationstechnologie bei gleichzeitiger Abnahme der Preise und Kosten für Informations- und Kommunikationstechnologie ist stetiger Motor für die immer stärkere Etablierung derartiger Technologien im alltäglichen Leben. Gordon Moore sagte bereits Ende der 60er Jahre voraus, dass sich die Prozessorleistungen in etwa alle 18 Monaten verdoppeln würde. Dieses nach ihm benannte Gesetz (Moore's Gesetz) gilt heute in abgeschwächter Form noch immer. Das Wachstum ist exponentiell und betrifft nicht nur die Prozessorleistung, sondern auch andere Technologieparameter wie etwa Kommunikationsbandbreite und Speicherdichte (Friedemann Mattern, 2005). Somit werden aufwendige Anwendungen vernetzter und verteilter Systeme zur Selbstverständlichkeit. Übertragungsraten, Übertragungsgröße der Datenpakete werden

nicht mehr ausschlaggebend sein für die Entscheidung über die Umsetzung eines Projektes, die heute möglicherweise negativ ausfallen würde. Betroffen davon ist nicht nur ein enger Kreis von Technokraten, sondern die gesamte Gesellschaft in Lebensart und Lebensform (zumindest in Ländern mit relativ hohem wirtschaftlichem Standard).

### *Gesamtkontext, technische Infrastruktur und neue Entwicklungen in HCI*

Trotz dieser rasanten Entwicklungen und der damit einhergehenden Veränderung in der Reichweite derartiger Technologien und dem Zugang zu diesen, hat sich die Interaktion mit dem Computer bisher nur sehr zögerlich von der Schnittstelle des viereckigen Displays, Tastatur und Maus lösen können. Zwar wurden neue Formen in Größe und Gestalt entwickelt, wie etwa Endgeräte des Mobile Computing (gängige Bezeichnungen sind PDA, Pocket PC, Handheld, etc.), jedoch die Art und Weise wie der Benutzer mit dem Endgerät interagiert, beschränkt sich größtenteils immer noch auf sehr traditionelle Input- bzw. Output –Geräte. Sie basieren vorwiegend auf der sehr gut erforschten Desktop-Metapher des User Interface Design. Alternativen zu dieser Form der Interaktion werden und wurden laufend neu entwickelt. Durch den bisher sehr etablierten und erfolgreichen Einsatz der Desktop-Metapher in den unterschiedlichsten Systemen, konnten alternative, möglicherweise für den Benutzer intuitivere Formen im Umgang mit dem Computer, den Sprung aus dem Schattendasein der Forschungslabors und experimentierfreudigen Entwicklerteams hinein in die Ausschöpfung des Potentials der sich eröffnenden Vielseitigkeit dieser neuen Formen noch nicht schaffen. Die Gründe liegen darin, dass notwendige Technologien zu wenig ausgereift und zu teuer für den herkömmlichen Gebrauch sind. Demzufolge sind auch die Forschungsdisziplinen neuerer HCI (Human Computer Interaction) zeitlich weitaus später anzusiedeln, als etwa die Erforschung der Desktop-Metapher, die bereits Ende der 80er Jahre von Apple Computer mit dem Einsatz des Windows User Interfaces kommerziell verwertet wurde. Das Interaktionsparadigma des Desktop Computing wurde am Palo Alto Research Center (Parc) der Firma Xerox entwickelt, dem auch Marc Weiser angehörte, jenem Informatiker, der die oben angesprochenen Formen der Interaktion mit dem Computer in eine gänzlich unterschiedliche Richtung zu lenken versuchte. Unter dem Begriff Ubiquitous Computing subsumierte er das Verschwinden des Computers aus der bewussten Wahrnehmung des Benutzers bzw. die Integration von Informationstechnologie in die räumliche Umgebung des Benutzer derart, dass sie unsichtbar („invisible“) im Hintergrund zur Verfügung steht. Weiser geht also weit darüber hinaus, seine Idee als einfache Verbesserung des User Interfaces zu betrachten, sondern erschafft damit eine gänzlich neue Form im Einsatz und Umgang mit

Computern bzw. Informations- und Kommunikationstechnologien. Die Gegenwart von Computern wird nicht mehr aktiv wahrgenommen, sondern verschwindet als konstante, allgegenwärtige Präsenz in den Hintergrund (Weiser, 1995). Die Vision des Ubiquitous Computing gab wesentlichen Anstoß für die Entwicklung von Ambient Displays. Durch die Allgegenwärtigkeit des Computers ist es notwendig weniger wichtige Information aus dem Fokus der menschlichen Wahrnehmung in die passiv wahrgenommene Umgebung zu versetzen. Der Mensch ist nicht fähig mehrere Aufgaben gleichzeitig mit gleicher Aufmerksamkeit durchzuführen, daher ist eine Verschiebung bestimmter Informationseinheiten in den Hintergrund notwendig. Eine Möglichkeit eine Trennung in vordergründige und hintergründige Wahrnehmung vorzunehmen, ist der Einsatz von Ambient Displays. Ambient Displays befinden sich in der Umgebung der menschlichen Wahrnehmung. Der Mensch kann die dort dargestellte Information erkennen, ohne seine Aufnahmefähigkeit zu sehr strapazieren zu müssen. Er wird nicht gezwungen seine bisherige Tätigkeit zu unterbrechen, da Ambient Displays keine volle, hundertprozentige Aufmerksamkeit erfordern. Ein „Information Overload“ kann so abgewandt werden. Überlegungen dieser Art sind Ausgangspunkt und Motivation für eine Vielzahl von Projekten im Bereich der Ambient Displays und sind auch die Basis der folgenden Ausführungen über Ambient Displays.

### **1.1. Problemdefinition**

In den letzten Jahren wurden etliche Formen von Ambient Displays entwickelt. Die Entwicklung und Gestaltung derartiger Displays durchdringt viele unterschiedliche Bereiche der Wissenschaft und Kunst. Medienkünstler, Informatiker, Designer, Psychologen beteiligen sich an unzähligen Projekten, die alle das gemeinsame Ziel verfolgen, qualitativ hochwertige Ambient Displays zu gestalten. Die Formen der Gestaltung unterscheiden sich in ihren Ausprägungen sehr stark voneinander. Ambient Displays als Projektionen auf Wände, Ambient Displays als aufwendige Metallinstallation oder als herabhängende Schnur (Mark Weiser, 1996), den Gestaltungsmöglichkeiten scheinen keine Grenzen gesetzt zu sein. Problematisch in diesem Zusammenhang ist jedoch, dass Ambient Displays nicht nur einen ästhetischen Zweck erfüllen, sondern zudem die Aufgabe eines Informationsmediums besitzen. Deswegen gelten bestimmte qualitative Anforderungen und Kriterien, die Ambient Displays als Informationssystem erfüllen sollten. Bisher gibt es keine fixen Kriterien, die für die Qualität garantieren (Ames & Dey, 2002). Grund sind u.a. mangelnde und nicht

eindeutige Evaluierungsmethoden. Die große Anzahl an unterschiedlichsten Ambient Displays in Gestalt, Form und Wirkung erschweren das Finden geeigneter Bewertungsmethoden. Weitere Fragen und Probleme sind, welche Daten sind geeignet für die Darstellung auf ein Ambient Displays, welche Umsetzung in der Gestaltung ist für welchen Datentyp geeignet (wie erfolgt das Mapping von Daten), etc.?

## **1.2. Ziel der Arbeit**

Das Ziel dieser Arbeit ist es nicht neue Methoden der Evaluierung zu entwickeln. Das Ziel ist vielmehr mögliche Grundlagen für die Entwicklung von geeigneten Bewertungsmethoden für Ambient Displays zu liefern. Das Hauptziel ist Ambient Displays nach bestimmten gemeinsamen Kriterien in einer Taxonomie zu klassifizieren. Eine Taxonomie ist aus verschiedenen Gründen von hohem Nutzen. Zum einen ermöglicht sie einen zusammenfassenden Überblick über die wichtigsten Ambient Display Projekte. Die große Anzahl an bisherigen Erstrebnungen im Bereich Ambient Displays wird nach eindeutigen und klaren Kriterien in eine konkrete Ordnung gebracht. Sie erlaubt gemeinsame Eigenschaften von Ambient Displays auf übersichtliche Art und Weise zu erkennen. Daraus können Zusammenhänge geschlossen und mögliche Gemeinsamkeiten zwischen Ambient Displays identifiziert werden. Dies hätte zum anderen den Vorteil Entwicklungen und Trends in Design, Technologie etc. erkennen zu lassen. Die Taxonomie könnte weiters Indikator und Anhaltspunkt für die zukünftige Gestaltung von qualitativ hochwertigen Ambient Displays sein und im Idealfall als Einflussquelle für die Evaluierung oder Erstellung von Richtlinien für das Design von Ambient Displays herangezogen werden.

## **1.3. Lösungsansatz**

Die Entwirrung der breit gefächerten und gestreuten Ambient Display Projekte durch ausführliche Literaturrecherche ist die Grundlage für die Systematisierung in Form der Taxonomie, die das Resultat der Arbeit sein soll. Die meisten dieser Projekte wurden auf internationalen Konferenzen, wie etwa CHI oder UbiComp präsentiert. Auf diesem Material basierend werden einzelne Projekte genau analysiert und gemeinsame Kriterien herausgefiltert. Diese Kriterien sind schließlich ausschlaggebend für die Erstellung einer geeigneten Metrik für die Taxonomie, in der die Projekte eingeordnet werden sollen. Die Kriterien umfassen Eigenschaften wie etwa die Form der Gestaltung oder die Art der Daten,

die dargestellt wird. Weitere neuralgische Punkte sind: Wie erfolgt das „Mapping“ von Daten zu Visualisierung? Wie erfolgt der Übergang von peripherer Wahrnehmung zu aktiver Wahrnehmung des Benutzers?

Diese Fragen gilt es durch detaillierte Literaturrecherche und Analyse herausfinden. Erst dann kann begonnen werden eine Taxonomie zu entwickeln. Als letzter Schritt erfolgt die Einordnung der Ambient Displays in die Taxonomie.

## **1.4. Überblick**

Basierend auf der Grundidee des Ubiquitous Computing, dem das erste Kapitel nach der Einleitung gewidmet ist, verfolgen die weiteren Kapitel das Ziel, durch genaue Analyse und Beschreibung bisheriger Projekte und Implementierungen von Ambient Displays Eigenschaften und Charakteristiker herauszuarbeiten, die schließlich eine Klassifizierung nach bestimmten Kriterien für Ambient Displays erlauben. Ist das Thema der vorderen Kapitel noch die Abhandlung allgemeiner Grundlagen für Ambient Displays, so beschäftigt sich der Hauptteil mit oben genannter Analyse, die als Ergebnis eine Taxonomie von und für Ambient Displays liefern soll.

Das Kapitel über Ubiquitous Computing beschreibt einen theoretischen und praktischen Rahmen, der das Gebiet der Ambient Displays umgibt. Es erlaubt Ambient Displays in einem Gesamtkontext zu erfassen. Der darauf folgende Abschnitt versucht eine Definition von Ambient Displays wiederzugeben. Es werden wesentliche Eigenschaften beschrieben und bestimmte gemeinsame Charakteristiker herausgearbeitet. Zudem werden als Vergleich dem Prinzip der Ambient Displays entsprechende Phänomene der realen Welt beispielhaft angeführt. Kapitel 5 bestimmt geeignete Daten, die sich für die Visualisierung auf Ambient Displays eignen, während Kapitel 6 die konkrete Methode zur Einteilung in die Taxonomie erklärt. Es wird eine passende und aussagekräftige Metrik entwickelt, nach der die Klassifizierung vorgenommen wird. Schließlich werden in Kapitel 4 und 6 Projekte beschrieben, kategorisiert und als Taxonomie dargestellt.

Das folgende Kapitel widmet sich Ubiquitous Computing, einer Vision, die neue soziotechnische Dimensionen erschließen soll und der sich heutige Lebensformen und Lebensumgebungen immer stärker annähern. Ubiquitous Computing bildet das gedankliche

und praktische Grundgerüst für die Entwicklung von Ambient Displays. Die Auseinandersetzung mit Ubiquitous Computing ist daher unerlässlich für den weiteren Verlauf dieser Arbeit.

## **2. Ubiquitous Computing**

Dieses Kapitel dient als Einführung in das Konzept des Ubiquitous Computing, einer Vision und Idee, die auf Marc Weiser vom Xerox Palo Alto Research Center (PARC) zurückgeht. Die Einbettung von Computertechnologie in die Lebensumgebung der Menschen und somit das Verschwinden der aktiven Wahrnehmung der Verwendung von Computertechnologie ist der Grundgedanke der Vision Ubiquitous Computing. Die Notwendigkeit eines eigenen Kapitels als Einführung in diese Thematik im Zusammenhang mit Ambient Displays besteht in der engen Verwandtschaft zwischen Ubiquitous Computing und Ambient Displays. Ambient Displays können als Teilgebiet oder Anwendung von Ubiquitous Computing angesehen werden. Ubiquitous Computing bildet somit eine wesentliche Grundlage für das Verständnis von Ambient Displays. Diese Grundlage lässt die Wichtigkeit und Vorteilhaftigkeit derartiger Ambient Display-Anwendungen erkennen. Im Folgenden wird definiert, was unter Ubiquitous Computing zu verstehen ist, weiters wird die geschichtliche Entwicklung des Ubiquitous Computing skizziert. Dies ermöglicht eine genaue Vorstellung vom Konzept des Ubiquitous Computing. In einem weiteren Abschnitt werden einige spezielle Anwendungsmöglichkeiten vorgestellt, die bereits erste Einblicke in die Idee der Ambient Displays ermöglichen.

### ***2.1 Definition von Ubiquitous Computing***

Durch die, innerhalb sehr kurzer Zeitabschnitte, rasanten Zunahme der Computerleistung und Verbesserung weiterer Leistungsfaktoren im Zusammenhang mit Informationsverarbeitung, wie etwa Speicherkapazität oder Bandbreite kommt es zu einer Veränderung in Gestalt, Form und Wahrnehmung von Computeranwendungen. Computer werden immer kleiner und billiger und verbreiten sich so in den unterschiedlichsten Bereichen menschlichen Lebens und ihrer Umgebung. Der Computer integriert sich unsichtbar in Gegenstände des Alltagsgebrauchs, ist versteckt in Büroräumen, findet sich in öffentlichen Räumen wieder etc. All diese Gegenstände sind miteinander vernetzt, wodurch neue Formen der Interaktion ermöglicht werden bzw. deren Entwicklung notwendig ist. Die Integration ist derart unauffällig, dass sie

für den potentiellen Benutzer nur mehr unbewusst wahrgenommen wird. Der Benutzer kennt die Funktion, das aktive Bewusstsein über die Verwendung, Benutzung und Anwendung von Computertechnologie ist jedoch verschwunden. Was heute bereits ansatzweise und sehr spärlich in der Praxis umgesetzt wurde, wie etwa in Form von mobilen Handhelds oder in der Anwendung von RFID-Chips in Bereichen der Logistik, ist erst der zögerliche Anfang der potentiellen Anwendungen, die Ubiquitous Computing ermöglichen könnte. Ubiquitous Computing als Vision, Idee oder Konzept geht dabei auf Mark Weiser und sein Forschungsteam zurück, die am Xerox Palo Alto Research Center (PARC) diese neue Form der Computertechnologie erstmals in den Fokus der öffentlichen Aufmerksamkeit rückten. Der nächste Abschnitt erklärt die Vision Mark Weisers, was genau unter Ubiquitous Computing zu verstehen ist und wie man sich eine Zukunft mit Ubiquitous Computing vorstellen kann.

### **2.1.1. Mark Weiser und die Vision des Ubiquitous Computing**

"Ubiquitous computing names the third wave in computing, just now beginning. First were mainframes, each shared by lots of people. Now we are in the personal computing era, person and machine staring uneasily at each other across the desktop. Next comes ubiquitous computing, or the age of calm technology, when technology recedes into the background of our lives." --Mark Weiser

#### *Ein Vergleich mit anderen Technologien – Vorbilder für UC*

Mark Weiser gilt als der Erfinder des Ubiquitous Computing. Im Palo Alto Research Center (PARC) wurde die Idee geboren, Computertechnologie in die Lebensumgebung zu einzubetten. Diese Integration von Computertechnologie in alltägliche Gerbrauchsgegenstände ermöglicht dem Benutzer die eingesetzte Computertechnologie nicht aktiv wahrnehmen zu müssen, was entscheidende Vorteile mit sich bringen kann. Der Benutzer kennt die Funktion, ist sich jedoch der die Funktion implementierenden Technologie nicht bewusst. Die Idee des Ubiquitous Computing ist in etwa vergleichbar mit der Verwendung von Schrift und Papier, wodurch Information langfristig gespeichert werden konnte. Die Anwendungen dieses Systems sind vielseitig und reichen von Büchern, Magazinen, Zeitungen bis hin zu Leuchtreklame, Straßenzeichen und Hinweisschilder. Die eigentliche Technologie des Schreibens ist heutzutage derart selbstverständlich, dass es nicht mehr aktiv als Technologie wahrgenommen wird. Sie wurde in den Hintergrund gedrängt und

wird von dort aus unbewusst benutzt. Die Übertragung der Information, der eigentliche Endzweck für den Benutzer erfolgt zuverlässig mit gleicher Qualität und die übertragene Information kann unmittelbar verwendet werden. Heutige Geräte zur Informationsverarbeitung sind größtenteils nicht in besagtem Hintergrund positioniert. Größte Aufmerksamkeit gilt der Technik um als Benutzer fähig zu sein die hereinbrechende Informationsflut zu bewältigen und geistig zu verarbeiten. (Mark Weiser, 1996).

#### *Antriebskraft für UbiComp – Umgebungswahrnehmung (Peripherie) – Kriterien*

Durch ständige Neuentwicklungen und dem schier unaufhaltsamen Leistungsanstieg in der Informations- und Kommunikationstechnologie wird in der Vision Mark Weisers ein ähnlicher Verlauf wie im Falle der Schrift erwartet. Demzufolge verschwindet Computertechnologie in herkömmlichen Alltagsgegenständen, wie etwa Kleidungsstücke, Schreibstifte, etc. und somit aus der aktiven Wahrnehmung des Benutzers. Sie verschwindet im Hintergrund bzw. dem Wortlaut der Impulsgeber für Ubiquitous Computing am Xerox Palo Alto Research Center (PARC) folgend, in der Peripherie („periphery“).

Peripherie meint, dass bestimmte Vorgänge keine explizite Aufmerksamkeit benötigen. Die Information im Hintergrund kann jedoch jederzeit in den Vordergrund treten, etwa bei starken Veränderungen im Inhalt der Information, die bedingen, dass die Aufmerksamkeit des Benutzers auf das sich verändernde Ereignis gelenkt wird. Die Folge ist, dass die Information schließlich explizit wahrgenommen werden muss. Ein Beispiel ist: Als Lenker in einem Fahrzeug benötigt die Strasse die volle Aufmerksamkeit, während das Fahrzeuggeräusch nicht explizit beachtet wird. Es befindet sich in der Umgebung, dem Hintergrund, der Peripherie. Verändert sich das Fahrzeuggeräusch sehr stark, sodass die Veränderung auf ein Problem schließen lassen könnte, wandert die begleitende Information aus dem Hintergrund ins Zentrum der Wahrnehmung. Dort kann auf die soeben transportierte Information aktiv reagiert werden. Eine Interaktion mit dem technischen System beginnt (Mark Weiser, 1996). Ist die Interaktion abgeschlossen, kann die aktiv wahrgenommene Information wieder in den Hintergrund abgeschoben werden.

Der Ablauf von Technologie im Hintergrund ermöglicht dem Benutzer sich auf neue bzw. wichtigere Aufgaben zu konzentrieren (auch eine grundlegende Eigenschaft von Ambient Displays, deren Erklärung in späteren Kapiteln folgen wird) und somit bestimmte Dinge effektiver lösen zu können, ohne den Fokus auf die Technologie richten zu müssen (Weiser,

1995). Ein weiterer Aspekt, der die Erfüllung des beschriebenen Kriteriums unterstützt, ist die Einbettung in die Umgebung, auf eine Art und Weise, die ein Erlernen des Umgangs mit dem Gegenstand nicht notwendig macht. Ein Mehraufwand in der Handhabung, der durch zusätzliches Erlernen von Techniken entstehen könnte, würde die Technologie zu sehr in das Zentrum der Wahrnehmung rücken und erhöhte Aufmerksamkeit gegenüber der Technologie erfordern, wodurch die eigentlichen Aufgaben, die es zu bewältigen gilt, auf der Strecke bleiben (Buxton, 1995).

Weiser versucht die Welt der Maschinen in die Welt der Menschen zu integrieren. Dies ist der entscheidende Aspekt im Konzept des Ubiquitous Computing. Weiser: "Machines that fit the human environment instead of forcing humans to enter theirs will make using a computer as refreshing as taking a walk in the woods."

### **2.1.2 Transparenz des User Interfaces**

Es geht in seiner Vision nicht darum, immer und überall auf Computer zugreifen zu können, sondern um eine Transparenz („transparency“) des User Interfaces. Mit Transparenz meint Weiser die Unsichtbarkeit des User Interfaces. Der Benutzer erkennt nicht, dass es sich um eine Schnittstelle zu einem Computersystem handelt. Im Gegensatz zur Verwendung eines Notebooks oder Mobiltelefons, wo der User offensichtlich und aktiv mit einem Computer interagiert. Die Verwendung derartiger Geräte wäre durchaus allgegenwärtig, ubiquitär in verteilten Systemen einsetzbar. Man denke dabei nur an die Möglichkeit mit einem Mobiltelefon, PDA, Handheld etc. in der U-Bahn oder an irgendeinem anderen beliebigen Ort seine E-Mails abfragen zu können oder das aktuelle Fernsehprogramm nach aufregenden Filmen zu durchsuchen. Überall und jederzeit, „anytime“ und „anywhere“, Daten zu empfangen, versenden und verarbeiten ist bei heutigem Stand der Technik Gang und Gebe, entspricht jedoch nicht der ursprünglich erdachten Idee des Ubiquitous Computing. In diesem Zusammenhang kommt es häufig zu einer Missinterpretation der Vision Weisers. Die Vision Weisers meint eine nahtlose Einbindung von informationsverarbeitender Leistung in die Lebensumgebung, die zur Folge hat, dass beim Benutzer kein aktives Bewusstsein über die Anwendung von Computertechnologie vorhanden ist. Es geht um eine „diskrete angepasste Unterstützung unseres Lebens in allen erdenklichen Lagen, bei der der Computer als sichtbares Gerät in den Hintergrund tritt und Raum schafft für einfachere, intuitivere

Interaktion mit dem System“ (Siemoneit, 2004). Das Ziel ist eine humanzentrierte Interaktion mit Computern und nicht eine technikzentrierte Interaktion.

Ein Beispiel für die oben erwähnte Transparenz oder Unsichtbarkeit von Interfaces, die die Grundlage in der Überlegung von Marc Weiser bildet, ist das Projekt „Bottles“ von Hiroshi Ishii. Bottles ist eine Art „Tribute“ für die große gedankliche Leistung Marc Weisers. Marc Weiser selbst betonte in einem Gespräch mit Ishii, dass Ishii mit einem seiner früheren Projekte, „Tangible Bits“, 1997, als erster die häufige Missinterpretation seiner Idee aufzuklären vermochte. „Bottles“ ist ein System, das die gewonnenen Erkenntnisse aus „Tangible Bits“ aufgreift und somit der eigentlichen Intention des Ubiquitous Computing nachkommt. Im Folgenden sollen nun das „Tangible Bits“-Konzept und „Bottles“ kurz skizziert werden um eine bessere Vorstellung vom Konzept des Ubiquitous Computing und seinen transparenten Interfaces zu erhalten. Gerade „Tangible Bits“ ist in Hinblick auf zentrale Kapitel über Ambient Displays von großer Wichtigkeit, da „Tangible Bits“ Techniken von Ambient Displays bzw. Ambient Displays Techniken von „Tangible Bits“ berücksichtigen.

Tangible Bits von Hiroshi Ishii:

„Tangible Bits“ ist ein Projekt aus dem Jahr 1997 von Hiroshi Ishii und Brygg Ullmer Es wurde entwickelt am MIT Media Laboratory. Da der Mensch sich zunehmend in der physikalischen Welt gleichermaßen aufhält, wie in der digitalen Welt, war das Ziel von Tangible Bits diese beiden Welten nahtlos miteinander zu verbinden, sodass der Mensch in beiden Welten gleichzeitig bzw. simultan aktiv sein kann. Es entspricht demnach genau der ursprünglichen Vision des Ubiquitous Computing, die genau diese nahtlose Einbettung von digitaler Informationsverarbeitung vorsah. „Tangible Bits“ war die Entwicklung einer neuen Form von HCI (Human Computer Interaction), die sich löste von der herkömmlichen Desktop GUI Metapher. Zentral hierbei, war die Aufteilung in drei unterschiedliche Konzepte.

- Interactive Surfaces:

Das Erscheinungsbild architektonischer Räume ist angereichert mit physischen Objekten verschiedenster Art. Jedes dieser Objekte besitzt Oberflächen der Größe des Objekts entsprechend. So sind etwa Wände fixer Bestandteil jedes geschlossenen Raumes, sei es nun eine Wohnung, ein Büro oder ein öffentliches Verwaltungsgebäude. Diese Oberflächen sind

jedoch „tote“ Objekte. Die Idee der „Interactive Surfaces“ ist es nun, diese Oberflächen zum Leben zu erwecken und in aktive Objekte zu verwandeln. Ist die Oberfläche aktiv, so dient die Oberfläche als verbindendes Element zwischen digitaler und physischer, atomarer Welt. Die Interaktion mit einem Computersystem erfolgt also über das „Interactive Surface“. Mögliche Oberflächen (Surfaces) könnten etwa Wände, Schreibtische, Türen oder Fenster sein, die letztendlich als Schnittstelle zum Computer fungieren.

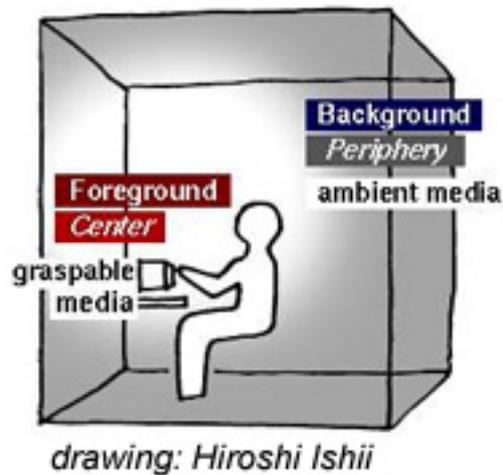
- Coupling Bits and Atoms:

Haptisch empfindbare Alltagsgegenstände werden zum Verbindungsglied zwischen virtueller Welt und realer Welt. Derart angereicherte Gegenstände können als Kontrollinstrument für digitale Verarbeitung verwendet werden. So lassen sich bestimmte Abläufe im Computersystem lenken und steuern.

- Ambient Media:

Das Konzept von Ambient Media spielt gerade im Zusammenhang mit dieser Arbeit eine herausragende Rolle. Es entspricht genau jenem Prinzip, das Ambient Displays als Grundlage besitzen. Die Verdrängung von vordergründig nicht wichtiger Information in den Hintergrund der menschlichen Wahrnehmung beruhigt das Umfeld der Menschen und ermöglicht somit eine Reduktion der digitalen Informationen, die ein Benutzer verarbeiten muss. Denkbare Medientypen können sein Wasser, Luft, Licht, Schall, etc. (Ishii et al., 1998)

Abbildung 1 zeigt das Konzept und die Gestaltung von „Tangible Bits“ Umgebungen. Wesentlich ist die Unterteilung der Umgebung in Vordergrund (Foreground) und Hintergrund (Background). Sie entspricht der unterschiedlichen Fokussierung der Aufmerksamkeit auf bestimmte Informationen und Interaktionen. Der Hintergrund verlangt keine konzentrierte Aufmerksamkeit, während der Vordergrund ungeteilte Aufmerksamkeit erfordert. Ein Wechsel zwischen den beiden Bereichen soll fließend möglich sein. Das bedeutet, dass jederzeit Information aus dem Hintergrund in den Vordergrund treten kann und schließlich nach Beendigung der Interaktion wieder dort hin verschwindet.



**Abbildung 1 Tangible Bits, Ambient Room**

Mit diesen drei wesentlichen Konzepten der „Tangible Bits“ soll die besagte nahtlose Verbindung zwischen digitaler und physikalischer Umgebung geschaffen werden. Die Abwendung von der herkömmlichen Desktop GUI Interaktion mit Computern ermöglicht eine natürlichere Interaktion mit der virtuellen Welt. Durch die Miteinbeziehung von Alltagsgegenständen als Schnittstelle zum Computer ist eine intuitive Bedienung und Kontrolle der digitalen Verarbeitung möglich. Das Ziel, dass sich Technik der menschlichen Umgebung anpasst und nicht umgekehrt, soll somit erreicht werden (Ishii & Ullmer, 1997) . Dies waren auch die zentralen Forderungen in der Idee des Ubiquitous Computing; eine „Beruhigung“ der von Technologie durchdrungenen Umgebung des Menschen, die bisher ständig die Konzentration und Aufmerksamkeit der Benutzer auf sich zieht. Klingende Mobiltelefone, piepsende Pager, blinkende Displays etc. erschaffen Umweltbedingungen, die den Fokus der Aufmerksamkeit nicht ungeteilt auf eine konkrete Tätigkeit zulassen (Mark Weiser, 1996).

Im nächsten Absatz wird das Projekt „Bottles“ beschrieben. Es gilt als ein Musterbeispiel für „ruhige Technologie“ (Calm Technology), also die nahtlose und unsichtbare Einbindung von Technologie in Alltagsgegenstände ohne dabei dem Benutzer technische Hürden aufzubürden.

Bottles von Hiroshi Ishii:

Flaschen („Bottles“) sind in der menschlichen Kultur seit Jahrtausenden fest verankert. Der Umgang mit Flaschen ist für jeden zeit seines Lebens eine Selbstverständlichkeit und verursacht keinerlei Schwierigkeit im Verständnis der zweckmäßigen Verwendung. Ishii füllte Flaschen nicht mit physischem Inhalt, sondern mit digitaler Information. In diesem Fall

wurden die Flaschen mit beliebigen Musikstücken „gefüllt“, die beim Öffnen bzw. Verschließen, abgespielt bzw. beendet wurden. Das Projekt „Bottles“ zeigt eine perfekte Einbettung digitaler Information in die physische Umgebung. Die Bedienung ist selbstverständlich, da sie der täglichen Interaktion mit dem physischen Objekt entspricht. Der Fokus, die konzentrierte Aufmerksamkeit des Benutzers ist nicht technikorientiert, sondern humanzentriert. Das Interface ist nicht mehr sichtbar im Sinne von aktiver Wahrnehmung, sondern transparent. „Bottles“ entspricht exakt der Vorstellung Weisers, Technologie in Alltagsgegenstände und Lebensumgebung zu integrieren ohne dabei dem Benutzer Technik aufzudrängen. Die Bedienung der Flasche muss nicht eingeübt werden. Sie kann von jedem auf richtige, zweckmäßige Art und Weise angewandt werden.

Das Projekt demonstriert, wie sich neue Formen von Human Computer Interaction alltägliche Verhaltensweisen von Menschen zu Nutzen machen können. „Bottles“ bedient sich dem fest verankerten Erfahrungsschatz des Benutzers in der Handhabung von Flaschen. Die Technologie ist unaufdringlich und unsichtbar. Die Bedienung des Geräts eine Selbstverständlichkeit (Ishii, 2004) .



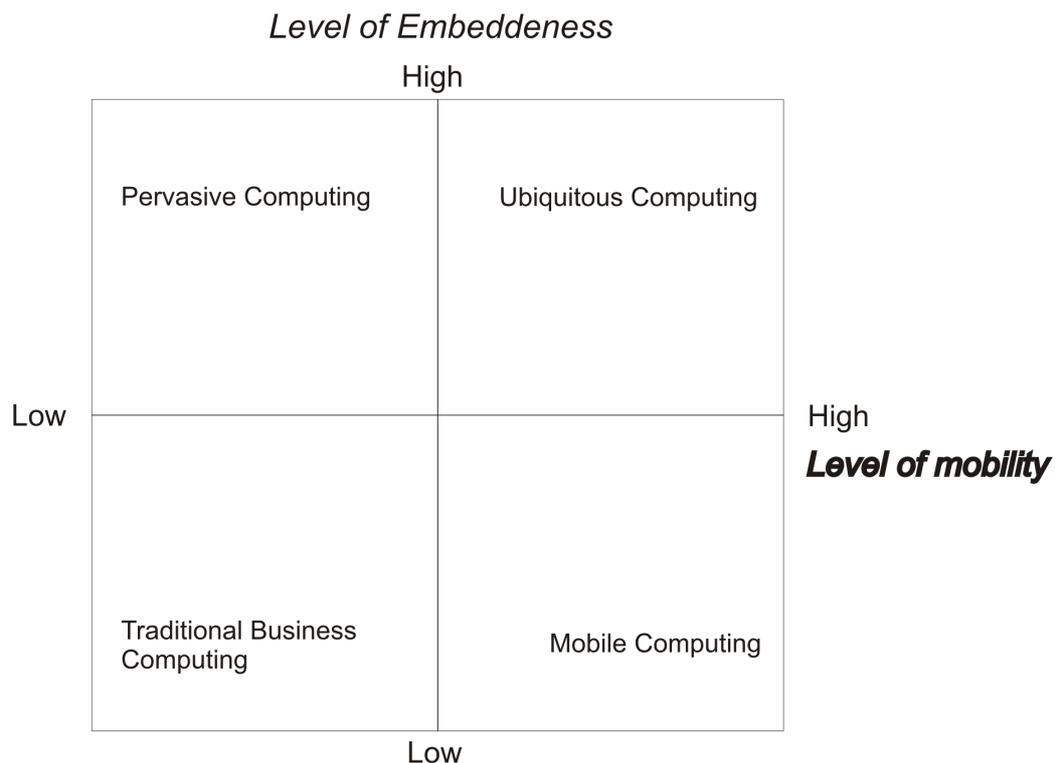
**Abbildung 2 Bootles Projekt auf der Ars Electronica, Linz, 2001**

„Weiser sieht die Technik als Mittel zum Zweck an, die in den Hintergrund treten sollte, um eine Konzentration auf die Sache an sich zu ermöglichen. Der PC als Allroundwerkzeug sei hierfür der falsche Ansatz, da dieser auf Grund seiner Komplexität die Aufmerksamkeit zu sehr in Anspruch nehme“, schreibt Friedemann Mattern von der ETH Zürich, der somit das Konzept Weisers in aller Kürze sehr treffend formuliert (Mattern, 2001).

## **2.2. Ubiquitous Computing und Realität**

Ubiquitous Computing konnte bisher als praktische Umsetzung nicht realisiert werden. Es bleibt weiterhin vordergründig Gedankenmodell und den Forschungslabors dieser Welt vorbehalten. Wesentlich bedeutsamer als die bis zu jetzigem Zeitpunkt ausgebliebene Verwirklichung der Idee Weisers ist Ubiquitous Computing als Inspirationsquelle.

Möglicherweise wären technische Orientierungen bzw. Konzepte wie Pervasive Computing, Ambient Intelligence, Mobile Computing, etc. in ihrer Entwicklung niemals so weit, wie sie heute sind, hätte es den Einfluss des Ubiquitous Computing nie gegeben. Abbildung 3 (Lyytinen & Yoo, 2002) zeigt die Einordnung der unterschiedlichen Disziplinen (Pervasive Computing, Ubiquitous Computing, etc.) nach dem Grad der Einbettung von Technologie in die Umgebung (Level of Embeddedness). Die Abbildung soll dazu dienen, den Gesamtkontext in dem Ubiquitous Computing angesiedelt ist, besser erfassen zu können.



**Abbildung 3** Einordnung von Arten des Computing nach Grad der Einbettung gegenüber Grad der Mobilität

Die in der Abbildung ersichtlichen technischen Dimensionen sind Pervasive Computing, Mobile Computing, traditionelles Business Computing und Ubiquitous Computing, wobei auf die Erläuterung von Business Computing verzichtet wird, da Business Computing im Zusammenhang mit den späteren zentralen Kapitel über Ambient Displays eine zu vernachlässigende Rolle spielt. Die ersten beiden Dimensionen (Mobile Computing, Pervasive Computing) weisen starke Ähnlichkeiten und Überlappungen mit Eigenschaften von Ubiquitous Computing auf, insbesondere Pervasive Computing. „Gemeinsam ist den beiden Orientierungen das Ziel einer nachhaltigen Unterstützung des Menschen sowie einer durchgängigen Optimierung wirtschaftlicher Prozesse durch eine Vielzahl von in die Umgebung eingebrachter Mikroprozessoren und Sensoren“ (Friedemann Mattern, 2005) . Es

sind Ausprägungen verschwindender, ruhiger Informations- und Kommunikationstechnik. Häufig wird Pervasive Computing auch als Synonym für Ubiquitous Computing verwendet und eine Unterscheidung lediglich in akademisch-idealistischer Weise getroffen. Die einzelnen Ausprägungen haben folgende Bedeutung, die nun in kurzer, prägnanter Form zusammenfassend dargestellt wird (Siemoneit, 2004):

#### Mobile Computing:

Die Informationssysteme bewegen sich physikalisch mit dem Benutzer, der dadurch jederzeit und an jedem Ort (anytime, anywhere) die Möglichkeit der Datenverarbeitung hat. Die Systeme sind auf Benutzereingaben und Anweisungen angewiesen, d.h. sie besitzen nicht die Fähigkeit sich der Umgebung selbstständig und dynamisch anzupassen.

#### Pervasive Computing:

Das Informationssystem ist nicht mehr sichtbar, sondern in die Lebensumgebung integriert. Das System kann somit Eigenschaften über seine Umgebung selbst erkennen (Context Awareness). Durch den Einsatz einer intelligenten, sensorbestückten, kommunikationsfähigen Umgebung wird das hohe Maß an „Context Awareness“ ermöglicht. Pervasive Computing ist somit dem Ubiquitous Computing ausgesprochen ähnlich. Es weist jedoch eine sich vom Ubiquitous Computing unterscheidende Akzentuierung auf. Der Schwerpunkt liegt auf einem eher pragmatischen, wirtschaftlich nutzbringenden Verständnis. Das primäre Ziel ist es, die überall eindringende und allgegenwärtige Informationsverarbeitung durch den Einsatz bereits vorhandener, ausgereift entwickelten Mobile Computing Technologien schon kurzfristig nutzbar zu machen. In vielerlei Hinsicht bleibt allerdings die Unterscheidung zwischen den drei Begriffen eher akademisch (Friedrich Mattern, 2005).

#### Ubiquitous Computing:

Der Übergang von Pervasive Computing zu Ubiquitous Computing ist fließend. Der größte Unterschied liegt darin, dass nicht nur in lokal begrenzten Lebensräumen, wie es im Pervasive Computing der Fall ist, intelligente Systeme integriert sind, sondern die Einbindung von Computertechnologie alle Lebensbereiche und Lebensumgebungen durchdringt. Der Grad der Einbettung und der Grad der Mobilität sind in diesem Bereich am höchsten (Lyytinen & Yoo, 2002).

Durch die Beschreibung der Systeme und die Einordnung in das Schema von (Lyytinen & Yoo, 2002) (Abb.3) konnten bereits einige Charakteristiker von Ubiquitous Computing hervorgehoben werden. Im Folgenden soll eine kurze Auflistung der wichtigsten Eigenschaften gezeigt werden, die zusammenfassend Voraussetzungen, Bedingungen und Grundkriterien für die Entwicklung von Ubiquitous Computing Anwendungen darstellen.

### **2.3. Eigenschaften, Voraussetzungen von und für die Umsetzung von Ubiquitous Computing Anwendungen**

„The real power of the concept comes not from any of these devices – it emerges from the interaction of all of them“ (Weiser, 1995) . Dieses Zitat Weisers beschreibt bereits ein erstes grundlegendes Ziel von Ubiquitous Computing. Weitere wichtige Eigenschaften, die als technische Voraussetzung für die Entwicklung von Ubiquitous Computing Anwendungen gelten, sind:

Miniaturisierung:

Der Fortschritt in der Mikroelektronik ist wesentliche Antriebskraft für die Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von Ubiquitous Computing Anwendungen. Prozessoren, Speicherbausteine, Sensoren etc. werden immer kleiner und somit portabler. Der minimale Energiebedarf und die billigen Preise erlauben die Entwicklung von Anwendungen, die nicht mehr abhängig von der Umgebung sind. Somit können winzig kleine, eigenständige Informations- und Kommunikationssysteme entwickelt werden, wie sie beispielsweise in jedem Mobiltelefon zu finden sind.

Einbettung:

Durch die Möglichkeit der billigen Herstellung von kleinen Bausteinen zur Informationsverarbeitung ist es auch möglich diese in andere Geräte und Gegenstände des täglichen Gebrauchs einzubetten. Geschieht dies, wird für derartige Gegenstände häufig der Begriff „smart object“ verwendet. Demzufolge könnte nun jeder beliebige Gegenstand zu einem eigenen Informations- und Kommunikationssysteme werden, sei es eine Kaffeemaschine in der Küche einer Studentenwohnung oder ein *Whiteboard* in einem Großraumbüro. Dies entspricht auch der Vorstellung Weisers, in der Computer nicht mehr

offensichtlich erkennbar sind. Lediglich die informationsverarbeitende Funktion eines solchen Gegenstands lässt auf Rechnerleistung schließen.

Vernetzung:

Durch höhere Bandbreiten und die Verbreitung von drahtlosen Netzwerkverbindungen sind die einzelnen Komponenten in der Regel miteinander vernetzt. Die Vernetzung ist sowohl lokal, als auch global, beispielsweise über Internet. Der Datenaustausch erfolgt drahtlos.

Allgegenwart:

Diese miniaturisierten Informations- und Kommunikationssysteme sind in Zukunft allgegenwärtig. Durch den Einsatz von „smart object“ wird eine unauffällige und unsichtbare Verwendung der implementierten Dienste möglich. Diese Informations- und Kommunikationssysteme besitzen auch die Fähigkeiten bestimmte Routinen selbstständig durchzuführen.

Kontextsensitivität:

Die Systeme können über die in den Bestandteilen eingebauten Sensoren Informationen über ihre Umgebung gewinnen (Kontext). Unterschiedliche Formen von Kontext sind denkbar. Bereits in heutigen Anwendungen häufig realisiert, ist die Fähigkeit das lokale Umfeld selbstständig zu erkennen. Man spricht in diesem Fall vom lokalen Kontext. Weiters kennen die Systeme ihre eigene Identität, beispielsweise durch den Einsatz von RFID (Radio Frequency ID) Tags. Somit wissen Ubiquitous Computers wer sie sind und wo sie sind und haben die Möglichkeit ihr Verhalten dem Kontext entsprechend anzupassen bzw. zu verändern. Der lokale und subjektive Kontext (die Erkennung der eigenen Identität) ließe sich durch Fragen nach dem Wann, Was und Warum ergänzen. Diese vollständige Erkennung von Kontext ist bei heutigem Stand der Wissenschaft noch nicht möglich (Abowd, Mynatt, & Rodden, 2002).

Modularität:

Pervasive Computing oder Ubiquitous Computing Anwendungen lassen sich nicht auf isolierte, einzelne Informations- und Kommunikationssysteme beschränken. Derartige

Systeme sind nur in ihrer gegenseitigen Ergänzung als verteiltes System nutzbringend. Da die einzelnen Informations- und Kommunikationssysteme für sich in ihrer Funktionalität stark beschränkt sind, ist der modulare Aufbau eine weitere wesentliche Eigenschaft. Der modulare Aufbau ermöglicht es, ein einzelnes Informations- und Kommunikationssystem mit anderen Informations- und Kommunikationssystemen zu kombinieren. Durch die Kombination entstehen neue Funktionalitäten für den Benutzer. Die Synergien zwischen den einzelnen Bausteinen ergeben das Gesamtsystem. Erst dadurch kann die limitierte Funktionalität der Einzelmodule überwunden und nutzbringend vom Benutzer verwendbar gemacht werden (Siemoneit, 2004).

## ***2.4. Zusammenhang von Ubiquitous Computing und Ambient Displays***

Ubiquitous Computing verändert den Umgang mit Computern nachhaltig. Durch die Integration in die Umgebung, durch das Verschwinden offensichtlicher Geräte zur Informationsverarbeitung verändert sich auch die Form der Bedienung von Eingabe und Ausgabegeräten. Input erfolgte bisher als explizite Kommunikation mit einem Computer. Nun ist durch neuartige Techniken auch eine implizite Kommunikation möglich. Das Computersystem erkennt automatisch bestimmte Situation, die weiters als Anlass zur Informationsverarbeitung herangezogen werden. Durch winzige Informations- und Kommunikationssysteme, Sensortechnik, Mikroelektronik, etc (siehe hierfür den letzten Absatz, der die technischen Voraussetzungen für Ubiquitous Computing Anwendungen beschreibt) ist die Schaffung einer Lebensumgebung, die potentiell jeden beliebigen Alltagsgegenstand als Informationssystem verwenden könnte, leicht realisierbar. Doch wie soll der mögliche Benutzer mit dem Übermaß an Eingabegeräten, Ausgabegeräten und allgegenwärtigen Informationssystemen umgehen? Die Vision Weisers des Ubiquitous Computing sah eine Beruhigung der Lebensumgebung durch den allgegenwärtigen Einsatz von Computertechnologie vor. Es erscheint paradox, dass gerade durch eine Vermehrung an Input/Output-Geräten, an Möglichkeiten der Interaktion mit Computern, die Lebensumgebung des Menschen von „aufdringlicher“ Technologie befreit werden soll. In der Tat ist es problematisch auf diese Art und Weise keine kognitive Überforderung des Benutzers zu erwirken. Der „Information Overload“ scheint schwierig zu vermeiden sein. Aus diesem Grund werden ständig Techniken entwickelt, die dieser Gefahr des „Information Overload“ und der Reizüberflutung entgegensteuern.

Ein Mittel ist die Trennung der fokussierten Aufmerksamkeit des Benutzers in aktive und passive Wahrnehmung. Es wird unterteilt in einen vordergründigen Bereich, der die volle Konzentration benötigt und in einen „peripheren“, hintergründigen Bereich. Dieser Bereich der hintergründigen Wahrnehmung liefert Informationen, die nicht die volle Aufmerksamkeit benötigen. Durch die Trennung in Vordergrund und Hintergrund (Foreground, Background) kommt es zu einer Entlastung der erforderlichen Aufnahme und Transformation von Information. Die Verringerung der aktiv zu verarbeitenden Information trägt wesentlich zu der angestrebten Beruhigung der Lebensumgebung bei. Das in einem früheren Abschnitt beschriebene Projekt „Tangible Bits“ entspricht exakt dieser notwendigen Unterteilung (Ishii et al., 1998).

Ambient Displays bieten die Möglichkeit periphere Information darzustellen bzw. zum Empfänger zu transportieren. Sie erlauben die oben beschriebene Trennung und verlagern einen Teil der Information in den Hintergrund („periphery“), wodurch sich der Benutzer auf zentrale Aufgabe konzentrieren und seine Aufmerksamkeit auf wesentliche Informationen fokussieren kann (Wisneski et al., 1998). Aus der Funktion eines Raumteilers für informationsverarbeitende Medien heraus, ergibt sich auch die Wichtigkeit und Notwendigkeit von Ambient Displays. In einer Zeit in der sich die reale Welt der Informationstechnologie immer mehr der Vision Weisers des Ubiquitous Computing annähert, ist dem Bereich der Ambient Displays große Bedeutung beizumessen.

Das nächste Kapitel bietet eine Einführung in den Bereich von Ambient Displays. Es beschreibt detailliert Sinn und Zweck, zeigt wesentliche Eigenschaften von Ambient Displays und behandelt technologische Aspekte für die Umsetzung und den Einsatz von Ambient Displays.

### **3. Allgemeines zu Ambient Displays**

Dieser Abschnitt geht konkret auf allgemeine Frage im Zusammenhang mit Ambient Displays ein. Kapitel 2 formte das Grundgerüst und den Rahmen, in dem Ambient Displays anzusiedeln sind. An dieser Stelle wird erläutert, warum eine Notwendigkeit für die Entwicklung und den Einsatz von Ambient Displays besteht. Weiters wird versucht eine Definition zu entwickeln, die in kurzer Form, die Charakteristik von Ambient Displays auf den Punkt bringt. Darauf aufbauend wird das Feld der Ambient Displays zu anderen

ähnlichen Arten von Displays abgegrenzt. So sollte dem Leser eine genaue Vorstellung von Ambient Displays möglich sein.

### **3.1. Motivation für Ambient Displays**

In Kapitel 2 wurden Ideen und Konzepte beschrieben, die die Grundlage für die Umsetzung der Vision des Ubiquitous Computing bilden. Die laufenden Entwicklungen in Technologien der Informationsverarbeitung nähern sich immer stärker dieser Vision an. Der Mensch ist nicht nur mit einem Informations- und Kommunikationssystem konfrontiert, sondern ist von einer Vielzahl an Interaktionsmöglichkeiten mit dem Computer umgeben. Handy, PDA, Notebook, etc. sind für viele Menschen zur Selbstverständlichkeit geworden. Das User Interface an sich hat sich bisher jedoch nicht stark von der ursprünglichen, alt bewährten Desktop Metapher der Windows-, Mac-, etc. Systeme weiterentwickeln können. Das häufigste Ausgabemedium ist nach wie vor ein viereckiges Display. Dieses Display überliefert Unmengen an für den Benutzer zu verarbeitender Information. Man denke dabei nur an einen PC, der unterschiedlichste Programme und Informationsdienste zur Verfügung stellen kann. Folgende Situation ist alltäglich und jeder Benutzer von PCs wird mit derartigen Umständen bereits konfrontiert worden sein: Textverarbeitung in einem Fenster, Internetrecherche in einem anderen Fenster, Benachrichtigung, dass 3 neue E-Mails im Postkasten gelandet sind, eine neue „Instant- Messenger“ - Meldung blinkt in einem anderen Teil des Displays auf.

In derartigen „Desktop Computing“ – Umgebungen, in denen das Verhältnis Computer zu Benutzer einem 1:1 Verhältnis entspricht, sind die Methoden der Interaktion gut erforscht und effizient einsetzbar. Die übertragene Information ließe sich vom Benutzer ohne größere Probleme verarbeiten. Als weniger sinnvoll erweisen sich diese Methoden für Umgebungen in denen mehrere Eingabe- und Ausgabegeräte auf eine einzelne Person abzielen, also einem Verhältnis, das n:1 und nicht 1:1 entspricht. Als Beispiel ergänze man obiges Desktop-Szenario durch einen gleichzeitig empfangenen Anruf auf dem Mobiltelefon oder eine Terminbenachrichtigung am PDA. Der User muss nun nicht mehr ein einzelnes Gerät bedienen, sondern mehrere Geräte. Er ist dazu gezwungen seine bisherige Aktivität zu unterbrechen und eine neue Aktivität zu beginnen (Heiner, Hudson, & Tanaka, 1999). Die Liste an derartigen Informations- und Kommunikationssystemen, die parallel in Betrieb sind und somit zu potentiellen „Aktivitätsunterbrechern“ werden, ließe sich endlos fortsetzen.

Allen gemein ist, dass sie die Aufmerksamkeit des Benutzers auf sich ziehen. Für die Verarbeitung der dargebotenen Information muss der Benutzer die bisherige Tätigkeit beenden um eine andere beginnen zu können, da herkömmliche Desktop User Interfaces darauf beruhen, die einzelnen transportierten Informationseinheiten ins Zentrum der Benutzerwahrnehmung zu setzen.

Das gleichzeitige Fokussieren mehrerer Aufgaben ist nahezu unmöglich. Der Benutzer kann aktiv höchstens mit ein oder zwei Geräten bzw. User Interfaces gleichzeitig interagieren (Mynatt & Dey, 2003). Diese Tatsache findet seine Entsprechung in der „Theory of feature integration“, die besagt, dass es bei höherem Komplexitätsgrad der zu verarbeitenden Information unabdingbar ist, die Aufmerksamkeit ungeteilt auf die eine bestimmte Aufgabe zu richten (Treisman & Gelade, 1980). Selbst Weiser betonte in seiner Vision über Ubiquitous Computing (die im Kapitel 2 ausführlich beschrieben worden ist), dass in zukünftigen Szenarien, sich die meisten Computer nicht im Zentrum der Wahrnehmung befinden werden (Weiser, 1995).

Die starke Anreicherung der Lebensumgebung mit Informations- und Kommunikationssystemen erfordert neuartige Methoden und Techniken in Bezug auf Human Computer Interaction. Zweckmäßig wäre ein Interaktionssystem, das dem natürlichen Wahrnehmungssinn des Menschen entspricht. Die natürliche Umwelt des Menschen ist ebenfalls reich an unterschiedlichsten Reizen (bzw. Informationsquellen, möchte man Analogien zur Welt des Ubiquitous Computing herstellen), die der Mensch durch seine Sinne wahrnehmen und verarbeiten kann. Die Verarbeitung erfolgt jedoch nicht erst durch die aktive Wahrnehmung einer bestimmten Quelle oder die Fokussierung auf einen bestimmten Reiz, sondern vollzieht sich eher unbewusst in der Passivität. Der Mensch besitzt die Fähigkeit nicht ungeteilt allen Informationsquellen seine volle Aufmerksamkeit schenken zu müssen. Ein Beispiel, der diese Fähigkeit in einem Experiment belegt, ist der so genannte Cocktail Party Effekt. Dieser Effekt meint die Fähigkeit des menschlichen Gehörs selektiv bestimmte Schallquellen zu hören und andere wiederum zu unterdrücken und nicht wahrzunehmen. Auf einer Cocktail Party, an der hunderte Personen teilnehmen, kann sich das Gehör nur auf die Stimme des Gesprächspartners einstellen (sofern das Gehör dies wünscht). Die restlichen Gespräche werden nur als Umgebungsgeräusch wahrgenommen (Cherry, 1953). Die „akustische Erkenntnis“, dass sich sehr viele Menschen auf der Cocktail Party befinden müssen, bleibt durch die Geräusche erhalten. Diese Information wird transportiert und

wahrgenommen, obwohl der Fokus der Aufmerksamkeit nicht auf alle Quellen gleichzeitig gerichtet ist. Weiters wurde festgestellt, dass das einfache Erkennen von Veränderung in visuellen Darstellungen, nicht die volle Aufmerksamkeit erfordert. Der Benutzer erfasst die Änderung auch ohne die Darstellung zu fokussieren. Hingegen ist die Erlangung des Wissens über die genaue Bedeutung der Veränderung daran gebunden, die Aufmerksamkeit fokussiert auf die Visualisierung zu richten (Sagi & Julesz, 1985), ein Aspekt, der für die Gestaltung und Entwicklung von Ambient Displays wesentlich ist.

Diese Fähigkeit bzw. Eigenschaften des Menschen können sich nun neuartige Formen der Human Computer Interaction zu Nutze machen. „Ubiquitous Computing“ - Szenarien, die eine allgegenwärtige Präsenz von Computern in der Lebensumgebung darstellen, lassen sich durchaus mit oben beschriebener Cocktail Party vergleichen. Es ist unmöglich und nicht zweckmäßig, alle vorhandenen, sich umgebenden Informationsquellen mit gleicher Aufmerksamkeit zu erfassen. Die Folge wäre ein „Information Overload“, ein Überangebot an Information, das nicht vollständig aufgenommen werden kann. Deswegen ist das Unterdrücken (um die gleiche Begrifflichkeit, wie im Falle des Cocktail Party Effekt zu verwenden) der nicht unmittelbar notwendigen Information von großem Nutzen. Die unterdrückte Information ist jedoch nicht gänzlich verloren, sondern bleibt in der Umgebung der Wahrnehmung.

Ambient Displays erlauben genau diese Verschiebung von bestimmten Informationen in die Umgebung (Peripherie) der Wahrnehmung. Geeignet sind Informationen, die keine unmittelbare Fokussierung erfordern, keine direkte Aufmerksamkeit benötigen. Ambient Displays ermöglichen, sich bestimmten Zuständen bewusst und über bestimmte Zustände informiert zu bleiben. Beispielsweise ist die Darstellung des Wetters als globaler, sich nicht in kurzen Zeitabständen verändernder Zustand, über ein Ambient Display möglich. Man bleibt durch die Wahrnehmung der Umgebung, in der sich Ambient Displays befinden, über den Zustand des Wetters informiert, muss jedoch nicht seine ganze Aufmerksamkeit der Beobachtung des Wetters widmen. In späteren Kapiteln folgen weitere Beispiele und Anwendungen von Ambient Displays und eine Auflistung wichtiger Eigenschaften.

Dieser Abschnitt diente der groben Beschreibung von Ambient Displays. Es wurde versucht die Notwendigkeit von und somit die Motivation für Ambient Displays herauszuarbeiten, speziell hinsichtlich zukünftiger Lebensumgebungen, die sich tendenziell durch

allgegenwärtige Anreicherung mit Computertechnologie auszeichnen. Der folgende Abschnitt definiert Ambient Displays allgemein nach verschiedenen Kriterien. Die Definition erlaubt eine Abgrenzung zu anderen Formen von Displays und soll die grundsätzlichen Charakteristiker beschreiben.

### **3.2. Definition von Ambient Displays**

Dieser Abschnitt beschreibt verschiedene Definitionen von Ambient Displays. Die Definitionen dienen auch als Abgrenzung zu anderen Formen von Displays und Anwendungen von Ubiquitous Computing. Es folgt zu Beginn eine Auflistung von gängigen, anerkannten Definitionen, die in der Literatur in leicht abweichender Form immer wieder zu finden ist. Schließlich wird auf Grund der Gemeinsamkeiten der verschiedenen Definitionen eine eigene Definition von Ambient Displays entwickelt.

#### **3.2.1 Häufige Definitionen von Ambient Displays**

Zahlreiche Institute und Forschungseinrichtungen sind an der Entwicklung und Erforschung von Ambient Displays in den unterschiedlichsten Ausprägungen beteiligt. Demnach gibt es auch eine Vielzahl an unterschiedlichen Definitionen, die sich in ihrem Kern sehr stark ähneln. Dies zeigt, dass offenbar große Einigkeit in der Auslegung von Ambient Displays vorherrscht. Die folgende Auflistung zeigt einige dieser gängigen Definitionen:

Mankoff et al.:

*Ambient displays are aesthetically pleasing displays of information which sit on the periphery of a user's attention. They generally support monitoring of non-critical information to the domain of ambient displays. Ambient displays have the ambitious goal of presenting information without distracting or burdening the user (Mankoff et al., 2003).*

*An ambient display normally communicates on the periphery of human perception, requiring minimal attention and cognitive load. Perceptual bandwidth is minimized; users get the gist of the state of the data source through a quick glance, aural refocus, or gestalt background ambience. A common usage for ambient displays is to support the awareness of data sources.*

*Ambient displays are not limited to only visual displays. A slightly opened door is an example of an ambient display, and the information that one obtains through the peripheral senses could be visual, audio, and/or olfactory (Mankoff et al., 2003).*

Wisneski et al:

*Ambient Displays takes a broader view of display than the conventional GUI, making use of the entire physical environment as an interface to digital information...information is moved off the screen into the physical environment, manifesting itself as subtle changes in form, movement, sound, color, smell, temperature, or light...Ambient Displays are well suited as a means to keep users aware of people or general states of large systems... (Wisneski et al., 1998).*

Plaue et al:

*Ambient Displays are designed not to distract people from their tasks at hand but to be subtle, calm reminders that can be occasionally noticed.... The displays also frequently contribute to the aesthetics of the locale in which they are deployed...Ambient Displays convey only one piece of information (Plaue, Miller, & Stasko, 2004) .*

Ames, Dey:

*Ambient Displays are ubiquitous computing devices that provide a continuous stream of information in a peripheral, non-obtrusive way. Ambient Displays are particularly good at monitoring and displaying in a simple manner the status of a complex system, but can provide us with any information about the world that we do not need or want to directly attend to...Ambient Displays reduce a user's cognitive load by alerting the user to an interesting development, rather than requiring the user to occasionally check the status of an information source(Ames & Dey, 2002).*

Heiner et al:

*Ambient Displays are designed to convey background and context information that the user may or may not wish to attend to at any given time. Ambient Displays are designed to work primarily in the periphery of a user's awareness, moving to the center of attention only when appropriate and desirable (Heiner, Hudson, & Tanaka, 1999).*

Streitz et al:

*Ambient Displays are designed to display information without constantly demanding the user's full attention. Ambient Displays are envisioned as being all around us and thereby moving information off the more conventional screens into the physical environment. They present information via changes in light, sound, movement of objects, smell, etc (Streitz et al., 2003)*

Eine einheitliche standardisierte Definition von Ambient Displays gibt es derzeit nicht. Die bisherigen Definitionen, die im Rahmen von Entwicklungsprojekten und Forschungsprojekten im Bereich Ambient Displays entstanden, zeigen aber etliche Überschneidungen auf und unterscheiden sich nur geringfügig voneinander. Die wesentlichsten Kriterien, die ein Display als Ambient Display gelten lassen, sind demnach:

- Ambient Displays sind in die physische Umgebung integriert und werden nur peripher wahrgenommen.
- Ambient Displays übertragen demnach Informationen, die nicht die volle Aufmerksamkeit des Benutzers erfordern. Ambient Displays befinden sich nicht im Zentrum der Wahrnehmung. Die erforderte Aufmerksamkeit mit der Ambient Displays wahrgenommen werden, ist minimal.
- Ambient Displays treten aus dem Hintergrund in den Vordergrund, wenn dies vom Benutzer gewünscht wird oder vom Benutzer als angemessen angesehen wird und beabsichtigt ist. Ambient Displays übertragen nicht viel mehr als eine Informationseinheit.
- Ambient Displays übertragen Informationen von geringer oder mittlerer Wichtigkeit bzw. Priorität.
- Ambient Displays drängen sich nicht auf. Es ist nicht Zweck von Ambient Displays durch aufdringliche Signale die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen. Der Übergang von Veränderungen des Ambient Displays, die eine Änderung in der Datenquelle bedeuten, soll ruhig und unauffällig erfolgen und den Benutzer nicht dazu zwingen seine bisherige Tätigkeit zu unterbrechen.

- Ambient Displays sollen das Potential an kognitiver Belastung bzw. Überlastung (welches gerade in Ubiquitous Computing Szenarien sehr hoch ist) des Benutzers so weit als möglich reduzieren.
- Ambient Displays sind ansprechend gestaltet und integrieren sich ästhetisch in die Umgebung.
- Ambient Displays sind nicht auf elektronische Displays reduziert, sondern können ebenso physische Objekte sein.
- Die Übertragung der Information ist nicht nur auf visuelle Darstellungen reduziert, sondern kann auch durch entsprechende Veränderung in Temperatur, Geruch, Licht oder Ton erfolgen.

Die oben erwähnten Definitionen lassen deutlich erkennen, dass nicht jedes beliebige Display als Ambient Display gilt. Die Kriterien schränken die Begrifflichkeit und Bedeutung von Ambient Displays klar ein. Um Ambient Displays noch genauer zu spezifizieren, führt der nächste Abschnitt an, was ausdrücklich nicht unter Ambient Displays zu verstehen ist. Eine derartige Abgrenzung und genaue Festlegung ist insofern von Bedeutung, da die Definitionen auf bisher herausgearbeiteten Anforderungen und Qualitätsmerkmalen beruhen. Die Merkmale sind in weitere Folge für die Entwicklung von qualitativ hochwertigen Ambient Displays von großem Nutzen.

### ***3.3 Abgrenzung zu anderen Displays***

Displays sind in der heutigen Lebensumgebung allgegenwärtig. Beispiele sind Fahrpläne auf Bahnhöfen, Flugpläne auf Flughäfen, herkömmliche Computerdisplays, großflächige Werbeanzeigen, die fixer Bestandteil eines jeden Stadtbildes sind, Temperaturanzeigen als Display, etc. Die Liste ließe sich endlos fortsetzen. Die Einsatzmöglichkeiten von Displays sind vielfältig und werden intensiv genutzt. Als Beispiel führe man sich das Stadtbild New Yorks mit dem Time Square vor Augen, der scheinbar lediglich aus einer Ansammlung von Displays besteht von denen jedes Einzelne der Anzeige und Präsentation von Information dient. Es bestehen jedoch gravierende Unterschiede in der Wahrnehmung, Verwendung,

Zweck und Umsetzung von Displays. Die Werbedisplays am Time Square sollen die Aufmerksamkeit der Passanten mit aggressiven Mitteln auf sich ziehen. Die Zielsetzung von Ambient Displays ist eine gänzlich andere. Primär steht eine Beruhigung der Umgebung im Vordergrund. Diese Unterschiede führen zu einer Grenzziehung innerhalb der Großfamilie der Displays, die einzelne Kategorien von Displays hervor bringt. So sind auch Ambient Displays eine Art von Display mit ganz konkreten Eigenschaften, die durch ihre Zweckmäßigkeit von anderen Displays abweichen. Diese Unterschiede wirken sich folglich auch auf die Anforderungen und die Umsetzung in der Praxis aus.

### **3.3.1. Peripheral Displays**

Peripheral Displays und Ambient Displays werden häufig synonym verwendet, da beide Displays etliche Gemeinsamkeiten in Gestalt, Zweck und Anwendung aufweisen. Dennoch gibt es wesentliche Unterschiede, die wiederum für eine qualitativ hochwertige Gestaltung von Displays berücksichtigt werden müssen. Aus diesem Grund erfolgt auch hier eine genaue Differenzierung.

Peripheral Displays besitzen ebenso wie Ambient Displays die grundlegende Eigenschaft, dass die Aufmerksamkeit des Benutzers nicht auf das Display gerichtet ist. Beide Formen von Displays befinden sich am Rande bzw. im Hintergrund der Wahrnehmung des Benutzers. Sie können jedoch jederzeit ins Zentrum der Aufmerksamkeit rücken und vom Benutzer fokussiert werden. Das Vortreten aus dem Hintergrund in den Fokus des Benutzers kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Genau dieser Übergang ist eines der wesentlichsten Unterscheidungsmerkmale und teilt die Kategorie der Peripheral Displays in zwei separate Unterklassen. Ambient Displays gelten demnach als Subklasse von Peripheral Displays. Die zweite Subklasse ist die Kategorie der Alerting Displays. Worin nun genau die Unterschiede liegen in Bezug auf die Informationspräsentation wird im folgenden Absatz beschrieben.

#### Ambient Displays als Subklasse von Peripheral Displays

Ambient Displays erlauben dem Benutzer die Darstellung der Information zu beobachten ohne die momentan verrichtete Aufgabe unterbrechen zu müssen. Die Wahrnehmung und Aufnahme der dargestellten Information setzt ein gewisses Maß an Eigeninitiative und Interesse des Benutzers voraus. Da Ambient Displays kontinuierlich Information anzeigen

ohne zu versuchen die Aufmerksamkeit des Benutzers aktiv auf sich zu ziehen, bleibt es dem Benutzer überlassen ob er nun die Aufmerksamkeit auf das Ambient Display richtet oder nicht. Er wird jedoch auf keinen Fall gezwungen seinen momentanen Arbeitsvorgang zu unterbrechen, um den Fokus auf andere Vorgänge zu richten. Der unterbrechende Charakter entspricht dem Prinzip von Alerting Displays, der zweiten Unterklasse von Peripheral Displays neben Ambient Displays (Ames & Dey, 2002).

#### Alerting Displays als Subklasse von Peripheral Displays

Alerting Displays benachrichtigen den Benutzer über Veränderung in Zuständen durch einen abrupten Übergang der Informationsdarstellung, die sich vom Hintergrund in den Vordergrund der Aufmerksamkeit bewegt. Alerting Displays zeigen Information in diskreten Intervallen an und unterbrechen bzw. verändern die fokussierte Aufmerksamkeit der Benutzer. Ein Beispiel wäre die Technik der Benachrichtigung eines Instant Messenger Programms wie ICQ oder Skype über den Eingang einer neuen Nachricht. Erhält der Benutzer eine neue Nachricht von seinem Kommunikationspartner so wird durch blinkende Einblendung am Display auf die Veränderung aufmerksam gemacht. Die Art des Übergangs zwischen den Zuständen von Hintergrund und Vordergrund ist so gewählt, dass die Aufmerksamkeit des Benutzers sofort auf das Alerting Display gerichtet wird. Eine derart abrupte Änderung wäre nicht Ziel und Zweck von Ambient Displays. Demnach liegt auch in dieser Eigenschaft das größte Unterscheidungsmerkmal zwischen Alerting Display und Ambient Display.

Häufig verwenden Peripheral Displays Eigenschaften von beiden Unterklassen, Alerting Displays Eigenschaften von Ambient Displays und Ambient Displays Eigenschaften von Alerting Displays. Es erfolgt eine gegenseitige Ergänzung mit nützlichen Merkmalen. In späteren Kapiteln (Sammlung der Ambient Displays) wird deutlich, dass Ambient Displays häufig Gestaltungsprinzipien von Alerting Displays einsetzen, jedoch in einer weitaus weniger starken Ausprägung (Mynatt & Dey, 2003).

### **3.3.2 Differenzierung von Displays nach weiteren Kriterien**

Eigenschaften und Charakteristiker von Ambient Displays können weiter konkretisiert werden nach dem Ausmaß der Aufmerksamkeit und Wahrnehmung im Sinne der kognitiven

Psychologie. Wie bereits im letzten Abschnitt erläutert, verwenden unterschiedliche Formen von Displays unterschiedliche Techniken, um sich die menschliche Wahrnehmung für die Erfüllung der Zwecke zu Nutze zu machen. Ambient Displays sprechen durch eine unterschiedliche Zielsetzung gänzlich andere Fähigkeiten der menschlichen Wahrnehmung an als andere Formen von Displays. Es lässt sich also eine Unterscheidung treffen nach dem Ausmaß an Aufmerksamkeit und Wahrnehmung, die ein Display benötigt, um seinen Zweck zu erfüllen. Somit ist eine weitere Konkretisierung im Verständnis von Ambient Displays möglich, da es grundsätzliche Prinzipien der kognitiven Psychologie mit einbezieht, die gerade im Bereich des User Interface Design eine herausragende Rolle spielen. In einem späteren Kapitel wird detailliert auf Kognition im Zusammenhang mit Ambient Displays eingegangen. In diesem Abschnitt wird im Folgenden eine Abbildung gezeigt, die diese Zusammenhänge darstellt. Es wird wiederum der Unterschied zwischen Ambient Displays und Alerting Display hervorgehoben. Auch hier erfolgt eine Unterteilung von Peripheral Displays in zwei Subklassen. Nach (Matthews, Dey, Mankoff, Carter, & Rattenbury, 2004) definiert sich ein Peripheral Display dadurch, dass sich der Benutzer der Anzeige von Information bewusst ist. Er muss dabei aber die Aufmerksamkeit nicht ungeteilt auf die Informationsquelle richten.

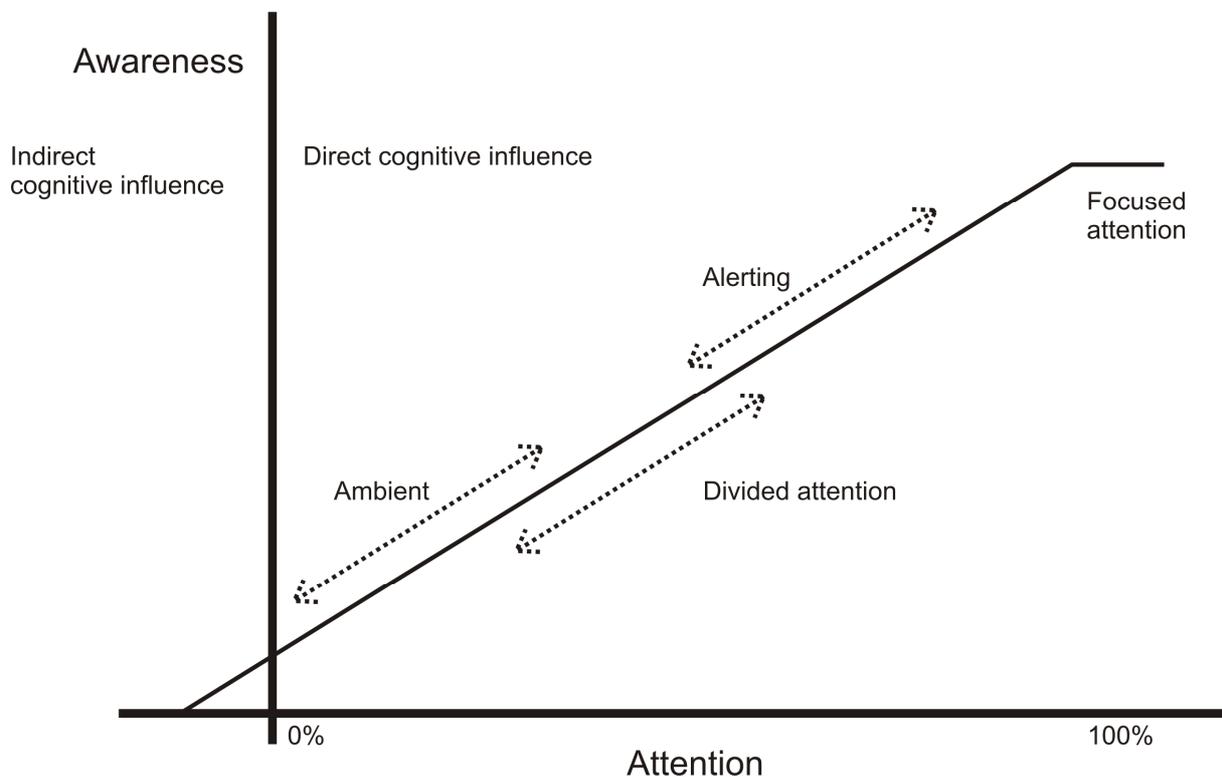


Abbildung 4 Eigenschaften von Ambient Display nach Grad des Bewusstseins und der Aufmerksamkeit

Die Abbildung 4 wurde adaptiert von (Matthews, Dey, Mankoff, Carter, & Rattenbury, 2004). Sie zeigt die Einordnung von Ambient Displays nach dem Grad der Aufmerksamkeit und Wahrnehmung, die bestimmte Displays benötigen. Demzufolge zeichnen sich Ambient Displays durch einen geringen Grad an geteilter Aufmerksamkeit aus. Alerting Displays wiederum besitzen einen hohen Grad an geteilter Aufmerksamkeit. Ambient Displays besitzen eine Untergrenze zum Bereich, in dem der Mensch keine Reize bewusst wahrnimmt, jedoch trotzdem durch den Reiz in seinem Verhalten beeinflusst wird. Ambient Displays sind derart konzipiert, dass minimale Aufmerksamkeit ausreichend ist, um das Ambient Display bewusst wahrzunehmen. In der Abbildung findet sich diese minimale Aufmerksamkeit im Schnittpunkt von y-Achse („Awareness“) und x-Achse („Attention“). In umgekehrter Richtung ausgerichtet erstreckt sich der Bereich der zweiten Subklasse von Peripheral Displays. Alerting Displays beginnen in jenem Punkt, der sich durch eine maximal geteilte Aufmerksamkeit auszeichnet. Dies bedeutet, dass die Aufmerksamkeit für Alerting Displays knapp unter dem Ausmaß liegt, das für Aufgaben notwendig ist, die fokussierte Aufmerksamkeit benötigen. Ein Beispiel ist das konzentrierte Schreiben der Diplomarbeit.

Die beiden in diesem Abschnitt erläuterten Abgrenzungen zu anderen mit Ambient Displays eng verwandten Formen von Displays lassen den unterschiedlichen Charakter der einzelnen Displays erkennen. Bestimmte Kriterien von Ambient Displays wurden soweit konkretisiert, dass die Berechtigung und Notwendigkeit einer eigenen Definition von Ambient Displays deutlich wird. Die Abgrenzung ist nicht nur für Gestaltung und Entwurf von Nutzen, sondern auch für weitere Forschungstätigkeiten, die die Grundlage für die Entwicklung von hochwertigen Ambient Displays bilden. Besonders wichtig ist eine detaillierte Definition auch für die zentralen Kapitel dieser Arbeit (Kapitel über Taxonomie), um eine aussagekräftige Metrik für die Einordnung der Ambient Displays finden zu können. Dennoch werden häufig Mischformen entwickelt, da viele Vorteile der einen Gruppe zusätzlichen Nutzen für die andere Gruppe bringen können.

### ***3.4 Kognition und Ambient Displays***

Die Ausführungen im letzten Kapitel beinhalteten unter anderem Abgrenzungen zwischen verschiedenen Arten von Displays. Es wurde der Unterschied zwischen Peripheral Display, Alerting Display und Ambient Display herausgearbeitet. Dabei wurden Aspekte der kognitiven Psychologie berücksichtigt, die wesentlichen Einfluss auf die Gestaltung und

Entwicklung von Ambient Displays haben. Um nun diesen Aspekten stärkeres Gewicht zu verleihen, behandelt dieser Abschnitt die wichtigsten Erkenntnisse aus dem Bereich der kognitiven Psychologie, die für das Konzept der Ambient Displays relevant sind. Die kognitive Psychologie hilft bestimmte Vorteile von Ambient Displays besser verstehen zu können. Zudem kann ein grundlegendes Verständnis gewisser Gesetzmäßigkeiten der menschlichen Wahrnehmung die Qualität der Informationsdarstellung auf Displays wesentlich steigern (Healy, 2005). Im Folgenden wird genauer auf Wahrnehmung und Aufmerksamkeit des Menschen aus dem Blickwinkel der kognitiven Psychologie eingegangen. Weiters werden einige Experimente vorgestellt, die Phänomene untersuchen, die sich auch in der Wirkung von Ambient Displays wieder finden lassen.

### **3.4.1 Gegenstand der Kognitiven Psychologie**

Die kognitive Psychologie als Teilgebiet der Psychologie verfolgt das Ziel kognitive Prozesse zu untersuchen, die sich für grundlegende Funktionen des Gehirns verantwortlich zeigen. Grundlegende Funktionen des Gehirns sind Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Denken, Gedächtnis, Lernen, Verstehen, Problemlösen, Sprachverarbeitung etc. Häufige Fragen, die die kognitive Psychologie versucht zu beantworten sind nach (Zimbardo, Philip, Gerrig, J.Richard, & Hoppe-Graff, 1999) etwa:

- Wie Menschen bestimmte Reize aus der Umwelt interpretieren
- Wie sie aufgrund von Erinnerungen und Erwartungen Entscheidungen treffen
- Wie aktuelle Erlebnisse Erinnerungen verzerren können.

So kann beispielsweise erklärt werden wie optische Täuschungen entstehen oder warum die Gestaltgesetze für Visualisierungen so wirken wie sie letztendlich auf die menschliche Wahrnehmung wirken.

Ein wesentlicher, der kognitiven Psychologie zugrunde liegender Ansatz ist die Miteinbeziehung von Erkenntnissen aus der Kommunikations- und Informationstheorie. In Folge dessen wird der Mensch als System der Informationsverarbeitung betrachtet, „das eingehende Informationen aktiv in eine verarbeitbare Form kodiert oder transformiert und ihr

begrenzt Vermögen an Aufmerksamkeit in Übereinstimmung mit ihren Zielen und Erwartungen bewusst einsetzen“ (Anderson, 1996). Demnach zeigen sich die Prozesse der Informationsverarbeitung verantwortlich für die Festlegung des individuellen Verhaltens.

Die Kognitionswissenschaften gelten als ein interdisziplinäres Forschungsgebiet, indem Psychologen, Informatiker, Linguisten, Anthropologen an der Erforschung der Erkenntnisprozesse und Wissensstrukturen beim Menschen zusammenarbeiten. Bei der Erforschung miteinbezogen sind auch künstlich intelligente Systeme, also Computer (Zimbardo, Philip, Gerrig, J.Richard, & Hoppe-Graff, 1999). Grundsätzlich spielt die kognitive Psychologie und dem ihr zugrunde liegenden Informationsverarbeitungsmodell eine wesentliche Rolle im Bereich der Human Computer Interaction, da sie die theoretische Basis für den Informations- und Wissensaustausch zwischen Mensch und Computer bilden (Preece, 2000).

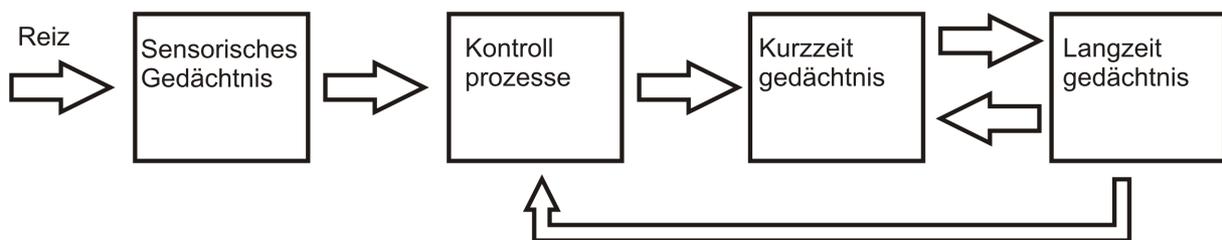
### **3.4.2 Wahrnehmung**

Der Mensch kann durch seine Sinnesorgane verschiedene Reize aufnehmen und erkennen. Bestimmte Prozesse im Gehirn verarbeiten diese Reize und können so interpretiert werden. Die Reize werden schließlich als Information interpretiert. Um eine Umwandlung der Reize in Information zu ermöglichen, ist es notwendig die den Menschen umgebenden Reize mit bisher im Langzeitgedächtnis gespeicherten Informationen zu vergleichen. Werden nun keine Übereinstimmungen zwischen verarbeitendem Reiz und Langzeitgedächtnis gefunden, ist eine richtige Konstruktion der Information nicht möglich. Reize und gespeicherte Information bzw. Wissen stehen bei der Wahrnehmung in ständigem Kontakt und interagieren. Den Vorgang der Suche nach Übereinstimmungen zwischen Reiz und Langzeitgedächtnis nennt man Muster-Erkennung (Pattern Matching).

Ein sofortiges Erkennen von Reizen, wie in obigem Absatz beschrieben, ist jedoch nicht immer möglich. Ist der Reiz zeitlich zu kurzfristig, so wird er durch das sensorische Gedächtnis für kurze Zeit behalten. Man spricht auch von der Anfangsstufe der Informationsverarbeitung. Sie dient dem Zweck Information so lange zu bewahren, dass eine Mustererkennung bzw. eine weitere Verarbeitung möglich wird. Im sensorischen Gedächtnis wird demnach Vorarbeit geleistet um auf Stimuli reagieren zu können, deren Auftreten nicht zeitgleich mit derer Wahrnehmung ist. Speziell im Bereich der visuellen und auditiven

Wahrnehmung ist das sensorische Gedächtnis Schwerpunkt vieler Untersuchungen und Experimente. Dabei wird das visuelle sensorische Gedächtnis auch Ikonisches Gedächtnis genannt. Ein synonyme Begriff für das auditive sensorische Gedächtnis ist Echospeicherung.

Im Rahmen der kognitiven Psychologie wurden verschiedene Informationsverarbeitungsmodelle entwickelt. Mit einem derartigen Modell lassen sich kognitive Prozesse in eine Abfolge von unterschiedlichen Phasen zerlegen. Jede einzelne Phase bildet einen wichtigen Bestandteil in der Verarbeitung von Reizen. Abbildung 5 zeigt die verschiedenen Phasen eines funktionalen Verarbeitungsmodells nach (Atkinson & Shiffrin, 1972):



**Abbildung 5 Informationsverarbeitungsmodell nach Atkinson und Shiffrin**

Die wesentlichsten Bestandteile des Prozesses zur Informationsverarbeitung sind demnach das sensorische Gedächtnis, das Kurzzeitgedächtnis und das Langzeitgedächtnis. Die Verarbeitung der Information erfolgt durch Kontrollprozesse wie Wiederholung und Aufmerksamkeit. Das Zusammenspiel dieser Komponenten ist Voraussetzung für die Entwicklung moderner Computersysteme. Sie ermöglichen die menschliche Fähigkeit sensorische Eingaben rasch zu interpretieren und daraus komplexe Handlungen zu initiieren. Weitere kognitive Prozesse sind nach einer Klassifikation der Zeitschrift *Ergonomics Abstracts* Problemlösen, Entscheidungen treffen, Zeitwahrnehmung, Lernen, Aufmerksamkeit und Bereitschaft, Absuchen und Ermitteln. Jedes einzelne dieser Themen beeinflusst das Design und die Qualität von User Interfaces erheblich (Shneiderman & Plaisant, 2005).

### 3.4.3 Aufmerksamkeit

Eine wissenschaftliche Definition von Aufmerksamkeit lautet nach (Carver & Schleier, 1981):

*Aufmerksamkeit ist definiert als ein Zustand konzentrierter Bewusstheit, begleitet von einer Bereitschaft des zentralen Nervensystems, auf Stimulation zu reagieren. Durch Aufmerksamkeit werden Bestandteile der äußeren Welt – die ausgewählten Aspekte, auf die die konzentriert ist – in die subjektive Welt des Bewusstseins gebracht, so dass Verhaltenskontrolle möglich wird.*

Etwas weniger formell und theoretisch lässt sich Aufmerksamkeit als ein System erklären, das bestimmte Bestandteile der Umwelt aufnimmt. Wenn wir unsere Aufmerksamkeit auf etwas richten und uns dessen bewusst werden, bedeutet dies den Startschuss für die kognitive Verarbeitung. Wir beginnen Gedanken zu entwickeln, erinnern uns an bestimmte vergangene Ereignisse, indem wir die gegenwärtige Information mit bereits Erlebtem vergleichen. Der Mensch verfügt jedoch nicht über die Fähigkeit seine Aufmerksamkeit auf alle Reize, die unsere Sinne ununterbrochen aufnehmen, zu richten. Das Ereignis, das zum Gegenstand der Aufmerksamkeit wird, resultiert in einer Vernachlässigung der restlichen Reize; sie werden ignoriert. Der Vorgang, wie der Mensch die Auswahl für die Richtung der Aufmerksamkeit trifft, wird durch unterschiedliche Experimente und in unterschiedlichen Modellen versucht zu erklären. Diese Modelle werden in den folgenden Absätzen näher betrachtet.

Aufmerksamkeit lässt sich in 4 unterschiedliche Arten unterteilen. Diese sind selektive, geteilte, bewusste und unbewusste Aufmerksamkeit. Aufmerksamkeit gilt dabei als ein Prozess der Verteilung unterschiedlicher kognitiver Ressourcen. Es wird davon ausgegangen, dass die menschlichen Ressourcen zur Aufnahme von Reizen bzw. Information begrenzt sind. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Arten von Aufmerksamkeit erklärt. Zum besseren Verständnis werden einige Experiment im jeweiligen Bereich vorgestellt. Hier zeigt sich schließlich die enge Verstrickung von Prinzipien der kognitiven Psychologie mit der Entwicklung und Gestaltung von Ambient Displays.

### 3.4.3.1 Selektive Aufmerksamkeit und weitere Modelle

Das volle Bewusstsein wird auf einen Reiz konzentriert. Reize die nicht in diesem Fokus liegen, werden ignoriert bzw. vernachlässigt. Trotz dieser starken Konzentration auf einen bestimmten Reiz, ist es dem Menschen möglich andere Reize peripher wahrzunehmen. Der Mensch kann bei selektiver Aufmerksamkeit auf bestimmte umgebende Reize flexibel reagieren. Er ist demnach nicht gänzlich abgeschottet. Hierbei stellt sich natürlich die Frage, bei welchen zusätzlichen Reizen die Aufmerksamkeit umgelenkt werden kann bzw. nach welchen Kriterien das Bewusstsein die Prioritäten für die Wahl der Aufmerksamkeit setzt und Informationen trennt. Der menschliche Alltag ist geprägt von Situation selektiver Aufmerksamkeit. Beispielsweise wäre dem vertieften Schreiben an einer Diplomarbeit die volle Aufmerksamkeit gewidmet, währenddessen der umliegende Verkehrslärm unbemerkt bleibt. Um diese Phänomene erklären zu können, wurden unterschiedliche Modelle der Aufmerksamkeit entwickelt. Aus den anfänglichen Erkenntnissen zur selektiven Wahrnehmung entwickelten sich weitere Theorien zur Aufmerksamkeit, die zum Teil die Ergebnisse und Theorien aus den Experimenten zur selektiven Wahrnehmung widerlegten bzw. ergänzten. Drei dieser Modelle sind von besonderer Bedeutung und werden im Folgenden anhand der Darstellung von den ihnen zu Grunde liegenden Experimenten beschrieben.

#### *Filter-Modell und Cocktail-Party-Effekt:*

Das Filter-Modell von Broadbent gilt als klassische Theorie zur Aufmerksamkeit, in der das Prinzip der selektiven Wahrnehmung stark betont wird (Trini, 2005). Dem Filter-Modell liegt der so genannte Cocktail-Party Effekt zu Grunde, der bereits in einem früheren Kapitel kurz Erwähnung fand. Dieser Effekt besagt, dass der Mensch die Fähigkeit besitzt, die Aufmerksamkeit unter mehreren Reizquellen auf nur eine bestimmte Quelle konzentrieren zu können. Cherry verwendete in seinem Experiment das Verfahren des dichotischen Hörens. Er spielte den Versuchspersonen auf einem Kopfhörer auf zwei getrennten Audiokanälen zwei unterschiedliche Botschaften vor. Die Versuchspersonen wurden aufgefordert die Botschaften des einen Kanals laut nachzusprechen. Dies gewährte die Sicherheit, dass die Aufmerksamkeit auf die richtige Quelle gerichtet ist. Danach befragte Cherry die Versuchspersonen über die Botschaft, die nicht nachgesprochen wurde. Die Befragten konnten zwar erkennen, ob es sich um einen Sprecher oder eine Sprecherin handelte, also um

eine männliche oder weibliche Stimme, eine inhaltliche Wiedergabe der Botschaft oder das Erkennen der Sprache war jedoch nicht möglich.

Das Ergebnis des Experiments zeigt, dass der Mensch nur eine Botschaft semantisch verarbeiten kann, währenddessen die zweite Botschaft nur in ihrer physikalischen Eigenschaft wahrgenommen wird. Der Mensch besitzt also die Fähigkeit bestimmte Reizquellen zu filtern bzw. zu ignorieren. Die Schlussfolgerung des Filter-Modells besagt, dass der Mensch eine Botschaft auswählt, indem er zuerst die physikalischen Eigenschaften der eingehenden Botschaften analysiert, also unterscheidet ob es sich beispielsweise ob eine Frauenstimme oder Männerstimme handelt, und schließlich die volle Aufmerksamkeit auf die Botschaft richtet (Cherry, 1953).

### *Abschwächungsmodell*

Dieses Modell geht auf Treisman zurück und widerspricht den Erkenntnissen aus dem Cocktail-Party-Effekt. Die zugrunde liegende Theorie, die so genannte Dämpfungstheorie besagt, dass die Selektion nicht nur nach physikalischen Eigenschaften erfolgt, sondern auch auf einer semantischen Ebene vollzogen werden kann. Dies bedeutet, dass der Mensch in der Lage ist, die Bedeutung von Botschaften zu erkennen, auch wenn die Aufmerksamkeit nicht auf die Botschaft gerichtet ist. Es erfolgt jedoch eine reduzierte Aufnahme der Botschaft, sodass davon ausgegangen werden kann, dass das Fassungsvermögen für die kognitive Aufnahme von Botschaften beschränkt ist. Man spricht daher vom Abschwächungsmodell (Treisman & Gelade, 1980). Botschaften, denen nicht die volle Aufmerksamkeit geschenkt wird, werden abgeschwächt weiterverarbeitet (Anderson, 1996). So werden jene Botschaften auf die sich die gezielte Aufmerksamkeit richtet, länger und stärker verarbeitet. In weiterer Folge wird diese Botschaft im Detail besser erinnert (Norman, 1968).

### *Modell der späten Selektion*

In einem weiteren Experiment wurden weitere neue Erkenntnisse über die Verarbeitung von Information gewonnen. Beim Modell der späten Selektion kam man zu dem Ergebnis, dass eine eindeutige Verarbeitung auf semantischer Ebene stattfindet, auch wenn die Aufmerksamkeit auf eine andere Botschaft gerichtet wurde. Im Experiment selbst wurden der Versuchsperson erneut auf einem Ohr Botschaften übermittelt, die es galt nachzusprechen.

Auf dem anderen Ohr wurden zeitweise synonyme Wörter eingespielt, die unmittelbar oder kurz danach als nachzusprechende Botschaft abgespielt wurde. Das Resultat ergab, dass deutliche Verzögerungen im Nachsprechen der synonymen Wörter auftraten, was wiederum auf eine deutliche Verarbeitung auf semantischer Ebene hinwies. Daraus wurde geschlossen, dass die eingehende Information semantisch analysiert und die Aufmerksamkeitsselektion in einer späten Phase der Analyse vorgenommen wird (Anderson, 1996).

### *Kognitive Ressourcen*

Die bisherigen Modelle der Aufmerksamkeit zeigten, dass die Intensität der Verarbeitung stark vom Grad der Aufmerksamkeit abhängig ist. Dennoch kann jeder aus eigener Erfahrung bestätigen, dass manche Aufgaben parallel zu anderen Aufgaben erledigt werden können, während andere Aufgaben die uneingeschränkte Aufmerksamkeit benötigen. Wenn Menschen zwei Dinge gleichzeitig tun, beeinträchtigt die Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf die eine Aufgabe die Durchführung der anderen (Zimbardo, Philip, Gerrig, J.Richard, & Hoppe-Graff, 1999). Diese Überlegung führte zum Modell der Verteilung kognitiver Ressourcen. Hierbei geht man davon aus, dass bei schwierigen Aufgaben mehr Ressourcen zugeteilt werden müssen, als bei einfachen Aufgaben. Bei einfachen Aufgaben verbleiben Ressourcen, die in weiterer Folge für eine Teilung der Aufmerksamkeit eingesetzt werden können. Eine simultane Verarbeitung ist solange möglich bis die Ressourcenkapazität nicht überschritten ist. Daraus kann gefolgert werden, dass geteilte Aufmerksamkeit möglich wird, wenn beide gleichzeitig zu erledigenden Aufgaben sich genügend voneinander unterscheiden. Experimente zeigten darüber hinaus, dass durch Übung auch zwei komplexe kognitive Aufgaben auf einmal auszuführen sind. Im angesprochenen Experiment konnten Versuchspersonen nach ausreichender Übungsphase, gleichzeitig lesen und Diktate aufnehmen (Spelke, Hirst, & Neisser, 1976).

### *Weitere Formen der Aufmerksamkeit*

Weitere Formen, die bisher noch nicht erklärt wurden, jedoch Bestandteil der Erkenntnisse aus den vorhin genannten Experimente sind, werden an dieser Stelle gesondert angeführt.

Diese sind:

- Nicht bewusste Verarbeitungsprozesse

Um bewusst Information verarbeiten zu können ist Aufmerksamkeit notwendig. Das Widmen von Aufmerksamkeit ist jedoch nicht auf die bewusste Ebene beschränkt, sondern wird auf eine unbewusste Ebene erweitert. Die Aufmerksamkeit wird unbewusst und automatisch gelenkt. So kann der Mensch beispielsweise einen Buchstaben unter lauter Zahlen sehr rasch erkennen. Der Buchstabe zieht die Aufmerksamkeit auf sich und behält sie. Die Anzahl an ablenkenden Reizen im Hintergrund spielt dabei keine Rolle. Es muss also angenommen werden, dass ein Prozess der Automatisierung abläuft, der es erlaubt, unbewusst und mühelos die Aufmerksamkeit auf etwas zu lenken. Dieser Prozess stört weder andere Prozesse noch werden die Grenzen der Aufmerksamkeit berührt (Zimbardo, Philip, Gerrig, J.Richard, & Hoppe-Graff, 1999).

- Wahrnehmungsprozesse ohne Aufmerksamkeitssteuerung

Diese Prozesse dienen dem mühelosen Identifizieren von Gegenständen. Er ermöglicht das Erkennen von Linien, Konturen und Farben. So kann auch erklärt werden, warum der Mensch bei kurz dargebotenen Szenen Grenzen zwischen einzelnen Bereichen bestimmen kann. Die Grenzen sind dann am einfachsten zu erkennen, wenn es Unterschiede in einfachen, einheitlichen Merkmalen wie Farbe, des Umrisses oder der Linienführung gibt (Zimbardo, Philip, Gerrig, J.Richard, & Hoppe-Graff, 1999).

Das Gebiet der kognitiven Psychologie umfasst neben den hier angeführten Modellen etliche weitere Theorien über Aufmerksamkeit und Wahrnehmung, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen wird. Die hier erläuterten Modelle dienen einem groben Überblick über das Gebiet der kognitiven Psychologie. Das Ziel ist es, Zusammenhänge zwischen den erforschten Phänomenen von Wahrnehmung bzw. Aufmerksamkeit und der Wirkungsweise von Ambient Displays erkennen zu können. Weiters finden sich im Bereich der kognitiven Psychologie wertvolle Ansätze für eine effektive Gestaltung und Entwicklung von Ambient Displays. Diese Ansätze sind jedoch nicht beschränkt auf die Anwendung von Ambient Displays, sondern gelten auch für andere Formen der Visualisierung und Reizentsendung.

Es lassen sich auch Erklärungen finden für die Notwendigkeit einer Beruhigung der technischen Umgebung im Sinne der „Calm Technology“ von Mark Weiser. Ambient Displays sind also nicht nur Mittel zum Zweck, sondern Notwendigkeit um der wachsenden Flut an Reizen kognitiv gewachsen sein zu können.

### **3.5. Reale Ambient Displays**

Das Konzept von Ambient Displays ist keine Erfindung die in den Forschungslabors und Künstlerateliers dieser Welt aus dem Nichts auf dem Reißbrett entwickelt wurde. Ganz im Gegenteil liegt die Inspirationsquelle in alltäglichen Phänomenen, die in der Lebensumgebung des Menschen zu finden sind. So werden Naturereignisse vom Menschen nach den gleichen kognitiven Prinzipien wahrgenommen, wie dies bei künstlichen technologischen Ambient Displays der Fall ist. Das Ziel von natürlichen Ambient Displays ist ebenso wie bei künstlichen Ambient Displays die Übertragung von Information am Rande bzw. an der Peripherie der Wahrnehmung. Durch die übertragene Information wird sich der Mensch eines bestimmten Zustands bewusst ohne dabei die Aufmerksamkeit auf das Ereignis zu fokussieren. Die Wirkungsweise und Effizienz derartiger Ambient Displays ist unübertrefflich. Jeder einzelne Mensch erlernte über Jahre hinweg die richtige Interpretation des Kontexts in dem natürliche Ambient Displays auftreten. Das vom Ambient Display übertragene Informationsobjekt findet die richtige Entsprechung in der menschlichen Wahrnehmung. Gerade die Realisierung dieser Eigenschaft zählt zu den größten Herausforderungen im Design von künstlichen Ambient Displays. Die Wahl der richtigen Art der Darstellung von Daten ist in der Entwicklung von künstlichen Ambient Displays von größter Bedeutung (Ishii & Ullmer, 1997). Die Natur liefert hierzu wichtige Anhaltspunkte, die als Einflussfaktor für Qualitätsverbesserungen oder neue Entwicklungen herangezogen werden können.

Dieses Kapitel widmet sich Gegebenheiten in der Natur bzw. im alltäglichen Leben, die Eigenschaften von Ambient Displays besitzen. Es werden einige Beispiele genannt und beschrieben. Die Parallelen zu technologischen Displays lassen sich dabei leicht erkennen.

#### **3.5.1 Wetter als Ambient Display**

Das Wetter als chaotisches System kann in den unterschiedlichsten Zuständen auftreten. Bestimmte Grundgrößen dienen der Beschreibung von Wetterdaten. Diese Grundgrößen können sein Windrichtung, Niederschlag, Bewölkung, Lufttemperatur, etc. Jeder ist tagtäglich mit diesen Daten konfrontiert. Das Erscheinungsbild des Auftretens kann problemlos von jedem richtig interpretiert werden. Die Aufmerksamkeit muss dabei jedoch nicht auf die Informationsquelle gerichtet sein, sondern ist am Rande der Wahrnehmung völlig ausreichend um die sich verändernden Daten aufzunehmen.

Beispiele:

#### *Die Sonne, das Licht und die Wärme*

Bei strahlendem Sonnenschein und blauem Himmel entsteht helles Licht und Wärme. Verändert sich der Zustand des Wetters nun derart, dass Wolken aufziehen und diese die Sonne Schritt für Schritt verdecken, so ändert sich auch der Zustand des Lichts bzw. der Temperatur. Es wird dunkler und kühler. Man kann daraus automatisch schlussfolgern, dass das Wetter schlechter wird. Die Wahrnehmung einer Verschlechterung des Wetters kann weitere Aktionen der betroffenen Person nach sich ziehen. Die Informationsübertragung erfolgte am Rande der Wahrnehmung. Es bestand keine Notwendigkeit den Fokus der Aufmerksamkeit ununterbrochen auf die Wettersituation zu richten.

#### *Die Straße, die Kleidung und das Wetter*

Der Blick aus dem Fenster eines geschlossenen Raumes auf eine stark frequentierte Strasse, lässt ebenfalls Schlüsse auf bestimmte Zustände ziehen. Der Betrachter sieht möglicherweise, dass der Großteil der Passanten mit Schal und Haube bekleidet sind. Er wird informiert über die Temperaturlage außerhalb seines Büros oder seiner Wohnung. Auch hier liegt die Wahrnehmung am Rande der Aufmerksamkeit. Die eigentliche Konzentration ist auf eine andere Aufgabe gerichtet. Nebenbei erfasst der Betrachter den Zustand der Außentemperatur. Das Fenster dient dabei als Ambient Display, da es dauerhaft bestimmte Zustände anzeigt ohne den Benutzer in anderen Tätigkeiten zu unterbrechen. Weiters könnte das Fenster als Ambient Displays Informationen über die aktuelle Tageszeit transportieren. Durch Veränderung des Tageslichts ist jedem sofort bewusst, dass es nicht mehr 12 Uhr mittags ist (Heiner, Hudson, & Tanaka, 1999).

### **3.5.2 Lebensumgebung als Ambient Display**

Die unmittelbare, künstlich geschaffene Lebensumgebung dient häufig als Ambient Display, das konkrete Informationen überträgt. Wie die Natur durch die Veränderung des Wetters zugleich Veränderungen von Lichtzuständen oder Temperaturzuständen hervorruft, so können in Alltagssituationen des menschlichen Zusammenlebens ebenfalls Ereignisse auf bestimmte Zustände und deren Veränderungen schließen lassen.

Beispiel:

#### *Die Laune, der Partner, der Lärm*

In diesem Beispiel übernimmt eine Tür die Funktion eines Ambient Displays. Neben dem Zweck zur Trennung eines Raumes kann eine Tür auch als Anzeige des persönlichen emotionalen Zustands dienen. Wird eine Tür von einer bestimmten Person fest zugeschlagen, entsteht ein lautes Geräusch, das in den meisten Fällen auf den momentan durchlebten emotionalen Zustand schließen lässt. Die Tür fungiert als Ambient Display, das wiederum am Rande der Aufmerksamkeit wahrgenommen werden kann (Lund & Wiberg, 2004).

#### *Das Büro, die Arbeitsumgebung und Geborgenheit*

Viele Projekte im Bereich der technologischen Ambient Displays untersuchen und erforschen mögliche sinnvolle Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Arbeitsplatzgestaltung. So soll etwa soziales Zusammengehörigkeitsgefühl und Teamgeist entwickelt werden. Ambient Displays sollen soziales Bewusstsein schaffen und eine gemeinschaftliche Atmosphäre spürbar machen (Prante, Stenzel, R&#246;cker, Streitz, & Magerkurth, 2004). Doch auch ohne die Existenz von technologischen Ambient Displays in Arbeitsumgebungen entstehen durch gewöhnliche Abläufe während des Arbeitsalltags Situationen in denen bestimmte Objekte die Funktion eines Ambient Displays übernehmen. Eine geöffnete Bürotür verstärkt das Bewusstsein über die unmittelbare soziale Umgebung durch die Wahrnehmung von Umgebungslärm. So deuten möglicherweise dichte und laute Geräusche in Form von Gesprächsfragmenten, die sporadisch erkannt werden können, auf hektische Arbeitsabläufe hin. Währenddessen eine ruhige Umgebung erkennen lassen könnte, dass in der gegenwärtigen Situation das Büro weniger zu tun hat. Die Information, die dabei übertragen wird, kann sehr vielseitig sein. Dennoch ist auch hier erkennbar, dass obwohl die Aufmerksamkeit nicht der unmittelbaren Umgebung gewidmet ist, trotzdem bestimmte Vorgänge wahrgenommen und als konkrete Information interpretiert werden können.

Viele Projekte und Forschungsaktivitäten nehmen Anleihe an derartigen natürlichen und alltäglichen Phänomenen. Die genannten Beispiele scheinen banal und selbstverständlich zu sein. Jeder hat derartige Situationen etliche Male erlebt. Die unbewusste Wahrnehmung dieser Ereignisse bestätigt die kognitive Fähigkeit des Menschen mehrere Vorfälle gleichzeitig wahrnehmen zu können ohne der Notwendigkeit die Aufmerksamkeit von seiner aktuellen fokussierten Aktivität wegzulenken zu müssen. Dennoch ist der Mensch fähig Informationen aufzunehmen und diese richtig zu interpretieren. Die Hintergründe aus kognitiv psychologischer Sicht sind im Kapitel „Kognitive Psychologie und Ambient Displays“ genauer erläutert. Die in alltäglichen Situationen beobachtbaren Verhaltensweisen werden nun für die Entwicklung von technologischen Ambient Displays als Grundkonzept herangezogen. Die Prinzipien sind die gleichen. Technologische Ambient Displays sollen Hintergrundinformation übertragen, ohne den Benutzer zu zwingen seine bisherige Aktivität abzubrechen. Sie benötigen keine ungeteilte bewusste Aufmerksamkeit (Heiner, Hudson, & Tanaka, 1999).

Der nächste Abschnitt zeigt technologische Ambient Displays. Die Parallelen zu natürlichen, realen Ambient Displays sind unverkennbar und bestimmte Visualisierungen bzw. Darstellungen werden als Metapher übernommen, wie so oft im Bereich des User Interface Designs.

## **4. Sammlung der Ambient Displays**

Dieses Kapitel zeigt eine Sammlung von bisher entwickelten Ambient Displays. Sie beschreibt Ambient Displays nach ihrem Zweck und einigen weiteren Eigenschaften wie Datenquelle bzw. Dateneingabe und Datenausgabe. Die hier angeführten Applikationen und Projekte sind größtenteils Gegenstand akademischer Konferenzen, wie CHI oder UbiComp gewesen, wo sie präsentiert und vorgestellt wurden. Zusätzlich werden kommerzielle Anwendungen beschrieben und jene, die keine Zuordnung in den beiden ersten Bereichen finden, aber dennoch durch ihre außergewöhnliche Form und Funktion bestechen, so dass sie nicht unberücksichtigt bleiben dürfen. Um dem Leser einen besseren Überblick zu verschaffen wird hier zwischen fünf verschiedenen Bereichen, in denen Ambient Display eingesetzt werden, unterschieden:

- Arbeitsumgebung

Neuere Arbeitsumgebungen enthalten häufig Elemente, die die periphere Wahrnehmung ansprechen. Demzufolge eignen sich Ambient Displays ausgezeichnet in einer von Reizen überfluteten Arbeitsumgebung für kognitive Entlastung zu sorgen. Zahlreiche Forschungsprojekte beschäftigen sich mit Aspekten und der Entwicklung neuer Tendenzen des gemeinsamen Arbeitens. So werden auch an dieser Stelle wichtige Beispiele aus diesem Bereich angeführt, natürlich unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes von Ambient Displays.

- private Umgebung

Der private Heimbereich liefert zahlreiche Möglichkeiten Informationsmedien am Rande der Wahrnehmung einzusetzen. So existieren Projekte, die speziell darauf ausgerichtet sind, emotionale Daten über größere Distanzen zu übertragen. Auf diese Weise kann die Wahrnehmung von persönlich nahe stehenden Personen verstärkt werden. Weiters gibt es Ambient Displays, die Abläufe des alltäglichen Lebens gezielt unterstützen. Diese Kategorie führt Beispiele dieser Anwendung an.

- Öffentliche Umgebung

Die öffentliche Umgebung bietet weiteren Raum für die Darstellung von unkritischen Daten. So wird der urbane Raum durch zurückhaltende Informationsmedien erweitert. In der Sammlung werden zwei Beispiele angeführt, die ganz gezielt bestehende Objekte des urbanen Lebens für das Design von Ambient Displays einbeziehen.

- Allgemein

Die Ambient Displays in dieser Kategorie sind sehr universell einsetzbar und auf keine bestimmte Umgebung beschränkt. Nach dem Zweck und der funktionalen Zielausrichtung des Displays lässt es sich auf verschiedenste Art und Weise benutzen. Speziell die Integration von Ausgabegeräten in die konventionelle Lebensumgebung ist eine große Herausforderung, die zu zahlreichen Entwicklungen so genannter Informative Art geführt hat. Die Sammlung zeigt unter anderem Beispiele von Displays, die den Schwerpunkt auf die ästhetische Erweiterung des architektonischen Raumes gelegt haben.

- Kommerzielle Anwendung

Diese Kategorie beinhaltet Anwendungen, die kommerziell verwertet werden. Die Einsatzgebiete können sehr unterschiedlich sein und in jeder der oben genannten Umgebungen eingesetzt werden. Bisher existieren einige wenige Unternehmen, die darauf spezialisiert sind, Ambient Displays zu entwickeln und zu vertreiben. „Ambient Devices“ aus den USA und „Violet“ aus Frankreich sind Beispiele für derartige Firmen, deren Produkte in dieser Sammlung vorgestellt werden.

## **4.1. Arbeitsumgebung**

*Ambient Room – ambientRoom - ambientFixtures (Ishii et al., 1998)*

Das Projekt „ambientRoom“ wurde bereits 1998 der Öffentlichkeit vorgestellt. Es war eines der ersten Projekten, das technologische Ambient Displays zum Einsatz brachte. Grundsätzlich besteht „ambientRoom“ aus einer Vielzahl an unterschiedlichen Medien, die die Wahrnehmung von peripheren Ereignissen unterstützen. Es handelt sich um einen künstlich geschaffenen Raum („ambientRoom“) der als Arbeitsumgebung genutzt werden soll. In diesem Raum sind mehrere Ambient Displays integriert, die unterschiedliche Informationsquellen durch Veränderungen in Licht und Ton darstellen. Im Folgenden werden diese „ambient medias“ beschrieben. Kapitel 1 (Ubiquitous Computing) ging bereits detailliert auf das Konzept von „ambientRoom“ ein. Aus „ambientRooms“ entwickelten sich unter dem Projekttitel „ambientFixtures“ einige weitere unabhängige Ambient Displays, die an dieser Stelle ebenfalls beschrieben werden.

### 1. Waterlamp

Waterlamp verwendet die Metapher von Regentropfen, die auf eine ruhige Wasseroberfläche aufprallen. Dabei entstehen konzentrische Kreise auf der Oberfläche. Die Regentropfen werden durch „bits“ ersetzt, die aus dem Cyberspace fallen. Das Wasser wird in Abhängigkeit einer Informationsquelle in Bewegung versetzt. Die wiederum dabei entstehenden Kreise werden durch Licht auf Wände projiziert. Unterschiedliche Informationsquellen können die Kreise auf der Wasseroberfläche erzeugen.

## 2. Light Patches

Light Patches hat den Zweck den Status der Aktivität außerhalb des Raumes anzuzeigen. Als Inputquelle wird die Intensität an Bewegung von Personen aufgenommen. In Abhängigkeit des Bewegungsniveaus werden Lichtmuster auf Wände des „ambientRoom“ projiziert. Veränderungen und Übergänge finden nur bei sehr plötzlichen und starken Änderungen der Datenquelle (die Aktivität in den Außenräumen) statt. Größtenteils bleibt es jedoch unbemerkt und unverändert.

## 3. Natural Soundscape

Die Darstellung der Information im “Natural Soundscape” erfolgt auditiv. Mehrere Audiosamples aus der Natur, wie etwa Vogelgezwitscher oder Regenfall, werden dazu benutzt, bestimmte Informationen zu transportieren. Eine Änderung in Lautstärke und Klangdichte gibt Hinweise auf Veränderungen in der Informationsquelle. Die Informationsquelle kann sehr unterschiedlich sein, beispielsweise die Anzahl an nicht gelesenen E-Mails oder der Entwicklung von Aktienkursen.

## 4. Pinwheels

Pinwheels sind Windräder die in Abhängigkeit einer bestimmten Informationsquelle die Geschwindigkeit ihrer Bewegung verändern. Die Quelle des Antriebs ist demnach nicht natürlicher Wind, sondern ein „wind of bits“. Wiederum bedienen sich die Entwickler einer Metapher aus der Natur, die ein sehr schönes Ambient Display entstehen lässt. Die dafür notwendige Informationsquelle ist frei wählbar und relativ unabhängig. Unterschiedliche Zustände können damit abgebildet werden (z.B. Aktivität im Cyberspace, Abbildung von Metriken für Webanwendungen, natürliche Windstärke, etc).



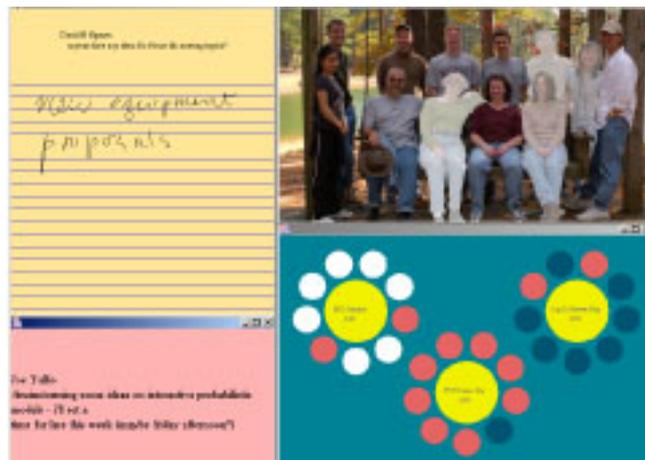
**Abbildung 6 Waterlamp und Pinwheels von Hiroshi Ishii**

*Semipublic Display (Vogel & Balakrishnan, 2004)*

Semipublic Displays visualisieren Informationen über kleine Arbeitsgruppen und stellen zusätzlich ein interaktives Kommunikationsmedium zur Verfügung. Das Ziel ist asynchrone Gruppenkommunikation, die Möglichkeit Informationen mit anderen zu teilen und die Darstellung von allgemeinen Zuständen der Gruppenaktivität, um das soziale Bewusstsein innerhalb der Gruppe zu stärken. Zur Erzeugung eines Gefühls der Zusammengehörigkeit werden zwei unterschiedliche Anwendungen ins Gesamtsystem integriert.

Die erste Anwendung zeigt ein Gruppenfoto mit allen Teammitgliedern. Veränderungen der Farbintensität der einzelnen Teammitglieder auf dem Foto repräsentieren die Anwesenheit eines Kollegen in der Arbeitsumgebung. Ist der Kopf des Mitarbeiters von geringer Farbintensität, so ist der Kollege nicht anwesend. Besteht jedoch kein Kontrast zur normalen Farbintensität des Fotos, so ist der Kollege anwesend. Informationen über den allgemeinen Zustand der Anwesenheit von Kollegen können auf diese Weise übertragen werden. Zusätzlich existieren weitere Darstellung von Anwesenheit und Aktivitätsprofil der Mitarbeiter. Beispielsweise wurde eine Visualisierung entworfen, in der der Abstand des Kopfes vom Zentrum des Bildes Rückschlüsse auf die Anwesenheit von Kollegen zulässt. Je weiter der Kopf vom Zentrum entfernt ist, desto geringer ist der Grad der Anwesenheit. Abbildung 7 zeigt eine fortgeschrittene Variante des Displays, in dem der soeben angesprochene Aspekt nicht mehr berücksichtigt wird.

Die zweite „ambiente“ Anwendung visualisiert die geplante Teilnahme an Seminaren und Meetings. Als Visualisierung wurde eine Blume gewählt, deren Blüten den aktuellen Stand der Seminarplanung von Kollegen darstellen. Die unterschiedlichen visuellen Formen, die die Blütenblätter annehmen, lassen Schlüsse auf den Grad der Wichtigkeit von Seminaren innerhalb der Arbeitsgruppe zu.



**Abbildung 7 Semi-Public Display**

*Kimura (MacIntyre et al., 2001)*

Kimura ist eine erweiterte Arbeitsumgebung, die das gleichzeitige Bearbeiten bzw. Wahrnehmen von mehreren Aufgaben und Zuständen im Arbeitsumfeld ermöglicht. Kimura ist keine reine Ambient Display Anwendung, sondern kombiniert interaktive Elemente mit der Darstellung von Umgebungsinformation. Ziel ist eine Arbeitsumgebung zu schaffen, die das Risiko einer kognitiven Überlastung reduziert und die Bewältigung der Vielzahl an unterschiedlichen Aufgaben erleichtert. Realisiert wird Kimura durch Projektionen auf Bürowände. Die Projektionen entsprechen den sekundären bzw. peripheren Daten. Die Datenquelle der peripheren Daten wird im Rahmen des Kimura - Projekts mit Arbeitskontext bezeichnet. Unter Arbeitskontext wird die Sammlung von Dokumenten verstanden, die bei der Vollziehung der unterschiedlichen Aufgaben entstanden ist. Diese Dokumente können sein: besuchte Webseiten, E-Mails, Textdateien, Druckaufträge, etc. Die Sammlung von Dokumenten, also der Arbeitskontext, wird schließlich als eine Art Bildmontage projiziert. Die Darstellung entspricht jedoch nicht einer abstrakten Repräsentation der Dokumente, sondern es werden reale Bilder der Arbeitsdokumente für die Zusammensetzung der Montage verwendet. Die Projektion kann weiters interaktiv verwendet werden um genauere Informationen über Dokumente und Arbeitszustände zu erhalten.



**Abbildung 8 Kimura Arbeitsumgebung**

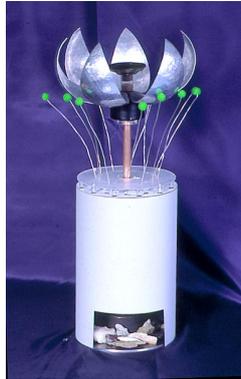
*Audio Aura (Mynatt, Back, Want, Baer, & Ellis, 1998)*

Audio Aura ist ein weiteres Projekt, das darauf ausgelegt ist, die Arbeitsumgebung durch neue Technologie zu erweitern und zu verbessern. Im Gegensatz zu den meisten anderen Ambient Displays verwendet Audio Aura keine visuelle Repräsentation, sondern eine auditive Darstellung der Information. Die Datenquelle entspringt einerseits der virtuellen Welt und andererseits der natürlichen, physischen Welt. Konkret bedeutet dies beispielsweise, dass der Benutzer in Abhängigkeit seines momentanen physischen Aufenthaltsortes über den persönlichen E-Mail Verkehr informiert wird. Der Nutzen dabei ist, dass Audio Aura eine vom Ort unabhängige Wahrnehmung bestimmter Zustände ermöglicht. Als Angestellter gewinnt man dabei an wertvoller Flexibilität, die lokal unabhängiges Arbeiten erleichtert. Das Ausmaß an Aktivität von Arbeitsgruppen oder Informationen über die Anwesenheit von Kollegen sind weitere mögliche Datenquellen, die durch Audio Aura dargestellt werden können. Die Darstellung an sich erfolgt über verschiedenartige Sounds, die über Kopfhörer als Ausgabemedium übertragen werden.

*Office Plant #1 (Boehlen, 1998)*

Office Plant beruht auf dem Konzept der so genannten "intimate technology". Es erweitert auf ästhetische Weise die Arbeitsumgebung auf Basis einer Pflanzen Metapher. Die Datenquelle sind E-Mails, die in Abhängigkeit des Inhalts Reaktionen der Pflanze hervorrufen. Das Ausgabemedium selbst hat die Form einer Pflanze, deren Blüte sich öffnet und schließt. Die

Inhalte der E-Mails werden durch Textanalyse in bestimmte Kategorien eingeteilt, die in weiterer Folge die Bewegungen der Knospe bzw. Blüte bestimmen.



**Abbildung 9 Office Plant #1**

*Unicast, Outcast, Groupcast (McCarthy, Costa, & Liongosari, 2001)*

In Rahmen dieses Projekts wurde eine Arbeitsumgebung entwickelt, die mit mehreren Ambient Displays bzw. Peripheral Displays ausgestattet ist. Die Arbeitsumgebung wird dabei in drei verschiedene Zonen eingeteilt. Die erste Zone ist der individuelle Bürobereich, Unicast, indem Informationen angezeigt, die nicht für andere bestimmt sind. Die zweite Zone, Outcast, ist außerhalb des individuellen Bürobereichs. Hier werden relevante Informationen aus den inneren Bereichen nach außen transportiert, wie beispielsweise öffentliche Termine oder Beschreibungen aktueller Projekte. Die dritte Zone ist Groupcast. Sie zeigt Informationen an, die kollaboratives Arbeiten unterstützen und informelle Kommunikationsprozesse und den Wissensaustausch zwischen den Mitarbeitern fördern. Durch die verschiedenen Displaybereiche kann der Benutzer nun kontextsensitive Informationen konsumieren. Die Datenquelle kann frei gewählt und flexibel angepasst werden, ist jedoch auf bestimmte Kategorien beschränkt (z.B. Aktienkurse, Wetter, Verkehr, etc.). Auf diese Weise ist es möglich die Displays inhaltlich individuell zu gestalten.

Unicast, Outcast und Groupcast ist also ein umfassendes Konzept zur Gestaltung neuer Arbeitsumgebungen. Hauptbestandteil sind vorwiegend Ambient Displays, die über die Funktion der Erfassung sekundärer Aufgabenbereiche hinaus, zusätzlich Interaktionsmöglichkeiten und individuelle Editierfunktionen zur Verfügung stellt.



**Abbildung 10 Unicast (links), Outcast (mitte), Groupcast (rechts)**

*Breakaway (Jafarinaimi, Forlizzi, Hurst, & Zimmerman, 2005)*

Viele der Ambient Displays sind vorrangig darauf ausgerichtet dem Benutzer als Informationsmedium zu dienen. Das primäre Ziel von Breakaway ist jedoch eine Änderung des Verhaltens beim Benutzer hervorzurufen. Verhalten bezieht sich hier auf die Sitzgewohnheiten am Arbeitsplatz während der Ausführung des Jobs. Im Idealfall motiviert Breakaway zu häufigeren Pausen und so zu einer gesünderen Arbeitsweise. Das Display selbst ist eine kleine Skulptur, die auf oder neben der Arbeitsfläche aufgestellt wird. Breakaway dient also nicht einer Gruppe von Personen, sondern ist ein gänzlich persönliches Ambient Display. Sensoren am Bürosessel messen die Zeit, die der Benutzer bereits im Stuhl verweilt. Die Bewegung und Form der Skulptur reflektieren den Zustand des Benutzers. Ist die Skulptur in aufrechter Position bedeutet dies, dass der Benutzer in guter und erfrischter Verfassung ist. Eine zusammen gekrümmte Position der Skulptur deutet auf Ermüdungserscheinungen hin. Letztere Position impliziert die Empfehlung einer Pause.



**Abbildung 11 Bewegungsablauf von Breakaway**

*Ambient Agoras (Prante, Stenzel, Roecker, Streit, & Magerkurth, 2004)*

Ambient Agoras ist ein Forschungsprojekt des Fraunhofer Instituts, Ambiente, das die Integration von Ubiquitous Computing und Ambient Intelligence Szenarien in Arbeitsumgebungen untersucht. Dabei spielt die Anwendung von Ambient Displays eine

herausragende Rolle. Die Arbeitsumgebung ist in drei verschiedene Zonen eingeteilt, die den Grad der Interaktion bestimmt. Die räumlichen Umgebungsdaten werden durch Sensoren erfasst. Auf diese Weise erkennt die Anwendung die aktuelle Position der entsprechenden Person. In Abhängigkeit dieser Position werden Inhalte angezeigt und Interaktionen mit dem System ermöglicht. Befindet sich der Anwender in der äußersten Zone (Ambient Zone), so wird er nicht von Sensoren erfasst. Auf einem großen Display (HelloWall) werden allgemeine Informationen angezeigt, die keine sensiblen, persönlichen Daten enthalten. Die Darstellung erfolgt über unterschiedliche Lichtmuster, die mit LEDs erzeugt werden. Sie zeigen die Aktivität und Anwesenheit verteilter Arbeitsgruppen an. Nähert sich der Benutzer dem Display, erhöht sich der Grad der Interaktion und der Benutzer kann persönliche Daten und Informationen abfragen und bearbeiten.

Ambient Agoras ist ein weiteres Beispiel für neue Arbeitsumgebungen, die starken Gebrauch vom Prinzip der Ambient Displays machen und unterschiedliche Interaktionsstufen unterscheiden (vgl. hierzu auch Unicast, Oucast, Groupcast). Es verbessert wesentlich die informelle und spontane Kommunikation über größere Distanzen und schafft konkretes Bewusstsein über die Aktivitäten im Arbeitsumfeld.



**Abbildung 12 Hello.Wall der Ambient Agoras Umgebung**

*Laughing Lily (Antifakos & Schiele, 2003)*

Laughing Lily ist eine Blume, die als Mediator in Gruppendiskussionen dienen soll. Die Konstruktion der Blume besteht aus einem elektromechanischen System mit Servo-Motor, Sensor und Computerchip. Die Blume wechselt ihren Zustand in Abhängigkeit des Lautstärkepegels der Gruppendiskussion. Der Sensor bzw. das Mikrofon erfassen die Schallquelle, der Computerchip berechnet Lautstärke und Geräuschpegel. Die Blume bleibt

bei null Lautstärke in einem welken Zustand, befindet sich der Pegel in einem mittleren Bereich so erfrischt sich die Erscheinung der Blume zu aufrechten Blütenblättern. Wird der Pegel hingegen zu laut, so lässt die Blume ihren Blüten erneut hängen.

Auf diese Weise repräsentiert Laughing Lily die Stimmung in der Gruppe und ermöglicht eine sensiblere Kommunikationsform innerhalb der Gruppe.



**Abbildung 13 Zustandsänderungen von Laughing Lily**

#### *BusMobile (Mankoff et al., 2003)*

Dem Zwecke nach entspricht Bus Mobile einem Busfahrplan. Es zeigt an, wie groß der Abstand des öffentlichen Verkehrsmittels zur, vom Aufenthaltsort des Benutzers betrachteten, nächstgelegenen Haltestelle ist. Die Anwendung wurde an der University of Berkeley installiert und sollte die Studenten auf die verbleibende Zeit zur Erreichung des Busses aufmerksam machen. Die Datenquelle für das Ambient Display ist demnach die Fahrplaninformation einer Buslinie. Das Ausgabemedium besteht aus Tafeln mit Busnummern, die an einem Kabel angebracht sind und sechs Motoren, die die Kabel in Bewegung versetzen. Die Kabel selbst sind mit den Motoren verbunden. Die Ausgangslage ist, dass sich die Tafeln in einer Tieflage befinden und mit der Annäherung des jeweiligen Busses vom Motor und Kabel hochgezogen werden. Jede Minute, die der Bus näher kommt, entspricht einem Inch, den die Tafel nach oben gezogen wird, die maximale Entfernung des Busses entspricht 25 Minuten und somit der tiefsten Lage einer Tafel.

#### *Daylight Display (Mankoff et al., 2003)*

Das Daylight Display wurde genauso wie das Bus Mobile Display an der University of Berkely entwickelt. Es soll den Studenten in den Seminarräumen und Labors ein ungefähres Gefühl der Tageszeit geben und über die Intensität des Tageslichtes informieren. Die

Datenquelle entstammt Beobachtungen des Tageslichtes. Es wurden einige Sonnenaufgänge und Sonnenuntergänge aufgenommen und dokumentiert. Davon wurde das Verhalten des Daylight Displays abgeleitet. Die Daten stehen also nicht „live“ zur Verfügung, sondern werden den vorher gespeicherten Lichtinformationen entnommen. Das Display selbst ist eine gewöhnliche Zimmerlampe. Durch Variationen der Stromzufuhr in Abhängigkeit der gespeicherten Tageslichtdaten wird die Information übertragen.



Abbildung 14 BusMobile (links) und Daylight Display (rechts)

#### *Dangling String (Mark Weiser, 1996)*

Dangling String wurde bereits im Zusammenhang mit der Vision Mark Weisers von einer Calm Technology (Kapitel 2) erwähnt. Es handelt sich um eine Plastikschnur die an einer Raumdecke installiert ist. Ein elektrischer Motor setzt die Schnur in Bewegung. Die Datenquelle ist der momentane „Traffic“ eines Netzwerkes. Je stärker der Datenverkehr in diesem Netzwerk ist, desto schneller dreht sich der Motor. Dadurch kommt es auch zu einer verstärkten Bewegung der Schnur.



Abbildung 15 Dangling String

*Plato's Cave (Marchese & Marchese, 2004)*

Plato's Cave erfüllt geschlossene Räume ohne Fenster mit „Live“ - Bildern von der Außenwelt. Die unmittelbare äußere Umgebung wird mit Kameras aufgenommen, über ein Netzwerk gesendet und schließlich im geschlossenen Raum auf eine beliebige Wand projiziert. So herrscht bei den Personen im inneren des Raumes konstantes Bewusstsein über die Zustände der Außenwelt. Die Darstellung erfolgt mit Echtzeitbildern, die weder verfälscht, noch abstrahiert werden.



**Abbildung 16 Webcam zur Aufnahme der Live Bilder (links), Projektion der Live Bilder ins Innere**

*Ambient Dayplaner (Dana, 2000)*

Diese Anwendung stellt durch Projektionen auf Wände Zeit und entsprechende zeitlich eingeordnete Termine dar. Ambient Dayplaner kombiniert aktive Elemente mit peripheren Darstellungen, die als Ambient Display fungieren. Durch unregelmäßiges Abspielen von Audiosamples, wie etwa Vogelgezwitscher, wird der Benutzer daran erinnert, dass die verbleibende Zeit zu einem Termin bereits sehr gering ist. Je näher der Termin rückt, desto höher wird die Intensität des Audiosamples. Die Zeitgrenze, ab der der Benutzer durch Audio-Hinweise auf die restliche Zeit aufmerksam gemacht wird, kann frei gewählt werden.



**Abbildung 17 Zeitanzeige des Ambient Dayplaner mit Tangible Interface**

## 4.2. Private Umgebung

*Lumitouch (Chang, Resner, Koerner, Wang, & Ishii, 2001)*

Lumitouch besteht aus zwei miteinander verbundenen interaktiven Bilderrahmen, die über Berührungen des Bilderrahmens zwischenmenschliche Kommunikation ermöglichen. Berührt die eine Person den Bilderrahmen, so leuchtet der Bilderrahmen der nicht physisch anwesenden Person auf. Die Datenquelle entspricht also den Berührungen der entfernten Person. Die Berührung wird in Lichtmuster umgewandelt. So kann über große Entfernungen ein Bewusstsein der Nähe geschaffen werden. Es dient der sozialen und emotionalen Bindung zwischen zwei Personen, indem die gegenseitige Wahrnehmung des Zustands des anderen ermöglicht wird. Die Anwendung und Funktionsweise von Lumitouch ermöglicht zusätzlich die Entwicklung einer eigenen emotionalen Sprache. Die dabei entstehenden Lichtcodes erheben Lumitouch auf eine semantische Ebene, die für Kommunikationszwecke verwendet werden kann.



**Abbildung 18 Lumitouch**

*Digital Family Portrait (Mynatt, Rowan, Craighill, & Jacobs, 2001), CareNet (Consolvo, P.Roessler, & Shelton, 2004)*

Digital Family Portrait versucht ähnlich wie Lumitouch räumlich getrennte Personen über große Distanzen emotional miteinander zu verbinden. Dieses Projekt verfolgt jedoch einen noch konkreteren Zweck. Motivation ist die immer älter werdende Bevölkerung in den USA. Um diesen älteren Menschen ein unabhängiges und autonomes Leben zu ermöglichen, wurde „Digital Family Portraits“ entwickelt. Ein eingerahmtes Bild einer nahe stehenden Person zeigt relevante Lebenszustände der jeweiligen Person an. Diese Zustände können verschiedene Lebensbereiche betreffen: Gesundheit, Wohnumgebung und soziale Kontakte.

Unterschiedlich geformte und dimensionierte Icons am Bilderrahmen repräsentieren die Zustände der Personen. Durch Berührungen der Icons können Detailinformationen abgerufen werden. Digital Family Portrait bietet also zusätzliche Interaktionsmöglichkeiten. Es ist nicht auf die alleinige Anzeige des globalen Gesundheitszustand bzw. der Lebenssituation beschränkt. Die Zustände der Personen werden über mehrere Sensoren, Kameras und Mikrofone, die im Lebensraum der jeweiligen Person installiert sind, erfasst. Die so gewonnene Information wird schließlich am Digital Family Portrait entsprechend abgebildet.

Ein verwandtes Projekt, das sich ebenfalls Familienportraits als Ausgabemedium zu Nutze macht, ist CareNet. Mit gleicher Technik wird versucht den aktuellen Lebenszustand von älteren Personen über große Distanzen darzustellen. Auf diesem Weg soll ein Pflegenetzwerk über größere Distanzen aufgebaut werden.



**Abbildung 19 Digital Family Portraits**



**Abbildung 20 Erster Prototyp des CareNet Displays**

*Music Monitor (Tran & Mynatt, 2000)*

Music Monitor ermöglicht die gleichzeitige Wahrnehmung von peripheren Daten während der Ausführung einer primären Tätigkeit. Die Anwendung ist ursprünglich für die Benutzung im Heimbereich gedacht. Ein Szenario mit Music Monitor könnte folgendermaßen aussehen:

Eine Person ladet mehrere Personen zu sich nach Hause ein. Die Person muss nun mehrere Tätigkeiten ausführen, wie Begrüßung der Gäste, Servieren von Getränken, die Gäste unterhalten. Während der Gastgeber nun in der Küche Speisen und Getränke vorbereitet, ermöglicht Music Monitor die Übertragung der aktuellen Aktivität im Nebenraum. Verlässt der Gastgeber die Küche so wird die Aktivität aus der Küche im Gästezimmer übertragen. Vier unterschiedliche Audiosamples reflektieren die aktuellen Zustände in den jeweiligen Räumen. Die Zustände sind in semantische Kategorien eingeteilt (ok, next, warning, alert). Die Aktivitäten als Datenquelle werden mit Hilfe von Trackingsystemen und Sensoren erfasst und den Kategorien zugeordnet, die wiederum an eindeutige Audiosamples gebunden sind.

*Reach (Jacobs & Worbin, 2005)*

In diesem Projekt werden digitale Komponenten in Kleidungsstücke integriert. Derartige Kleidungsstücke oder Textilien nennen sich „smarte Textilien“. Einige derartiger Textilien weisen etliche Gemeinsamkeiten mit Eigenschaften von Ambient Displays auf. Reach visualisiert auf Textilien kontext-sensitive Daten. Das Ziel dieses Projekts ist es soziale Interaktion in herkömmlichen Lebenssituationen zu fördern und zwischenmenschliche Barrieren aufzuweichen. Im Rahmen des Projekts wurden einige Prototypen entwickelt.

### 1. Reach Out – Hat

Reach Out Hat ist ein Hut, der durch die Entfernung zu anderen Hutträgern die Intensität der eingearbeiteten Muster verstärkt bzw. abschwächt. Folgender Zusammenhang besteht zwischen dem lokalen Kontext und dem Erscheinungsbild der Muster zweier Hüte: In Hut X ist das Muster  $m_X$  (z.B. ein Punkt) eingearbeitet, in Hut y das Muster  $m_Y$  (z.B. eine Blume). Nähert sich nun die Person mit Hut X der Person mit Hut Y so werden die spezifischen Musterfragmente auf dem jeweils anderen Hut angezeigt.



**Abbildung 21 Reach Out Hats**

## 2 . Reach In – Environmental Pattern

Hierbei handelt es sich um eine Handtasche, die durch Sensoren Zustände der momentanen Umgebungen erfassen kann. Ein in der Tasche eingebauter Chip verarbeitet die gesammelten Daten, wie etwa Temperatur, Geräuschpegel oder Lichtverhältnisse und weist sie den entsprechenden Visualisierungsmustern zu, die schließlich das Erscheinungsbild der Tasche verändern. Durch Interpretation der Muster auf der Tasche kann auf den lokalen Kontext geschlossen werden.



**Abbildung 22 Reach In, Tragetaschen**

### *Spektograph – Positional Ripples (Ho-Ching, Mankoff, & Landay, 2003)*

Diese beiden Displays dienen der Visualisierung von Audiodaten um hörgeschädigten Personen die Wahrnehmung von Schallquellen zu ermöglichen. Das Display ist darauf ausgerichtet in Heimumgebungen angewandt zu werden. Zwei unterschiedliche Prototypen wurden entwickelt. Der erste Prototyp visualisiert Audiodaten durch die Form von konzentrischen Kreisen. Der Kreismittelpunkt zeigt die Position der Schallquelle im Raum an. Die Ausläufer der konzentrischen Kreise zeigen die Lautstärke und Intensität des Geräuschs. Der zweite Prototyp stellt Geräusche nach dem gleichen Prinzip dar wie ein Spektograph, der im Bereich der Sprachtherapie eingesetzt wird. Die Darstellung ist wesentlich abstrakter und daher auch schwieriger zu interpretieren. Dennoch können mit Hilfe beider Prototypen hörgeschädigte Personen eine verbesserte Wahrnehmung von aktuellen Zuständen der Lebensumgebung erreichen.

### *Musical Effects (Barrington, Lyons, Diegmann, & Abe, 2006)*

Durch Audioeffekte, die auf unterschiedliche Musikstücke angewandt werden, wird ein auditives Ambient Display konstruiert. Das Ambient Display soll menschliche Gefühle durch

Musik ausdrücken (vergleichbar mit den Ansätzen der Affektenlehre aus dem Gebiet der Musiktheorie). Die Datenquelle ist der Gefühlszustand einer Person. Mit Hilfe einer Kamera werden die Gesichtszüge, die ein wesentlicher Indikator für den Ausdruck non-verbaler Kommunikation sind, erfasst. Die Gesichtszüge werden nun analysiert und drei unterschiedlichen Kategorien zugeordnet. Die drei Kategorien entsprechen den Gefühlszuständen entspannt (ruhig), normal, aufgeregt. Die Gefühlszustände werden wiederum durch die Anwendung von entsprechenden Audioeffekten ausgedrückt. Der Benutzer hört schließlich Musikstücke, die mit Effekten verfremdet wurden. Der Benutzer erkennt die Verfremdung und assoziiert sie mit dem Gefühlszustand der von der Kamera analysierten Person.

*Ambient Lover's Cup (Lee & Chung, 2006)*

Lover's Cup sind paarweise Trinkbecher die über Wifi miteinander verbunden sind. Über Sensoren wird erfasst, dass aus dem Becher getrunken wird. Anschließend werden die Daten zum entfernten Becher übertragen, der durch integrierte LEDs anzeigt, dass der Partner soeben trinkt; trinken beide, leuchten auch beide. Es entsteht ein völlig neues Kommunikationsinterface. Lover's Cup verbindet so voneinander getrennte Personen auf nahezu intime Weise und übermittelt emotionale Zustände durch sehr ungewöhnliche Input/Output-Geräte.



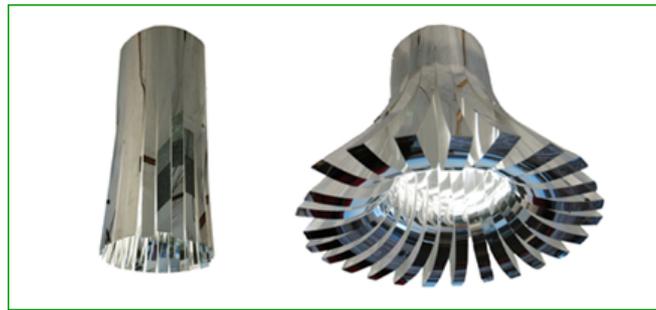
**Abbildung 23 Ambient Lover's Cup - Emotionale Trinkbecher**

*Static*

Static ist ein schwedisches Projekt, das neue Interaktionsformen zur Wahrnehmung von privatem Energieverbrauch entwickelt. Um einen bewussten Umgang mit Energie zu fördern, wurden eine Reihe von Ambient Displays entwickelt, die das Konsumverhalten von verschiedenen Arten von Energie nachhaltig ändern sollen. Im Folgenden werden diese Ambient Displays dargestellt.

## 1. Flower Lamp (*Lagerkvist, Von der Lacken, Lindgren, Sävström, & Nordahl*)

Flower Lamp ist eine Zimmerlampe die nicht nur durch das Leuchten die Übertragung von Energie symbolisiert, sondern auch durch eine Veränderung in Form und Gestalt. In Abhängigkeit des Energieverbrauchs eines Wohnraumes öffnet bzw. schließt sich die Lampe wie die Blüte einer Blume.



**Abbildung 24 Flower Lamp**

## 2. Power Aware Cord (*Gustafsson & Gyllenswärd, 2005*)

Power Aware Cord visualisiert den Stromverbrauch durch eingebaute Leuchten direkt im Stromkabel. Je mehr Strom durch das Kabel fließt, desto schneller blinken die eingebauten Leuchten. Eine andere Möglichkeit der Visualisierung ist die Darstellung über Unterschiede in der Intensität des Lichts. Der Benutzer kann auf diese Weise den Energieverbrauch reflektieren und möglicherweise wird auch sein Konsumverhalten nachhaltig verändert.



**Abbildung 25 Power Aware Cord**

## *Weather Toaster (Southgate, 2001)*

Weather Toaster ist hinsichtlich der Integration eines Informationsmediums in Alltagsgegenstände ein außergewöhnliches Projekt. Als Ausgabemedium dient ein

herkömmlicher Toaster, wie er vermutlich jedem aus dem eigenen Haushalt geläufig ist. Im Toaster befindet sich eine Schablone die drei Wetterzustände repräsentiert. Die Schablone bewirkt, dass, je nach Wetterzustand ein anderes Symbol auf das Toastbrot „getoastet“ wird. Die drei Zustände sind: Bewölkung, Regen und Sonne. Ist der Wetterzustand bewölkt, so wird eine Wolkenschablone eingesetzt und auf dem Toastbrot wird folglich eine Wolke „gebräunt“. Das gleiche Vorgehen gilt für die beiden weiteren Wetterlagen.



**Abbildung 26 Weather Toaster - Die getoastete Wolke mit Regentropfen repräsentiert Regenwetter**

### **4.3. Allgemein**

*InfoCanvas (Miller & Stasko, 2001)*

Der Schwerpunkt dieses Projekts liegt auf einer ästhetisch ansprechenden und vom Benutzer frei wählbaren Darstellung der Information. Dies bedeutet, dass weder die Datenquelle noch die Visualisierung vom System vorbestimmt ist. Der Benutzer wählt verschiedene Grafiken bzw. Bilder aus, die er selbstständig mit einer Datenquelle verbindet. Zudem wird auch die Datenquelle vom Benutzer selbst bestimmt. Die auswählbaren Datenquellen sind E-Mail Verkehr oder geeignete Inhalte von Webseiten wie etwa Aktienkurse. InfoCanvas ist somit ein individuell gestaltbares und flexibel veränderbares Ambient Display. Die untere Abbildung zeigt mögliche Motive die vom Benutzer ausgewählt werden können. Jedes einzelne Motiv, wie etwa Sonne, Palme oder Sonnenschirm wird einer Datenquelle zugeordnet. Gibt es nun Veränderungen in der Datenquelle, so werden diese im InfoCanvas sichtbar, z.B. könnte sich bei einem Anstieg der Aktienkurse die Sonne vergrößern.



**Abbildung 27 InfoCanvas - Unterschiedliche Motive repräsentieren unterschiedliche Datenquellen**

*Information Percolator (Heiner, Hudson, & Tanaka, 1999)*

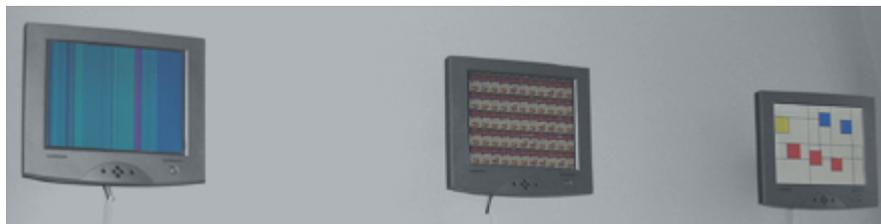
Information Percolator ist ein eigenständiges Ausgabemedium, das speziell für die Darstellung von Information entwickelt wurde. Es besteht aus mehreren senkrecht aufgerichteten, nebeneinander angeordneten Wasserröhren. Die Darstellung von Information erfolgt durch die Erzeugung von Luftblasen in den Röhren. Es entspricht einer Form von „Pixel“ – Darstellung, wobei die Luftblasen einzelne Pixel sind. Information Percolator ermöglicht auf diese Weise die Erzeugung von verschiedenartigsten Mustern. Darüber hinaus ist der Designer nicht an eine spezielle Datenquelle gebunden. Die Datenquelle kann frei gewählt werden. Eine Beispielanwendung ist die Darstellung vom Grad der Aktivität in Arbeitsumgebungen. Unter Aktivität wird in diesem Fall das Ausmaß an physischer Bewegung im Flur des Bürogebäudes verstanden. Nachdem Kameras diese Bewegungen erfasst haben, wird die Information in den Wasserröhren durch Wasserblasen angezeigt. Die Intensität der Wasserblasenerzeugung lässt auf die Bewegungsaktivität in den Gängen schließen.



**Abbildung 28 Information Percolator - Wasserblasen in Röhren visualisieren Information**

*Slow Technology – Informative Art (Hallnas & Redstroem, 2001) (Redstroem, Skog, & Hallnas, 2000)*

Slow Technology ist kein einzelnes Ambient Display, sondern Gesamtkonzept und Designphilosophie um Lebensumgebungen mit digitaler Technologie zu erweitern. Die Vision Mark Weisers von einer Calm Technology ist großer Einflussfaktor und weist viele Gemeinsamkeiten mit Slow Technology auf. Mitarbeiter rund um das schwedische Institut und Forschungslabor PLAY am Viktoria Institut, Göteborg sind die Erfinder dieses Konzepts, das unter anderem auch den Ansatz der Informative Art umfasst. Informative Art legt den Schwerpunkt auf eine Einbindung von ästhetischen Informationsdisplays in die Lebensumgebung. Das Ziel ist eine Verbindung von Kunst und Informationsmedium, also einer Erzeugung eines Mehrwerts über das einfache Mittel zum Zweck (dies wäre in diesem Fall die ausschließliche Darstellung von Information) hinaus. Die Visualisierung wird meist von bekannten Kunststilen adaptiert und um eine informative Komponente erweitert. Informative Art brachte zahlreiche Prototypen von Ambient Displays hervor, die im Folgenden beschrieben werden.



**Abbildung 29 Informative Art Displays**

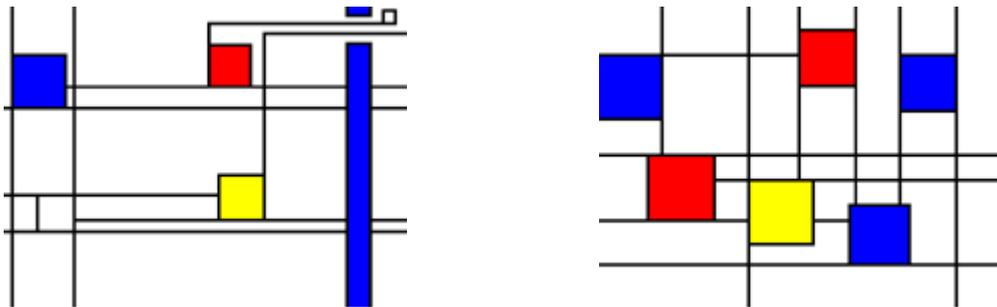
### 1. Bus Composition

Bus Composition zeigt die Abfahrtszeiten von Buslinien an. Das Design wurde von den Werken des holländischen Malers Piet Mondrian übernommen. Veränderungen im Bild werden durch Echtzeitdaten der Buslinien (Fahrzeit, Fahrstrecke, etc.) hervorgerufen.

### 2. Weather Composition

Weather Composition entlehnt das Design demselben Gemälde Mondrians wie das oben beschriebene Bus Composition Display. Der Unterschied liegt in der Verwendung einer

anderen Datenquelle. Weather Composition visualisiert die aktuelle Lufttemperatur und den aktuellen Wetterstand (dies entspricht einer Unterscheidung in sonnig, bewölkt, heiter, etc.). Mit dem Anstieg oder dem Fallen der Temperatur verändert sich die Größe der Rechtecke des Mondrian Gemäldes. Durch die Farbe der Rechtecke und deren Änderungen kann auf den Wetterzustand geschlossen werden.



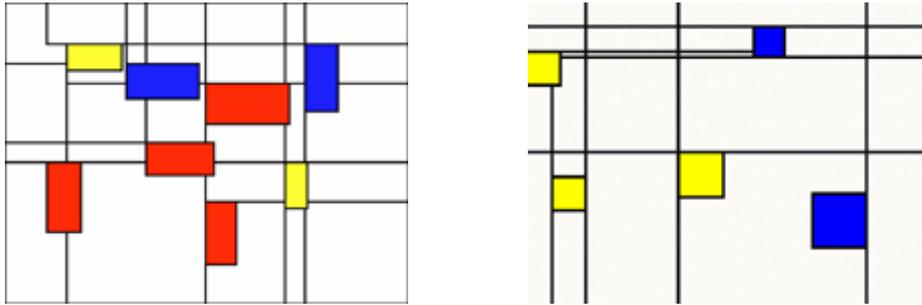
**Abbildung 30 Mondrian Adaption zur Anzeige eines Busfahrplanes und der Wetterlage**

### 3. Forecast Composition

Forecast Composition ist eine weitere Mondrian Adaption, in der die Informationsquelle aktuelle Wetterdaten und zukünftige Wetterdaten sind. Das Prinzip entspricht exakt dem des „Weather Composition“ – Displays. Wiederum entsprechen die Größe des Rechtecks der Temperatur und die Farbe dem Wetterstand.

### 4. E-mail Composition

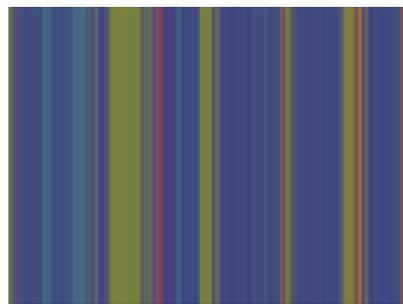
E – Mail Composition war die erste Anwendung, die das Thema von Mondrian aufgriff. Die Datenquelle ist der E-Mail Verkehr. Der aggregierte Summe von Eingangsmails und Ausgangsmails wird über die Größe der Rechtecke dargestellt. Die Farbe bedeutet die Zeitspanne, die seit dem letzten Abrufen der Mails vergangen ist.



**Abbildung 31 Mondrian Adaption zur Anzeige von Wetterprognosen und E-Mail Verkehr**

## 5. Motion Painting

Motion Painting visualisiert den Aktivitätslevel eines Raumes. Die Bewegungen der Personen im Raum werden mit Kameras erfasst. Auf Grundlage dieser Daten wird eine abstrakte Visualisierung, die aus unterschiedlichen Farben und vertikalen Linien besteht, generiert. Auf diese Weise entstehen Aktivitätsmuster, die Unterschiede in der Aktivität erkennen lassen. Das Vorbild für diese Visualisierung stammt aus dem Bereich der abstrakten Malerei und Op Art. Die Künstler Bridget Riley oder Marc Rothko gelten als Inspirationsquelle für dieses Ambient Display.

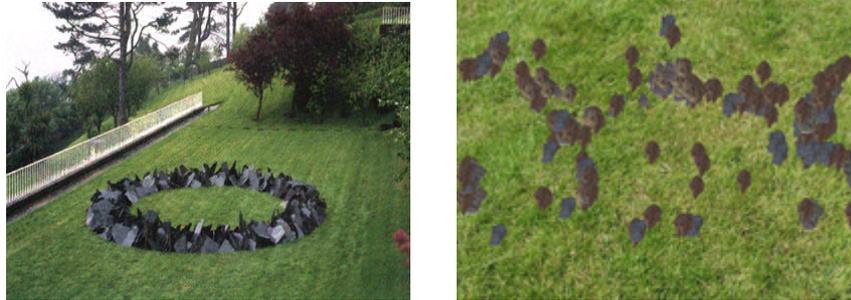


**Abbildung 32 Motion Painting - Visualisierung von Aktivitätslevel**

## 6. Stone Garden

Stone Garden visualisiert Daten von Erdbeben. Als Vorbild dienen die Kunstwerke des Landschaftsgestalter Richard Long. Die Information ist der Größe der grafischen Symbole und der Positionierung auf dem Display zugeordnet. Verändern sich nun die Muster der Symbole, so lässt dies auf eine Veränderung der Datenquelle schließen. Stone Garden wurde ursprünglich im Zusammenhang mit der Erdbebenregion Los Angeles entwickelt.

Anstiege und Rückgänge in der seismografischen Aktivität der Region werden durch die Anzahl der Steine symbolisiert. Die Abbildung zeigt Erdbebendaten der letzten 30 Tage. Stone Garden transportiert auf schöne Weise ein weniger schönes Thema.



**Abbildung 33 Stone Garden - Inspiration durch Richard Long (links), Visualisierung von Erdbebendaten in Los Angeles (rechts)**

## 7. Objective/Subjective Time

Dieses Display stellt die objektive Zeit der subjektiven Zeit gegenüber. Unter objektiver Zeit wird die Zeit verstanden, die mit einer Uhr gemessen wird. Die Messung der subjektiven Zeit erfolgt durch die Bestimmung von Aktivität, beispielsweise Aktivität als Anzahl der Personen die einen Raum betreten bzw. verlassen oder Aktivität als Summe an digitaler Kommunikation. Die Visualisierung ist einfach und abstrakt. Die beiden Zeiten werden durch Rechtecke symbolisiert. Farbänderungen sind gleichbedeutend mit dem Lauf der Zeit. Die objektive Zeit verändert die Farbe dem aktuellen Tageslicht entsprechend, die subjektive Zeit richtet sich nach der Summe an Aktivitäten innerhalb der objektiven Zeit.



**Abbildung 34 Objective/Subjective Time - Gegenüberstellung von realer Zeitmessung und Zeit in Abhängigkeit der Aktivität einer Person**

## 8. Campbell Clock

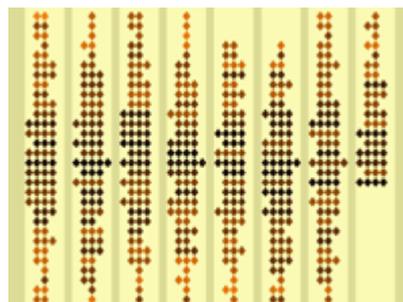
Campbell Clock orientiert sich an einem Kunstwerk von Andy Warhol. Das Display besteht aus kleinen Fragmenten mit dem Motiv zweier unterschiedlicher Sorten von „Campbell Suppen“. Die beiden Sorten haben zudem unterschiedliche Farben, gelb und rot. Das Display kann nun zur Zeitintervallmessung genutzt werden. Zu Beginn eines Countdowns dominiert die Farbe rot, da die Fragmente nur aus roten Suppendosen bestehen. Mit jeder verstrichenen Zeiteinheit werden die roten Dosen durch gelbe Dosen ersetzt, sodass eine vollständige Farbtonänderung des Bildes auf das Ablaufen des Countdowns schließen lässt.



**Abbildung 35 Campbell Clock - Zeitmessung durch Farbtonänderungen der Campbell Dosen**

## 9. Activity Wallpaper (Skog, 2004)

Activity Wallpaper visualisiert auf abstrakte Weise die Aktivität von Personen und Lebensumgebungen. Die Aktivität wird mit Sensoren und Kameras erfasst und in weiterer Folge als ästhetisches Bild visualisiert. Die Muster des Bildes verändern sich in Abhängigkeit der unterschiedlichen Aktivitätsniveaus. Die Visualisierung besteht aus acht vertikalen Linien. Jede dieser Linien repräsentiert einen Tag, der das Aktivitätsniveau anzeigt. Auf diese Weise kann ein historischer Verlauf der Aktivitäten einer ganzen Woche abgelesen werden.



**Abbildung 36 Activity Wallpaper - Visualisierung von Aktivitätslevel der Umgebung einer ganzen Woche**

### *Money Tree (Eades & Shen, 2004)*

Money Tree verwendet eine Baum Metapher für die Darstellung von Finanzdaten. Die Datenquelle sind aktuelle Entwicklungswerte von Kapitalmärkten. Um über Kursentwicklungen ausreichend informiert zu sein, müssen das Aktienvolumen, der Aktienpreis und Vergleiche mit anderen Wertpapieren in der Visualisierung enthalten sein. Money Tree erfüllt diese Anforderung auf folgende Weise: die Größe des Baumes impliziert das Volumen des Aktienmarktes, die Dichte des Blattwuchses eines einzelnen Baumes repräsentiert den Preis. Zusätzlich werden insgesamt drei börsennotierte Unternehmen vergleichend nebeneinander positioniert. Das physische Ausgabemedium entspricht einem Bilderrahmen, der an beliebigen Orten angebracht werden kann. Die Finanzdaten bzw. die Visualisierung werden jede Minute einem Update unterzogen.



**Abbildung 37 Money Tree - Gegenüberstellung von drei unterschiedlichen Wertpapieren. Die Pflanze repräsentiert die Entwicklung des Wertpapiers**

### *AmbiLamp (Roecker, Bayon, Memisoglu, & Streitz, 2005)*

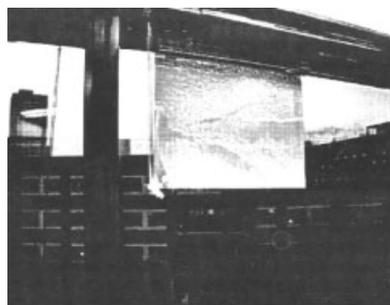
AmbiLamp ist eine E-Mail Benachrichtigungsanwendung, die auch ohne aktivierten Desktop Computer den Benutzer über den aktuellen Stand seiner Mailbox informiert. Das Ausgabemedium ist eine Tischlampe, die in drei unterschiedliche gefärbte Lichtzonen unterteilt ist. Jede der drei Zonen entspricht einer bestimmten Prioritätenstufe. Die Helligkeit gibt Hinweise auf die Anzahl der neuen Mails innerhalb der jeweiligen Stufe. AmbiLamp schafft so ein Bewusstsein, das auf unaufdringliche Weise die nötige Information transportiert.

### *Information Curtain (Melin, 2001)*

Information Curtain ist ein Textil, das in Abhängigkeit von Input-Daten das Aussehen dynamisch verändern kann. Das Textil selbst wird aus einem speziellen Material gefertigt, das durch die Bestrahlung mit UV – Licht verschiedenartige Farbmuster annimmt. Die Steuerung des UV – Lichts erfolgt mittels Computer, der die Datenquelle öffnet und die Daten an das UV – Ausgabegerät sendet. Das UV – Licht wird schließlich auf das Textil projiziert. Mögliche geeignete Datenquellen wären Wetterdaten, Aktivität in Arbeitsumgebungen oder auch soziale Wahrnehmung über große Distanzen (vgl. hierzu CareNet bzw. Digital Family Portrait). Durch unterschiedlich starke Bestrahlung mit UV – Licht können die Daten visualisiert werden.

### *Short Term Weather Forecast – Window (Rodenstein, 1999)*

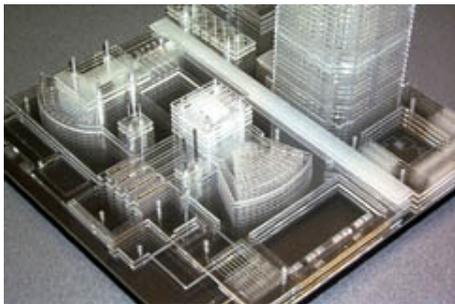
Dieses Ambient Display macht sich die Vorteile und Annehmlichkeiten von herkömmlichen Fenstern in Räumen zu Nutze. Das traditionelle Fenster an sich weist zahlreiche Parallelen zu den Prinzipien technologischer Ambient Displays auf. Es informiert über aktuelle Wetterzustände und lässt weitere Aufschlüsse über die räumliche Umgebung zu. Weather Forecast erweitert nun das Fenster durch transparente Filmfolien und verwendet diese als Projektionsfläche zur Anzeige von kurzfristigen Wettervorhersagen. Die Wetterdaten werden aus dem Internet extrahiert und durch geeignete Darstellungen auf dem Fenster repräsentiert. Die Darstellung basiert entweder auf einfachen Abbildungen oder Animationen von konkreten Wetterzuständen (z.B.: Animation von Eisregen). Der Abstraktionsgrad der Visualisierung ist gering. Es wird versucht ein möglichst reales Abbild der Wirklichkeit zu schaffen und diese in die existierende Realität einzubinden.



**Abbildung 38 Window - Transparente Projektionsfläche auf einem Fenster als Wetteranzeige**

*Strata / ICC (Ullmer, Kim, Kilian, Gray, & Ishii, 2001)*

Strata ist ein zwei Meter hohes Modell eines Gebäudes in Tokyo. Das Modell stellt mittels LEDs die im Modell integriert sind, den Wasserverbrauch, Stromkonsum, die Temperatur im Gebäude und andere Größen der Infrastruktur dar. Die Visualisierung der Unterschiede im Konsum wird durch Änderungen in Farbe und Intensität der LED – Leuchten realisiert. Weiters weist die unterschiedliche Rotationsgeschwindigkeit der Leuchten auf eine Erhöhung bzw. Reduktion bestimmter Parameter hin. Im Falle Stratas bedeutet beispielsweise eine hohe Rotationsgeschwindigkeit einen hohen Energieverbrauch und eine niedrige Rotationsgeschwindigkeit einen niedrigen Energieverbrauch. Die Zuweisung von Daten zu Visualisierung erwies sich nach Durchführung von Benutzertests als nicht eindeutig. Übergänge von Zuständen wurden häufig nicht richtig interpretiert bzw. wurden falsch verstanden.



**Abbildung 39 Strata ICC - Darstellung des Energieverbrauchs eines Gebäudes durch ein physische Modell und Lichtänderungen**

*One Pixel Display (Lund & Wiberg, 2004)*

One-Pixel Display ist ein ausgesprochen einfaches Ambient Display. Es besteht aus einer einzigen Leuchtdiode (daher auch der Name „one-pixel“ - Display), die der Anzeige von Information dient. Die Diode selbst wird bedeckt mit transparenten Steinen, um dem Anspruch der ästhetischen Gestaltung gerecht zu werden. Die Technologie bleibt dem Benutzer auf diese Weise verborgen. Der Input kann beliebig gewählt werden und ist nicht auf konkrete Datenquelle beschränkt. Beispielsweise könnte das Display Änderungen in Kapitalmärkten oder Wetterlagen anzeigen, oder aber auch die Anzahl neuer E-Mails im Posteingang. Mit der Entwicklung wurde unter anderem versucht ein eigenes

Designparadigma für die Gestaltung von Ambient Displays zu begründen. Das Design soll nicht von der verfügbaren Technologie bestimmt werden, sondern von der Einfachheit der Darstellung als primäres Ziel. So könnten mit einfachsten Mitteln sehr effektive Ambient Displays realisiert werden.



**Abbildung 40 One-Pixel Display**

*Kandinsky System (Fogarty, Forlizzi, & Hudson, 2001)*

Die Entwicklung dieses Ambient Displays verfolgt als primäres Ziel ästhetisch auszusehen. Als zusätzlichen Nutzen zur Ästhetik wird Information übertragen. Das Konzept weist starke Analogien zu Informative Art (siehe weiter oben) auf. In diesem System wird jedoch nicht am Künstler Piet Mondrian Anleihe genommen, sondern an Vasily Kandinsky. Die Basis des Display Designs ist das typische Aussehen von Kandinsky Gemälden, die fragmentiert sind und aus vielen unterschiedlichen kleine Flächen bestehen (ähnlich einer Collage). Die Dichte, Größe und Form der Bildfragmente wird schließlich von der Datenquelle bestimmt (genauer gesagt bestimmt das Mapping von Daten zum visuellen Output das Design des Displays). Zusätzlich wird eine Optimierungstechnik eingesetzt, um das Mapping so zu steuern, dass die Bildkomposition am ehesten jener von Kandinsky entspricht. So sollen Displays des Kandinsky Systems Heimumgebungen oder Arbeitsumgebungen aufwerten wie ein Poster oder herkömmliches Bild. Für die Visualisierung stehen beliebig viele Motive zur Verfügung, die dazu verwendet werden können, die Collage zu kreieren. Diese so genannten „aesthetic templates“ schaffen Flexibilität und Freiraum in der Gestaltung. Das System verarbeitet in erster Linie Daten aus dem virtuellen Bereich. Im entwickelten Prototyp wurden beispielsweise bestimmte Textnachrichten in den zerteilten Hintergrund integriert.

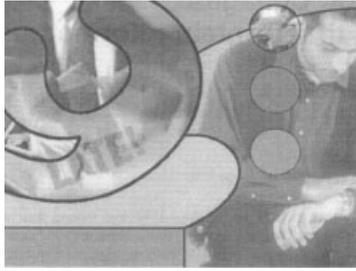


Abbildung 41 Kandinsky Scheme - Fragmente repräsentieren bestimmte Datenquellen

## 4.4. Kommerzielle Anwendungen

### *Ambient Devices*

Ambient Displays bleiben nicht ausschließlich den Forschungslabors vorenthalten, sondern werden mittlerweile auch kommerziell verwertet. Ambient Devices ist ein Unternehmen, das von mehreren HCI – Wissenschaftler aktiv unterstützt wird und auch aus dem universitären Umfeld heraus gegründet wurde. Zahlreiche Ambient Display Anwendungen wurden bisher entwickelt und zum Kauf angeboten. Einige der Applikationen sind bereits von früheren Prototypen bekannt. Die wichtigsten werden an dieser Stelle beschrieben.

#### 1. Ambient Orb (AmbientDevices, 2004)

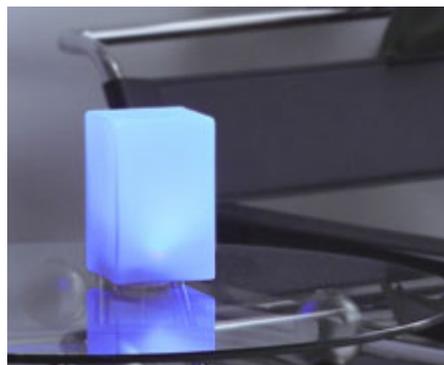
Ambient Orb ist eine äußerst dekorative Glaslampe, die unterschiedliche Informationsquellen aus dem Internet als Datenbasis verwenden kann. Populäre Daten sind Aktienkurse, Wirtschaftsdaten, Wetterdaten oder Energiepreise. Farbänderungen geben Hinweise auf die aktuelle Entwicklung der Daten. Beispielsweise bedeutet ein gelbes Leuchten der Lampe unveränderte Wirtschaftsdaten und ein Wechsel in helles rot, dass sich die Märkte nach unten entwickeln. Die Darstellung erfolgt bei der Verwendung einer anderen Datenquelle genau gleich.



**Abbildung 42 Ambient Orb**

## 2. Weather Beacon (AmbientDevices, 2003)

Weather Beacon ist ebenso wie Ambient Orb eine Lampe, die in unterschiedlichen Farben in Abhängigkeit der Daten leuchten kann. Ursprünglich ist Weather Beacon als Ambient Display zur Wettervorhersage gedacht. Die Anzeige verwendet dieselben Farbcodes für Wetter wie die Tageszeitung US Today. Bei einer regnerischen Vorhersage blinkt der Weather Beacon. Die Datenquelle entspringt dem Internet. Von Seiten wie Yahoo können die Wetterdaten gewonnen werden. Weather Beacon ist jedoch nicht auf Wetterdaten beschränkt. Zahlreiche weitere Informationskanäle des Internets können als Datengrundlage verwendet werden (z.B.: Wirtschaftsdaten, Aktienkurse, etc).



**Abbildung 43 Weather Beacon**

## 3. Ambient Umbrella (AmbientDevices, 2006)

Eines der neuesten Produkte der Ambient Device Familie ist Ambient Umbrella. Die Anwendung dient der Anzeige von Wetterdaten. Wird Regen vorausgesagt so beginnt der Griff des Regenschirms zu leuchten. Durch die Frequenz des Aufblinkens des Lichtes, kann

auf die Regenwahrscheinlichkeit geschlossen werden. Eine Vorhersage von 100% Regen, hat eine Frequenz von hundert Mal Aufleuchten pro Minute zur Folge. Ist die Regenwahrscheinlichkeit geringer, verringert sich auch die Frequenz. Die Datenquelle entstammt der Website Accuweather.com, deren Daten vom Regenschirm lokal abhängig empfangen werden können.



**Abbildung 44 Ambient Umbrella**

## *Violet*

### 1. Nabaztag (Violet, 2005)

Nabaztag (armenisch für Hase) ist ein 23 cm großer Hase, der mit dem Internet über Wifi verbunden ist. Aus dem Internet bezieht er unterschiedliche Datenquellen, wie Wetter, Aktienkurse oder E-Mails und zeigt sie durch entsprechende Leuchtmuster an. Darüber hinaus kann Nabaztag die Daten aus dem Internet auch vorlesen oder bestimmte Informationen durch Bewegung der Ohren symbolisieren.

### 2. Da Lamp (Violet, 2004)

Ein weiteres kommerzielles Produkt ist Da Lamp. Da Lamp funktioniert prinzipiell wie Ambient Orb. Es handelt sich dabei um eine Lampe, die über Wifi mit dem Internet verbunden ist und so verschiedene Datenquellen nutzen kann. Bestehende Information, wie etwa Wetterdaten oder Aktienkurse werden über bestimmte Lichtmuster angezeigt. Da Lamp ermöglicht es aber zusätzlich Daten zu verarbeiten, die individuell generiert werden. So verwendet die Lampe E-Mails als Dateninput und visualisiert den emotionalen Zustand des Verfassers. E-Mails werden mit Animationen annotiert, die die Emotion ausdrücken, wonach

Da Lamp mit einer entsprechenden Visualisierung reagiert. Weiters ist es möglich, in gleicher Weise wie Lumentouch, eine emotionale Sprache durch Berührungen der Lampe zu entwickeln.

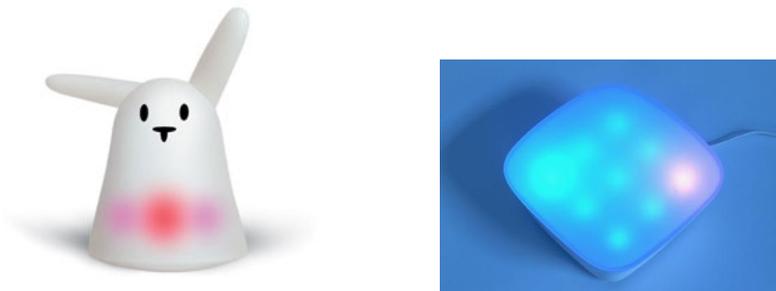


Abbildung 45 Nabaztag (links), Da Lamp (rechts)

#### **4.5. Öffentlicher Bereich**

*IN – Visible (Chatzitsakyris, Ducla-Soares, & Zulas, 2004)*

IN – Visible erweitert den urbanen Lebensraum mit Ambient Displays. Die U-Bahn und die darüber liegenden Strassenverläufe stehen dabei als Orte urbanen Lebens im Mittelpunkt der Entwicklung. Visualisierungen an beiden genannten Orten vom jeweils anderen Ort verbinden so das U-Bahn System mit dem Menschen. In der U-Bahn werden dabei Bilder von der oberirdischen Umgebung projiziert, in der sich die U-Bahn aktuell befindet. Der Fahrgeist kann so sein Bewusstsein über das Umfeld der Außenwelt verstärken. Umgekehrt haben Passanten auf den Strassen die Möglichkeit die aktuelle Position der U-Bahn wahrzunehmen. Diese wird nämlich durch im Gehsteig integrierte Lichtsequenzen dargestellt. So entsteht eine völlig neue Auseinandersetzung mit Phänomenen urbaner Lebenssituationen.

*Hancock Tower Boston*

Die Skyline von Boston ziert ein Wolkenkratzer, genannt Hancock Tower, an dessen Spitze sich ein Leuchtturm befindet. Dieser Leuchtturm ändert in Abhängigkeit der Wetterlage die

Farbe. Für die Einwohner Bostons gibt es ein kurzes Gedicht um sich die Farbbedeutungen leichter merken zu können:

*Steady blue, clear view.*

*Flashing blue, clouds are due.*

*Steady red, rain ahead.*

*Flashing red, snow instead*



**Abbildung 46 Hancock Tower Boston**

## 5. Technologische Displays

Im Kapitel 3.5 über reale Displays wurden Phänomene in der natürlichen Lebensumgebung behandelt, die alle auf dem Prinzip des peripheren Bewusstseins („peripheral awareness“) bzw. der Wahrnehmung von peripheren Ereignissen beruhen. Diese Phänomene sind in ihrer Wirkungsweise Vorbild für die Entwicklung von künstlichen, technologischen Ambient Displays. Kapitel 4 zeigte eine Sammlung von Projekten und Anwendungen. Daraus geht hervor, dass Ambient Displays in den unterschiedlichsten Lebensumgebungen zum Einsatz kommen, von der Arbeitsumgebung bis hin zum öffentlichen urbanen Raum. In den folgenden Absätzen wird aufbauend auf dieser Sammlung versucht, allgemeine Prinzipien für die Entwicklung von Ambient Displays abzuleiten. Dies betrifft geeignete Datentypen, technische Unterstützungswerkzeuge für die Entwicklung, sowie Vorschläge für den Ablauf des Designprozesses und Implikationen für die Gestaltung von Ambient Displays um qualitative Anforderungen zu erfüllen.

## 5.1. Datentypen

Einer der ersten Schritte in der Entwicklung von Ambient Displays ist die Identifikation der Datenquelle. Es wird bestimmt, welche Informationen bzw. Daten grundsätzlich dargestellt werden sollen (Brewer, 2004). Nicht jede Datenquelle findet ihre sinnvolle Entsprechung in Form eines Ambient Displays. Die Eignung der Daten ist von vielen unterschiedlichen Faktoren abhängig. Dieser Abschnitt versucht herauszuarbeiten, welche Daten geeignet sind bzw. welche Anforderungen an Daten erfüllt sein sollten, um effektive Ambient Displays gestalten zu können. In einem ersten Teil wird auf die Anforderungen an Daten eingegangen. Sie sind ein bestimmender Faktor für die Qualität von Ambient Displays. In einem zweiten Teil des Abschnitts werden Beispiele von peripheren Daten aus bisher realisierten Projekten angeführt. Es soll so ein Überblick über geeignete Datenquellen aus der Praxis gegeben werden.

### 5.1.1. Qualitative Anforderungen an Daten für Ambient Displays

#### *Kritische Daten – Nicht-Kritische Daten*

Häufige und gängige Definition von Ambient Displays ist (Mankoff et al., 2003): „*Ambient Displays are aesthetically pleasing displays of information...on the periphery of user's attention...and support monitoring of non-critical data.*“ Diese Definition unterstreicht eine wichtige Anforderung an die Daten bzw. Datentypen für Ambient Displays. Die Daten sollten die Eigenschaft besitzen, keine kritische Information zu repräsentieren. Die Eigenschaft „kritisch“ bedeutet in diesem Fall, dass die Information von hoher Wichtigkeit ist und demnach auch die volle Aufmerksamkeit benötigt. Beispielsweise ist Information über den Aktivitätslevel im Gemeinschaftsraum eines Bürogebäudes zwar nützlich, erfordert aber keine sofortige Bearbeitung und demnach auch nicht die ungeteilte Aufmerksamkeit. Diese Information würde als „unkritisch“ eingestuft werden. Hingegen wird Information mit hoher Priorität die volle Aufmerksamkeit und Konzentration benötigen, die Information ist „kritisch“, die damit verbundene Aufgabe steht im Vordergrund und ist primär zu erfüllen.

Auf Grundlage dieser Abgrenzung unterscheidet sich auch die Gestaltung des Displays. In Abhängigkeit der darzustellenden Daten werden unterschiedliche Techniken für die Entwicklung des Designs eingesetzt. Es muss somit zu Beginn abgeklärt werden, ob die Daten

für die Darstellung als Ambient Display geeignet sind, da auf Grundlage dieser Entscheidung die Wahl der Technik bestimmt wird und diese wiederum das resultierende Design wesentlich beeinflusst. So müssen für kritische Daten Mechanismen eingesetzt werden, die die Aufmerksamkeit des Benutzers auf sich ziehen. Nur so kann sichergestellt sein, dass dem Benutzer keine Informationen entgehen. Hingegen ist bei nicht kritischen Daten ein Design zu wählen, das Information unaufdringlich transportiert und im „richtigen“ Moment die Aufmerksamkeit auf sich zieht (Matthews, Dey, Mankoff, Carter, & Rattenbury, 2004).

Die oben genannten Aspekte lassen die Schwierigkeit der richtigen Wahl der Datenquelle für die Entwicklung eines Ambient Displays vermuten. Da die Beurteilung von kritisch und unkritisch nicht absolut erfolgt, ergeben sich Abstufungen, die im Entwicklungsprozess berücksichtigt werden müssen. Matthews spricht vom Grad der Notifikation („notification level“), der bestimmt, wann das Display die Aufmerksamkeit auf sich ziehen soll (vgl. Kapitel 5.3, Peripheral Display Toolkit PTK). Er gilt somit als ein Indikator für die Wichtigkeit von Daten bzw. Information und als ein Indikator für die Unterscheidung von „kritisch“ und „nicht-kritisch“. Im Falle des PTK obliegt die Festlegung dieser Grenze dem Entwickler bzw. Designer, wobei die Bestimmung der effektivsten Grenze durchaus schwierig ist.

#### *Dynamic Range der Daten*

Eine Grundeigenschaft von Ambient Displays ist, dass die Darstellung der Information in Abhängigkeit der Veränderungen der Datenquelle variiert. Daten und Darstellung sind also eng aneinander gekoppelt und beeinflussen sich gegenseitig. Dies gilt es bei der Wahl der Datenquelle zu berücksichtigen, um eine Zweckmäßigkeit des Ambient Displays zu garantieren. Die Schwierigkeit liegt nun in der Bestimmung eines geeigneten Ausmaßes (Cadiz, Czerwinski, McCrickard, & Stasko, 2003). Sind die Daten relativ betrachtet sehr langsamen Änderungen unterworfen, so wird die Änderung in der Darstellung am Ambient Display davon beeinflusst sein. Es besteht die Gefahr, dass durch die spärliche Änderungsrate der Daten respektive der Darstellung, der Anwender das Ambient Display vollends ignoriert. Somit verliert das Ambient Display an Nutzen. Ein Beispiel ist das Wetter als Datenquelle, das sich nur sehr langsam verändert (Mynatt & Dey, 2003). Andererseits sind Daten, die zu schnell ihren Zustand wechseln ebenfalls problematisch. Das Display würde zu aufdringlich erscheinen und eine störende Wirkung auf den Benutzer auslösen. Designer und Entwickler

von Ambient Displays müssen diese Änderungsrate hinsichtlich der Darstellung bewusst mit einbeziehen und dementsprechend darauf reagieren.

### *Privacy - Privatheit der Daten*

Besonders in Bezug auf die Akzeptanz von Ambient Displays beim Benutzer spielt die Sensibilität der Daten eine wesentliche Rolle. Die Intimsphäre der betroffenen Personen muss aus ethischen und menschlichen Gründen unbedingt berücksichtigt und respektiert werden. Es ist demnach erforderlich, Projekten, die private Daten in einem unerwünschtem Rahmen darstellen, mit geeigneten Maßnahmen entgegen zu treten. Speziell bei Anwendungen mit großen Displays („Large Display“), die sich sehr gut für Ambient Display Anwendungen eignen, ist die Sensibilität der Daten problematisch. Die Wahrscheinlichkeit, dass nicht berechnigte Personen einen Blick auf für sie nicht bestimmte Daten werfen, ist viel höher als etwa bei kleinen Ausgabemedien (Desney & Mary, 2003). Daher müssen Methoden gefunden werden, den unerwünschten Blicken ihre Grundlage zu entziehen. Dies kann etwa durch eine derart starke Abstraktion in der Darstellung der Daten geschehen, dass die Privatheit der Daten nicht mehr offensichtlich und erkennbar ist (Consolvo, P.Roessler, & Shelton, 2004). Bei der Gestaltung sollte somit darauf geachtet werden, dass die Visualisierung bzw. Darstellung sensible Daten dementsprechend verhüllt (Jafarinami, Forlizzi, Hurst, & Zimmerman, 2005). Eine weitere Möglichkeit wäre eine Veränderung der Positionierung, z.B. sensible Daten nicht unbedingt im öffentlichen Raum zu zeigen.

### *Relevanz für Benutzer*

Daten sind für Ambient Display nur dann von Bedeutung, wenn diese auch für den Benutzer relevant sind. Es ist nicht sinnvoll Ambient Displays zu entwerfen, die in letzter Konsequenz unbeachtet bleiben. Daraus ergibt sich auch die Notwendigkeit im Designprozess selbst den potentiellen Benutzerkreis etwa durch Interviews und Befragungen mit einzubeziehen (im letzten Abschnitt dieses Kapitels wird auf den angesprochenen Designprozess noch näher eingegangen). Dies gewährleistet die Akzeptanz beim Benutzer und beseitigt so einen Risikofaktor für Schwächen in der Qualität des Ambient Displays (Mynatt & Dey, 2003).

### 5.1.2. Beispiele für geeignete Daten

Nachdem im letzten Abschnitt auf qualitative Kriterien und Anforderungen von und für periphere Daten eingegangen wurde, erfolgt nun eine Wiedergabe von gängigen Datentypen. Das Spektrum reicht von der Repräsentation emotionaler Gefühle bis hin zu technischen Daten wie etwa Netzwerkbelastung.

#### *Emotionale Daten*

Ambient Displays werden häufig dafür eingesetzt um Menschen über große Distanzen miteinander zu verbinden. Durch die Funktion der Ambient Displays ein Bewusstsein über bestimmte globale Zustände zu schaffen, kann das Gefühl erzeugt werden, den Partner, das Familienmitglied, etc. ständig in seiner Nähe zu haben (Streitz et al., 2005). Die Datenquelle für die Darstellung sind dabei die emotionalen Zustände der nicht anwesenden Person. Die Messung der Daten wird über unterschiedliche Techniken realisiert. So können die Eingabeparameter etwa über die Dauer und Intensität einer Berührung eines Tangible Interfaces bestimmt werden. Die Emotionen werden durch entsprechendes Mapping am Ambient Display der nicht anwesenden Person angezeigt (Chang, Resner, Koerner, Wang, & Ishii, 2001). Eine weitere Möglichkeit besteht in der bildlichen Erfassung von Gesichtszügen, die schließlich auf die Emotion und den Gefühlszustand Rückschlüsse zulassen (Barrington, Lyons, Diegmann, & Abe, 2006). Grundsätzlich gibt es viele weitere Techniken des Dateninputs, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen wird.

#### *Räumliche Daten*

In architektonischen Räumen jeder Art lassen sich Unmengen an unterschiedlichen Datenquellen identifizieren. Durch Sensorentechnik und Kamertechnik werden bestimmte Zustände erfasst; z.B. die Dichte eines Verkehrsstromes oder Fußgängerstromes. Wesentlich dabei ist, dass es sich um Zustände handelt, die genügend global und ausreichend dynamisch ihren Zustand verändern (vgl. Kapitel 5.1.1, Qualitative Anforderungen an Daten für Ambient Displays). Häufige Anwendungen, die sich derartiger Datenquellen bedienen, finden sich in Arbeitsumgebungen. Es wird die physische Anwesenheit und Aktivität nach räumlichen Dimensionen festgestellt und zu einem Gesamtzustand aggregiert, der wiederum durch das

Ambient Display dargestellt wird (Prante, Stenzel, R&#246;cker, Streitz, & Magerkurth, 2004).

### *Kommunikationsdaten*

Daten aus dem Kommunikationsverkehr sind für die Umsetzung von Ambient Displays besonders geeignet. Im speziellen, jene, die asynchronen Kommunikationsmedien entspringen, da asynchrone Kommunikation keine direkte, unmittelbare Interaktion erfordert. So wird häufig der Bestand an eingegangenen und versendeten E-Mails als Ambient Display dargestellt. Der Anwender bleibt auf diese Weise über den E-Mail Verkehr informiert, ohne dabei in seiner primären Aufgabe gestört zu werden. Etliche Beispiele, die derartige Daten verwenden, wurden bereits im Kapitel 4 (Sammlung der Ambient Displays) angeführt, z.B.: Informative Art, Office Plant #1, etc.

### *Daten technischer Infrastruktur*

Unter technischer Infrastruktur wird hier zum einen die Versorgung von architektonischen Räumen mit unterschiedlichen Energiequellen verstanden, zum anderen meint sie die Gewährleistung der problemlosen Durchführung von informationstechnologischen Vorgängen, beispielsweise durch Netzwerke und Serverlandschaften. Beide Bereiche eignen sich ausgezeichnet als Datenquelle für Ambient Displays, da sie globale Zustände repräsentieren, die zudem schwierig wahrzunehmen sind. Im Besonderen ist die Erfassung des Energieverbrauchs schwierig. Niemand überprüft tagtäglich Strom- oder Gaszähler um sich einen Überblick über den aktuellen Verbrauch zu verschaffen. Als Konsument fehlt einem demnach das „Gefühl“ für einen bewussten Umgang mit Energie. Dem entgegen wirken können Ambient Displays, die Daten des Energieverbrauchs als unaufdringliches Medium darstellen. Durch die kontinuierliche Veränderung der Daten können effektive und ästhetische Displays entwickelt werden. Als Datenquelle ebenso geeignet ist die Auslastung bzw. der Verkehr eines Netzwerkes. Auch in diesem Fall sind die Zustände dynamischen Veränderungen unterworfen, die sich ausgezeichnet in Form von Ambient Displays visualisieren lassen.

## *Weitere Daten*

Weitere häufig verwendete Datenquellen sind:

- Wetter - Da sich Wetterzustände dynamisch verändern und zudem von großem Interesse für den Benutzer sind, werden sie oft zur Entwicklung von Ambient Displays verwendet. Meist werden Vorhersagen von Temperatur und Wetterlage visualisiert bzw. dargestellt.
- Finanzdaten - Ähnliche Eigenschaften wie Wetterzustände besitzen Finanzdaten: Sie verändern sich kontinuierlich und es ist, außer für Börsenmakler, nicht notwendig den Kursentwicklungen ungeteilte Aufmerksamkeit zu schenken. Die Daten können peripher wahrgenommen werden, ein geeignetes Medium für diese Zwecke ist ein Ambient Display. Dem entsprechend hoch ist die Anzahl an Anwendungen, die sich diese Datenquelle zu Nutze machen. Unter anderem jene, die auch käuflich zu erwerben sind, z.B.: Ambient Devices (AmbientDevices, 2004).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bestimmte Kriterien auf Daten zutreffen müssen, um überhaupt Ambient Displays entwickeln zu können. Die Daten sollten unbedingt aus Bereichen stammen, die globale, sich genügend dynamisch verändernde Zustände hervorbringen. Es macht wenig Sinn das Ausmaß des Alkoholkonsums eines Anti-Alkoholikers als Datenquelle zu verwenden. Der Zustand bleibt unverändert, so auch das Ambient Display und der Nutzen für den Anwender so viel wie der Alkoholgehalt eines Null-Promille Getränks.

## **5.2. Formen der Darstellung – Output Devices**

Ambient Displays werden in unterschiedlicher Form umgesetzt. Sowohl das Ausgabemedium, das zur Darstellung der Daten verwendet wird, als auch die konkrete Darstellung am Ausgabemedium treten in verschiedensten Varianten auf. Häufig wird dabei versucht das Ambient Display in die natürliche, architektonische Umgebung ästhetisch zu integrieren und konkrete, qualitative Kriterien der Gestaltung von Ambient Display zu berücksichtigen. Der Wahl des Mediums sind jedoch kaum Grenzen gesetzt und obliegt dem Ideenreichtum und der Kreativität der Gestalter bzw. Entwickler. Dennoch bestehen in Bezug auf die Form der

Darstellung gewisse Tendenzen, die sich als besonders geeignet erweisen. Allgemein lässt sich eine Unterscheidung in sekundäre Monitore, Techniken der Projektion, Einbettung in andere physische Objekte und unabhängigen physischen Objekte feststellen. Im Folgenden werden bisher häufig angewandte Formen der Darstellung von Ambient Displays näher betrachtet.

### *LED*

Ein Kriterium für qualitativ hochwertige Ambient Displays ist die abstrakte Visualisierung der darzustellenden Information (Ames & Dey, 2002). Diesem Kriterium Folge leistend kommen LED Leuchten sehr häufig zum Einsatz. Mit Hilfe der LEDs werden abstrakte Muster gestaltet, die dem Benutzer bestimmte Informationen über Zustände übermitteln. Durch die Veränderung der Muster werden Änderungen in der Informationsquelle erkennbar. Der Vorteil liegt in der Möglichkeit der unaufdringlichen und abstrakten Gestaltung und der großen Unabhängigkeit von der Datenquelle. Oft werden LEDs in andere physische Objekte eingebettet und verwandeln so herkömmliche Alltagsgegenstände in Ambient Displays (siehe Abschnitt „Einbettung in andere physische Gegenstände“).

### *TFT, LCD, Flatsreen*

Eine sehr herkömmliche und vertraute Form des Mediums zur Darstellung von Information ist die Verwendung von LCD oder TFT Bildschirmen. Eine Vielzahl an unterschiedlichen visuellen Ausgabegeräten verwendet derartige Technologien. Man denke dabei nur an PDAs, PCs, interaktive Boards, etc. Dem liegt nahe, dass diese Bildschirmtechnologie auch für die Visualisierung von peripheren Daten im Sinne von „Ambient Display“ - Anwendungen genutzt werden kann. So können Ambient Displays in einer Vielzahl von Lebensumgebungen und architektonischen Räumen eingesetzt und positioniert werden. Der Ort der Positionierung ist dabei weitgehend unabhängig, ebenso wie die Größe des Displays, da Bildschirme in unterschiedlichsten Dimensionen verfügbar sind. So könnte das Ambient Display unmittelbar am persönlichen Arbeitstisch als zusätzlicher Bildschirm zum Computerdisplay aufgestellt werden und von dort aus wahrgenommen werden (Miller & Stasko, 2001). Eine weitere Möglichkeit besteht darin, großflächige Displays zu verwenden und diese wie ein Gemälde an die Wand zu hängen. Das Ambient Display als kunstvoll ästhetisches Element dient somit,

zusätzlich zur Übertragung von Information, der Aufwertung des innenarchitektonischen Raums (Redstroem, Skog, & Hallnas, 2000).

### *Projektion – Projector Display Techniques*

Ambient Displays stellen meist den Anspruch einer Erweiterung der natürlichen Umgebung (MacIntyre et al., 2001). Aus diesem Anspruch heraus ist die Verwendung von Projektoren für die Darstellung von Umgebungsinformation besonders geeignet. Architektonische Räume bieten eine Vielzahl an potentiellen Projektionsflächen. So werden Raumwände oder Raumdecken häufig genutzt, um digitale Information darzustellen (Desney, Jeanine, Dennis, & Randy, 2001). Weiters gibt es Varianten, die auf Wasseroberfläche projizieren (White & Small, 1998) oder aber auch ein gewöhnliches Fenster als Medium verwenden (Rodenstein, 1999).

### *Unabhängige Physische Objekte*

Ambient Displays werden jedoch nicht ausschließlich über eher traditionelle Ausgabemedien, wie LCD Bildschirme oder Projektion realisiert. Häufig werden Endgeräte entwickelt, die nur dem ausschließlichen Zweck der Informationsdarstellung als Ambient Display dienen. Es wäre denkbar eine Skulptur aus geeigneten Materialien zu kreieren, die in Abhängigkeit der Datenquelle unterschiedlichen Bewegungsmustern folgt (Jafarinaimi, Forlizzi, Hurst, & Zimmerman, 2005). Ein weiteres Beispiel ist das Endgerät „Ambient Orb“, das über unterschiedliche Farbcodes Änderungen in der Datenquelle (wie Aktienkurse oder Wetterdaten) anzeigt (AmbientDevices, 2004). Eine andere Form der Darstellung ist das Codieren der Daten mit Hilfe von Luftblasen in Wasserröhren. In diesem Fall wird in Abhängigkeit der Datenquelle eine unterschiedliche Intensität an Luftblasen produziert, die Information kann auf diese Art abgelesen werden (Heiner, Hudson, & Tanaka, 1999). Endgeräten dieser Art ist allen gemein, dass das Ziel der Entwicklung ein Ambient Display als Endprodukt ist. Im Gegensatz zu Bildschirmen oder Projektoren, die zudem zur Erfüllung gänzlich anderer Aufgaben herangezogen werden können.

### *Einbettung in andere physische Objekte*

Die Idee Mark Weiser der „Calm Technology“ (siehe Kapitel 1) schlägt vor, herkömmliche Alltagsgegenstände zur Informationsverarbeitung nutzbar zu machen. Auf dem Gebiet der Ambient Displays wurden demnach etliche Prototypen entwickelt, die dieser Vision folgen. Diese mit Computertechnologie erweiterten Alltagsgegenstände werden so als Darstellungsmedium für periphere Daten genutzt. Grundsätzlich erweiterbar scheint jeder beliebige Gegenstand zu sein. So visualisiert ein erweitertes Stromkabel den Energieverbrauch durch die Anzeige von im Stromkabel integrierten Lichtmustern (Gustafsson & Gyllensw&#228;rd, 2005). Aber auch getoastetes Brot kann zu einem Ambient Display erweitert und umfunktioniert werden. Der Grad der Bräunung des Toastbrottes lässt beispielsweise auf meteorologische Daten schließen (Southgate, 2001).

### *Nicht Visuelle Output-Devices*

Die vorangegangenen Beispiele von Ambient Displays wurden ausschließlich unter Verwendung von visuellen Mitteln entwickelt. Ambient Displays sind jedoch nicht auf visuelle Darstellungen beschränkt. Jedes einzelne Sinnesorgan kann vom Ausgabemedium des Ambient Displays angesprochen werden. Am häufigsten wird zusätzlich zur visuellen Wahrnehmung das auditive System des Menschen beansprucht. Durch die Übertragung von Audiodaten werden dem Benutzer bestimmte Informationen zur Verfügung gestellt. Die Audiodaten selbst werden in Abhängigkeit der Datenquelle generiert. Unterschiedliche Lautstärken, Intensitäten oder Klangspektren machen den Anwender auf die Änderung von Zuständen aufmerksam (Barrington, Lyons, Diegmann, & Abe, 2006). Weiters kann durch Beanspruchung des haptischen Systems des Menschen ein Ambient Display realisiert werden. Beispielsweise wird mit Hilfe einer Thermomaus durch unterschiedliche Temperaturen auf Änderungen in der Datenquelle aufmerksam gemacht. Auf diese Weise werden unter Ausnutzung des taktilen Empfindens relevante Zustandsinformation übertragen und ein Bewusstsein der Umgebung geschaffen (Poupyrev, Maruyama, & Rekimoto, 2002).

Dieser Abschnitt zeigte die Vielzahl an unterschiedlichen Varianten von Ausgabemedien, die für die Entwicklung von Ambient Displays verwendet werden können. Am häufigsten verbreitet sind jene, die die visuelle Wahrnehmung des Menschen ansprechen. Diese Tatsache liegt vermutlich am weitaus höheren Gestaltungsspielraum als etwa bei auditiven oder

haptischen Systemen. Hinweise auf eine Abhängigkeit des Ausgabemediums bezüglich der Qualität eines Ambient Displays konnten in bestehender Literatur nicht gefunden werden. Die Qualität wird von anderen Parametern und Kriterien bestimmt, die an späterer Stelle genauer betrachtet werden.

### **5.3. Technologie**

Durch die zunehmende Bedeutung von Ambient Displays in der immer stärker von Computertechnologie durchdrungenen Lebensumgebung des Menschen steigen auch die Ansprüche an Ambient Displays. Um diese Ansprüche erfüllen zu können, sind Methoden und Technologien notwendig, die den Entwurf und die Realisierung von Ambient Displays unterstützen. Sie erleichtern zum einen die Einhaltung bzw. Berücksichtigung bestimmter Qualitätskriterien durch eine strukturierte Vorgehensweise in der Entwicklung und zum anderen stellen sie Werkzeuge zur Verfügung mit der in kurzer Zeit aussagekräftige Prototypen entworfen werden können. Die einhellige Meinung in der Wissenschaftsgemeinschaft über die Schwierigkeit der Gestaltung und Bewertung von Ambient Displays unterstreicht die Zweckmäßigkeit und den Vorteil von Entwicklungswerkzeugen (Matthews, Dey, Mankoff, Carter, & Rattenbury, 2004). Phidgets und das Peripheral Display Toolkit sind Beispiele derartiger Technologien bzw. Methoden, auf die an dieser Stelle näher eingegangen wird. Auf Technologien des Dateninputs wird hier nicht eingegangen (es wird also nicht erklärt, wie etwa mit Sensoren oder Kameras Daten erfasst werden können), sondern lediglich auf Tools, die die Realisierung und den Designprozess unterstützen.

#### **5.3.1 Peripheral Display Toolkit – PTK**

PTK ist ein Toolkit, das die Entwicklung von Peripheral Displays bzw. Ambient Displays unterstützt. PTK berücksichtigt dabei drei wesentliche Parameter, die die Effizienz wesentlich steigern können. Die Parameter wurden aus Theorien der kognitiven Psychologie entwickelt und repräsentieren im Wesentlichen Eigenschaften der menschlichen Aufmerksamkeit, die in Bezug auf die Gestaltung von Ambient Displays von Bedeutung sind. PTK versucht demnach die menschliche Aufmerksamkeit soweit zu berücksichtigen, dass Designer Informationen in

geeigneter Art und Weise auf dem Display darstellen können (Matthews, Dey, Mankoff, Carter, & Rattenbury, 2004). Diese Parameter sind:

- „Abstraction“ - Dieser Parameter bestimmt den Grad der Abstraktion der rohen Daten der Inputquelle. Abstraktion spielt eine herausragende Rolle im Design von Ambient Displays, da sie die schnelle Erfassung von Information ermöglicht. Dabei ist jedoch auch zu berücksichtigen, dass durch den Abstraktionsgrad die Verständlichkeit der Darstellung nicht verloren geht (Vogel & Balakrishnan, 2004)
- „Notification Level“ - Der „Notification Level“ bestimmt den Grad der Änderung der Daten, bei dem der Benutzer seine Aufmerksamkeit auf das Ausgabegerät richtet. Hiermit wird der Information unterschiedliches Gewicht in Bezug auf die Wichtigkeit und ihrer Bedeutung verliehen. Ein hoher „Notification Level“ repräsentiert hohe Wichtigkeit der Daten, ein geringer „Notification Level“ bedeutet, dass Daten weniger wichtig bzw. kritisch sind. Wie sich die Wichtigkeit der Daten schließlich durch die Form der Darstellung äußert, wird durch den nächsten Parameter bestimmt (Transition) .
- „Transition“ - Unter Transition versteht man die Art und Weise, wie Veränderungen in Daten dargestellt werden. Diese Übergänge von einem Zustand zum anderen werden bestimmt durch den „Notification Level“. Der Übergang soll so erfolgen, dass er die Aufmerksamkeit des Benutzers auf sich zieht, mit dem Ziel, dem Benutzer eine Zustandsänderung zu verdeutlichen.

Durch die flexible Verwaltung der genannten Größen kann ein Designer den Einfluss des Displays auf die menschliche Aufmerksamkeit sehr gezielt steuern. Dies erleichtert die Entwicklung von hochwertigen Ambient Displays bzw. Peripheral Displays wesentlich (Matthews, Dey, Mankoff, Carter, & Rattenbury, 2004).

### **5.3.2 Phidgets**

Phidgets stellen die technische, sowie physikalische Infrastruktur zur Entwicklung von Ambient Displays zur Verfügung. Grundsätzlich lassen sich mit Phidgets nicht nur Ambient Display realisieren, sondern sie zielen generell auf eine einfache Umsetzung von „Ubiquitous

Computing“ - Anwendungen, die alltägliche Gegenstände in informationsverarbeitende Objekte verwandeln. Phidgets basieren auf einer Architektur, die es ermöglicht Software-Komponenten mit Hardware-Komponenten zu kombinieren und diese auf einfache Art und Weise zu steuern. Vergleichbar sind Phidgets mit Widgets aus dem Bereich des User Interface Design, mit dem Unterschied, dass die elementaren Bestandteile von Anwendungen physische Objekte sind. Eine potentielle Anwendung bestünde somit aus physischen Komponenten, den Phidgets und den dazugehörigen Programmierschnittstellen. Durch die besondere Architektur, die Software zur Kommunikation und Verbindung mit den physischen Objekten, eine entsprechende API zur einfachen Programmierung der Endgeräte und Tools zur Simulation umfasst, können physische Interfaces schnell und unkompliziert entwickelt werden. Die Phidgets unterstützen verschiedene nützliche Funktionen, die für die Entwicklung von physischen Interfaces notwendig sind, um sinnvolle Anwendungen erstellen zu können. Der Vorteil von Phidgets liegt unter anderem darin, dass Entwickler von physischen Interfaces keine Hardware Kenntnisse benötigen und einfach durch die zur Verfügung gestellten API der Software komplexe Anwendungen entwerfen und realisieren können.

So gibt es mittlerweile eine Vielzahl an unterschiedlichen Phidgets auch käuflich zu erwerben, wie beispielsweise das PhidgetServo. Es erlaubt die Steuerung von RC (Remote Call) –Servo-Motoren (kleine Motoren, die häufig Bestandteile von Roboter sind) mit dem PC unter mehreren Betriebssystemen und stellt mehrere Programmierschnittstellen zur Verfügung (Java, C++,...). Mit Hilfe dieses Motors können nun verschieden Bewegungsabläufe von physischen Objekten gesteuert werden. Im nächsten Abschnitt wird anhand eines Beispiels der Einsatz eines PhidgetServos gezeigt. Weitere Phidgets sind etwa jene zum Auslesen von RFID-Chip Daten, zur Steuerung von LEDs oder zum Lesen von Temperatursensoren. Durch das breite Spektrum an unterschiedlichen Phidgets erweitert sich auch die Vielfalt an Anwendungen und den Möglichkeiten zur Realisierung (Greenberg & Fitchett, 2001).

Um ein besseres Verständnis über die Funktionsweise und den Nutzen von Phidgets zu erhalten, zeigt folgendes Beispiel wie mit der Architektur der Phidgets ein Prototyp eines Ambient Displays schnell und einfach entwickelt werden kann. Das Beispiel wurde von Studenten der University of Calgaray entwickelt, jene Universität an der das Konzept der Phidgets erfunden wurden:

Der Prototyp nennt sich „Flower in Bloom“ und erlaubt die Steuerung des Öffnens und Schließens einer Blüte einer Plastikblume. Das oben erwähnte PhidgetServo regelt die Bewegung der Blüte in Abhängigkeit des Dateninputs. So konnte auf unkomplizierte Weise ein Ambient Display entworfen werden, das allen qualitativen Ansprüchen von Ambient Displays mehr als gerecht wird (McPhail, 2001).

### **5.3.3 Weitere unterstützende Technologie**

Der Umfang an Toolkits zur Entwicklung von Ubiquitous Computing Anwendungen bzw. Ambient Displays ist nicht auf die beiden oben vorgestellten Konzepte beschränkt. So existieren Toolkits zur Realisierung aus mechanischer Sicht, wie etwa iStuff. iStuff weist große Ähnlichkeiten mit der Idee der Phidgets auf. Auch hier werden physische Komponenten mit begleitender Softwarearchitektur zur Verfügung gestellt, mit denen Ubiquitous Computing Anwendungen realisiert werden können (Ballagas, Ringel, Stone, & Borchers, 2003). Speziell auf die Gestaltung von Ambient Displays ausgerichtet und weniger aus mechanischer Sicht betrachtet, gibt es neben dem PTK zusätzliche Frameworks, die bei der Entwicklung von Ambient Displays hilfreich sein können. So schlagen etwa Pedersen et.al in ihrem Projekt AROMA vor, wie bei der Entwicklung von Ambient Displays vorgegangen werden soll, um das Kriterium der abstrakten Datendarstellung auf qualitativ hohem Niveau erreichen zu können (Elin, Pedersen, & Sokoler, 1997).

Alle Toolkits oder Frameworks vereinfachen den Designprozess von Ambient Displays wesentlich und ermöglichen so eine Verbesserung der Qualität bzw. die Identifikation von neuen Kriterien und Richtlinien für die Entwicklung von Ambient Displays.

## **5.5. Designkriterien und Designprozess**

Es ist zweckdienlich bei der Entwicklung und dem Design von Ambient Displays ein bestimmtes Vorgehensmodell zu verfolgen. Wie im letzten Abschnitt beschrieben, existieren Werkzeuge und Frameworks wie PTK, die den Designer dabei unterstützen und den Rahmen für einen Entwicklungsprozess vorgeben. Diese Prozesse bzw. Abläufe garantieren bis zu gewissen Maße die Vermeidung von schwerwiegenden Fehlern im Design. So kann der Designprozess zielgerichtet auf den Zweck des Ambient Displays vorangetrieben werden.

Darüber hinaus beschäftigten sich einige bisherige Forschungsprojekte im Bereich der Ambient Displays intensiv mit der Identifikation von Designkriterien.

Dieser Teil der Arbeit gibt einen Überblick über wesentliche Aspekte von Designkriterien und Designprozessen. Sie helfen Ambient Displays effektiver zu gestalten und den Nutzen durch die gesteigerte Qualität zu erhöhen. Dennoch darf dabei nicht unerwähnt bleiben, dass bisher keine einheitlich oder allgemein gültigen Kriterien und Prozesse existieren. Dies liegt unter anderem auch an den vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten und Ausprägungen von Ambient Displays. Der Großteil der Vorschläge in der Literatur stützt sich auf Erkenntnisse früher Entwicklungsstufen im Sinne von Iterationen im Designprozess. Durch weitere Iterationen sollen schließlich neue Erkenntnisse gewonnen und Kriterien bzw. Richtlinien verfeinert werden (Mynatt & Dey, 2003).

### **5.5.1. Designprozess von Ambient Displays**

(Mynatt & Dey, 2003) schlagen für die Entwicklung von Ambient Displays einen Prozess in drei wesentlichen Schritten vor. Im Folgenden werden diese drei Schritte durch zusätzliche Erkenntnisse hinsichtlich des Designs von Ambient Displays ergänzt.

#### *1. Benutzerbeteiligung, Analyse des Ist-Zustands*

Als erster Schritt ist es notwendig durch Interviews und Umfragen mit den potentiellen Benutzern des Ambient Displays herausfinden, welche Informationen von Bedeutung sind. D.h. es gilt herauszufinden, ob eine bestimmte Informationsquelle überhaupt für den Benutzer von Interesse ist. Wie bereits im Abschnitt über Datentypen erwähnt, ist diese Anforderung notwendig, um die Akzeptanz des Ambient Displays zu gewährleisten. Weiters ist in diesem Zusammenhang zu beachten, dass der momentane Ist-Zustand analysiert wird. Mit Ist-Zustand ist hier gemeint, wie der potentielle Benutzerkreis die zur Darstellung beabsichtigte Information momentan bezieht.

Die Ergebnisse dieser Befragung geben indirekt auch Aufschluss darüber, in welcher Umgebung das Ambient Display eingesetzt wird. Dies bedeutet, dass die Umgebung die Relevanz der Information bestimmt. Ist die Information für bestimmte Umgebungen unbedeutend, kann auf die Verwendung eines Ambient Displays auch verzichtet werden. Die

Bestimmung des Einsatzortes beeinflusst demnach wesentlich das Design des Ambient Displays (Brewer, 2004).

## *2. Auswahl der Datenquelle, Design des Displays*

Als zweiten Schritt wird die Datenquelle auf Basis der Ergebnisse aus dem ersten Schritt ausgewählt. Bevor jedoch mit dem Design des Displays begonnen werden kann, müssen die Charakteristika der Information analysiert werden. Diese Analyse gibt Aufschlüsse über die notwendigen Features, die das Ambient Display aufweisen sollte. Einige Aspekte, die bei der Analyse nicht außer Acht gelassen werden dürfen, sind die Frage nach der Dynamik der Daten, der Änderungsrate oder der Bezug der Daten zu anderen Informationsquellen in der Umgebung. Zusätzlich zur Analyse der Information sollte auch die Umgebung unter Berücksichtigung der ausgewählten Information untersucht werden. Es gilt herauszufinden, ob die zur Darstellung angestrebte Information bereits in der unmittelbaren Umgebung durch ein anderes Medium transportiert wird. Weiters ist es sinnvoll, abzugrenzen, inwieweit das Ambient Display den ästhetischen Anforderungen entsprechen oder ob der Fokus auf einen informativen Zweck liegen soll (Brewer, 2004). Der Idealfall wäre eine Kombination aus beiden, dennoch wird es durch Gewichtung einer bestimmten Seite zu Verschiebungen hinsichtlich des Designschwerpunkts kommen.

Ist die Analyse der Charakteristika der Information und des Ortes der Installation abgeschlossen, steht dem eigentlichen Design des Ambient Displays nichts mehr im Wege. Durch unterschiedliche Technologien (wie etwa Phidgets) wird die Umsetzung unterstützt. So können Prototypen relativ rasch entwickelt werden und zum nächsten Schritt im Designprozess übergegangen werden.

## *3. Evaluation*

Als letzter Schritt wird das Ambient Display evaluiert. Zur Evaluierung stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung. (Mynatt & Dey, 2003) resümierten in einem ihrer Projekte, dass es vorteilhafter ist, vor dem Einsatz des Ambient Displays mehrere Iterationen des Designprozesses zu durchlaufen. Dementsprechend bietet sich die Heuristische Methode als geeignete Form der Evaluierung an (Mankoff et al., 2003). Sie basiert auf den Heuristiken

von Nielsen (Nielsen, 2005), die speziell für Evaluierung von Ambient Displays adaptiert wurden.

## 5.5.2 Design Implikationen

Aus dem oben beschriebenen Vorschlag zum Designprozess konnten bereits einige Aspekte erkennbar gemacht werden, die ein qualitativ hochwertiges Design von Ambient Displays bestimmen. Auch das Kapitel über die „Anforderungen an Daten für Ambient Display“ (Kapitel 5.1.1) gaben erste Aufschlüsse. An dieser Stelle sollen nun einige wesentliche Implikationen für das Design von Ambient Displays zusammengefasst werden. Da Ambient Displays auf sehr vielfältige Art und Weise eingesetzt werden und die Gestalt bzw. Ausführung oftmals stark differiert, werden nur einige Punkte angeführt, die ganz allgemein der Entwicklung von Ambient Displays dienen können.

### *Nützlichkeit der Information*

Die Information sollte dem Benutzer Nutzen und Zweck anbieten. Sie soll für den Benutzer von Relevanz sein (Mankoff et al., 2003). Aus diesem Grund wurde im Abschnitt über den Designprozess auch die Wichtigkeit der Benutzerbeteiligung im Entwurf von Ambient Displays hervorgehoben.

### *Ästhetik – Calm Aesthetics:*

Eines der Hauptkriterien von Ambient Displays ist die Kombination von Informationsmedium und ästhetischer Gestaltung, die sich unaufdringlich in die Umgebung integriert. Besonders Holmquist et.al. betonen die Notwendigkeit der ästhetischen Gestaltung (Redstroem, Skog, & Hallnas, 2000). So soll das Ambient Display nicht durch den Kontrast zur Umgebung auf sich aufmerksam machen, sondern durch die Veränderung der Datendarstellung (Mankoff et al., 2003).

### *Verständnis – Comprehension:*

Selbst wenn die Darstellung der Information in hohem Ausmaß abstrahiert ist, muss die Information für den Benutzer verständlich sein (Holmquist, 2004). Ungünstig ist der Fall,

wenn der Aufwand für das „Erlernen“ der Bedeutung von bestimmten Darstellungen zu hoch ist und nicht auf einen Blick korrekt interpretiert werden kann.

### *Intuition*

Dieses Kriterium steht in engem Zusammenhang mit dem oberen Punkt „Verständnis“. Der Status eines Ambient Displays muss intuitiv verständlich sein. Es soll nicht der Fall sein, dass der Benutzer sich die Bedeutung von Übergängen und Darstellungen ständig merken bzw. einprägen muss (Mankoff et al., 2003).

### *Privatheit – Privacy*

Die Einsatzorte von Ambient Displays sind häufig öffentliche oder halb-öffentliche Bereiche. Aus diesem Grund ist es wichtig, darauf zu achten, wie eine Darstellung von sensiblen Daten gehandhabt wird (Vogel & Balakrishnan, 2004).

### *Ausreichende Informationsdarstellung*

Das Display sollte in einem geeigneten Ausmaß Information darstellen. Ein geeignetes Ausmaß kann betrachtet werden als so viel, dass das Display nicht überladen wird bzw. so wenig, dass das Display nicht nutzlos wird und keine Information mehr interpretiert werden kann (Mankoff et al., 2003)

## **6. Taxonomie**

Die letzten Kapitel zeigten deutlich, wie verschiedenartig und variantenreich Ambient Displays umgesetzt werden können. Unterschiede in funktioneller, gestalterischer und technologischer Hinsicht lassen die Vielfalt an Ausprägungen von Ambient Displays entstehen. Der gemeinsame Nenner von Ambient Displays beschränkt sich auf einige wenige qualitative Anforderungen (wie unaufdringliches Design, Verständnis, etc), sodass der Gestaltungsfreiraum prinzipiell sehr groß ist. Aus diesem Freiraum entstehen Anwendungen in nahezu allen Bereichen des menschlichen Lebens, von der Arbeitswelt bis hin zu öffentlichen urbanen Räumen. Diese hohe Dichte an Ambient Displays erschwert es den Bereich der Ambient Displays einzugrenzen und zu überblicken. Dies wäre jedoch für

zukünftige Entwicklungen und Forschungsvorhaben durchaus hilfreich, da die Taxonomie aktuelle Trends, Schwerpunkte im Design und auch den Gesamtkontext leichter verständlich macht.

In diesem Abschnitt wird eine derartige Taxonomie konzipiert und veranschaulicht. In einem ersten Teil wird auf die Motivation für eine Taxonomie eingegangen. Es werden Gründe genannt, warum eine Taxonomie im Bereich der Ambient Displays berechtigt und sinnvoll ist. Im darauf folgenden Unterabschnitt wird die Methode zur Einteilung beschrieben. Die Methode erklärt, welche Metrik zur Bewertung der Kriterien verwendet wird. Im letzten Teil dieses Kapitels wird die fertige Taxonomie dargestellt, die schließlich alle Ambient Displays der Sammlung aus Kapitel 4 beinhaltet.

## **6.1. Motivation**

Das Anwendungsfeld der Ambient Displays steht bisher noch in einer frühen Phase der wissenschaftlichen Auseinandersetzung. Es existieren einige wenige Richtlinien für das Design, einige wenige Frameworks für den Entwicklungsprozess und einige wenige Methoden zur Evaluierung von Ambient Displays. Im Allgemeinen lässt sich feststellen, dass Ambient Displays noch nicht klar und eindeutig definiert sind und verschwommene Abgrenzungen gegenüber anderen Bereichen der HCI bestehen. Wie frühere Kapitel zeigten, ist das Spektrum an potentiellen Anwendungen, deren Entwicklung und Einsatz ausgesprochen breit gefächert. Die Umgebung, in der Ambient Displays installiert werden, die Methoden der Dateneingabe, die Modalität der Datenausgabe können sich stark voneinander unterscheiden. Es gilt Einflussfaktoren aus einer Vielzahl von Disziplinen zu berücksichtigen (Architektur, Raumgestaltung, Grafikdesign, verschiedene Fachbereiche der Computertechnologie, Elektrotechnik, kognitive Psychologie etc.). Jeder einzelne dieser Einflussfaktoren hat Auswirkungen auf die Qualität und Effektivität des Displays, den Entwicklungsprozess oder in weiterer Folge auch auf das Identifizieren von geeigneten Evaluierungsmethoden für Ambient Displays.

Eine derartige Problematik findet sich in frühen Phasen der Entstehung neuer Technologien sehr häufig. Entwickler und Gestalter agieren in einem eher unorganisierten und wenig eindeutig definierten Bereich. Die wissenschaftliche Erkenntnis darüber, wann und wie die neue Technologien anwendbar sein soll, ist zu diesem Zeitpunkt gering. Eine Taxonomie

kann dabei Abhilfe schaffen und wird oft als erster Schritt gesetzt, um Ordnung in diese neuen Bereiche zu bringen. So wurden beispielsweise etliche Taxonomien für Virtual Reality Interfaces entwickelt. Ähnlich wie Ambient Displays heute, galten Virtual Reality Anwendungen vor einigen Jahren als viel versprechendes Zukunftsszenario für HCI. Das Problem war jedoch das Fehlen von klaren Paradigmen für Design und Evaluierung, auf Grund der starken Verknüpfung und Verwobenheit zwischen unterschiedlichen Disziplinen (Coomans & Timmermans, 1997).

Das Ziel der Taxonomie bezogen auf Ambient Displays ist nun:

- Die Gründung einer theoretischen Basis für das Design von Ambient Displays. Darauf aufbauend, soll eine Einordnung in bestehende Bereiche der HCI möglich sein und eine Abgrenzung untereinander im eigentlichen Anwendungsfeld der Ambient Displays.
- Die Organisation bestehender Projekte nach bestimmten Kriterien um einen globalen Überblick zu ermöglichen. Auf diese Weise wird eine Struktur geschaffen, die es erlaubt, kritische Anwendungsfelder zu identifizieren und in weiterer Folge eine tiefere Analyse gestattet.
- Im Idealfall unterstützt die Taxonomie die Evaluierung von Ambient Display Anwendungen. Sie lässt bestimmte Trends und Richtungen erkennen und legt wesentliche Kriterien frei (Heller, Martin, Haneef, & Gievska-Krliu, 2001).

Eine Taxonomie ist demnach ein sinnvoller, wenn nicht sogar notwendiger Startpunkt für die Weiterentwicklung des theoretischen Fundaments neuer Technologien. Sie ist ein ausgesprochen nützliches Hilfsmittel für die Identifikation von Eigenschaften und Kriterien und erleichtert die Entscheidung über die weitere Orientierung und Stoßrichtung in Bezug auf Theorie und Praxis.

## **6.2. Methode**

Der Zweck bzw. Nutzen einer Taxonomie wurde im letzten Abschnitt ausführlich dargelegt. Die Schwierigkeit liegt nun darin eine geeignete Vorgangsweise oder Methode auszuwählen

um ein aussagekräftiges Schema für die Einteilung der Ambient Displays zu erhalten. Es gilt durch detaillierte Analyse geeignete Kriterien zu finden, mit denen Ambient Displays beschrieben werden können. Das breite Feld an Anwendungen erschwert es jedoch einen klaren Fokus auszumachen, der die Analyse auf einige wenige Bereiche beschränkt. Ziel der Taxonomie ist, wie bereits erwähnt, einen Überblick zu bieten, der es ermöglicht, Ambient Displays in das größere Gebiet der HCI einzuordnen bzw. davon abzugrenzen und weiters in der spezifischen Domäne der Ambient Displays Vergleiche untereinander, aktuelle Trends und qualitative Aussagen zu ermöglichen. In diesem Sinne wurde bei der Entwicklung der Taxonomie wie folgt vorgegangen:

Eine nahezu vollständige Sammlung von Ambient Displays wird genauestens untersucht und analysiert. Zweck der Analyse ist es, Ambient Displays nach wesentlichen Eigenschaften zu zerlegen. Eigenschaften sind etwa Eingabeverfahren, Ausgabeverfahren oder Ort der Positionierung. Das Ergebnis dieses ersten Schrittes sind etliche Charakteristika, die grundsätzlich alle als mögliche Dimensionen der Taxonomie verwendet werden könnten. Viele Dimensionen haben zwar starke deskriptive Aussagekraft, der Nachteil liegt jedoch darin, dass kaum Klarheit geschaffen werden kann und der jeweilige Bereich weiter undurchsichtig bleibt (Kenneth, 2004). Aus diesem Grund wird nun versucht, die Dimensionen auf einige wenige zu beschränken. Dies bedeutet, es muss herausgefunden werden, welche Kriterien in diesem Zusammenhang am meisten Gewicht haben und welche Kriterien für den Großteil der Sammlung von Bedeutung sind. Um sicher zu sein, dass die richtigen wichtigen Kriterien als Dimension identifiziert werden, werden die bisher spärlich vorhandenen Gestaltungsrichtlinien und Evaluierungsmethoden für Ambient Displays herangezogen. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen kann nun abgeleitet werden, welche die grundlegendsten Eigenschaften sind und sich somit als Dimensionen der Taxonomie eignen.

Das Ergebnis dieses Vorgangs sind acht Dimensionen, die als so bedeutungsvoll eingestuft werden, dass eine aussagekräftige Taxonomie gebildet werden kann. Einige der Dimensionen sind aus vorhergehenden Kapiteln bereits bekannt. So wurden beispielsweise der Abstraktionsgrad oder der Übergang von einer zu nächsten Darstellung als ein Designkriterium erwähnt (Mynatt & Dey, 2003), beide Eigenschaften sind so wesentlich, dass sie als Attribute in die Taxonomie aufgenommen werden. Zwei zusätzliche Kategorien, Input und Output bilden ein Grundgerüst, in dem die acht Dimensionen ihre Zuordnung finden.

Input betrifft alle Kriterien, die seitens der Dateneingabe von Bedeutung sind, Output jene, die für die Ausgabe und Darstellung der Information relevant sind. Im Folgenden werden die besagten acht Dimensionen und ihre zugehörigen Metriken erläutert.

Die acht Dimensionen der Taxonomie:

*Output*

### **1. Abstraktion**

Abstraktion ist ein wesentliches Merkmal, das entscheidenden Einfluss auf die Qualität eines Ambient Displays hat. Es beschreibt, wie weit sich das Design von einer gegenständlichen Darstellung entfernt. Ausschlaggebend ist, dass auf das Wesentliche reduziert wird, ohne dabei den Gehalt an Information zu beschneiden. Dies bedeutet, dass das Display vom Benutzer weiterhin verstanden und richtig interpretiert werden können muss. Die Minimierung des Unwesentlichen ist deswegen von Relevanz, da sie eine geringe kognitive Belastung beim Benutzer impliziert. Auf diese Weise ist es möglich das Display peripher wahrzunehmen und die Information auf einen Blick zu erfassen. Demnach bezieht sich Abstraktion sowohl auf eine quantitative, wie auch auf eine qualitative Ebene. Die Metrik zur Bewertung ist:

- Gering

Die Darstellung ist in hohem Maße gegenständlich in Bezug auf die Datenquelle. So beinhaltet das Design den vollen Umfang der übertragenen Daten ohne unbedeutende Daten zu eliminieren. Die Folge ist eine erhöhte kognitive Belastung beim Benutzer, sodass die fokussierte Aufmerksamkeit dem Display gilt. Andererseits erleichtert die geringe Abstraktion das Verständnis und richtige Interpretation.

- Mittel

Das Display ist weder stark abstrahiert, noch zeigt es unnötige Details an. Es tendiert jedoch zu einer Darstellung, die sich möglicherweise zu sehr in den Vordergrund drängt und eine höhere Aufmerksamkeit erfordert. Die Interpretation der Information ist unproblematisch und verlangt keine zusätzlichen Maßnahmen zum „Erlernen“ der Bedeutung.

- Hoch

Der Grad der Abstraktion ist so hoch, dass die Daten in ihrer Darstellung auf ein Minimum reduziert sind. Das Design ist meist konzentriert auf einzelne Symbole. Diese Symbole können visuell, auditiv oder auch haptisch taktil sein. So könnte beispielsweise ein unterschiedlich intensiver Luftstrom der kontinuierlich und peripher wahrgenommen wird, als Symbol für den Netzwerkverkehr einer Firma stehen. Eine nicht abstrakte Darstellung wäre die Visualisierung derselben Datenbasis als Balkendiagramm.

## 2. Übergang

Der Grad des Übergangs bedeutet die Geschwindigkeit eines Darstellungswechsels. In Abhängigkeit der Schwankungen in der Datenquelle muss auch die Darstellung am Display in eine andere übergehen, um den Benutzer auf die Veränderung aufmerksam zu machen. Ausschlaggebend ist die Geschwindigkeit des Darstellungswechsels. Der Übergang bestimmt demnach, wie der Benutzer bei Ausführung einer primären Tätigkeit unterbrochen wird. Dafür stehen unterschiedliche Techniken zur Verfügung (taktil, auditiv, visuell, etc.), die jeweils unterschiedliche Effektivität und Eignung besitzen (Arroyo & Selker, 2003). Sie beeinflusst die Wahrnehmung des Benutzers und in weiterer Folge die Akzeptanz des Ambient Displays. Das Kriterium Übergang ist eng an die Änderungsrate der Datenquelle gekoppelt. Die Metrik dieser Dimension ist:

- Langsam

Der Übergang von einem in einen anderen Zustand erfolgt sehr langsam. Der Vorteil liegt in der Unaufdringlichkeit und der geringen kognitiven Belastung. Das Display hält sich zu meist im Hintergrund. Nachteilig ist, dass durch die langsamen Übergänge Veränderungen nicht wahrgenommen werden und der Benutzer die Existenz des Displays vergisst.

- Mittel

Die Übergänge haben mittlere Geschwindigkeit. Änderungsraten werden ohne Probleme erkannt. Der Benutzer wird jedoch auch in seiner bisherigen Tätigkeit in weitaus deutlicherem Ausmaß unterbrochen.

- Schnell

Der Übergang erfolgt so schnell, dass der Benutzer möglicherweise in seiner bisherigen Tätigkeit bedeutend gestört wird. Schnelle, abrupte Übergänge ziehen die gesamte, fokussierte Aufmerksamkeit auf die Darstellung. Das Display tritt so in den Vordergrund und verdrängt andere Aktivitäten in den Hintergrund. Eine besonders starke Ausprägung von schnellen Übergängen haben beispielsweise Notifikationssysteme, wie etwa der Klingelton eines Telefons. Derartiges wird man im Bereich der Ambient Displays kaum finden, da mit dieser Eigenschaft eine andere, eigene Systemklasse verbunden ist.

### **3. Aufdringlichkeit**

Der Grad der Aufdringlichkeit bestimmt, wie stark sich eine Darstellung im laufenden Betrieb in den Vordergrund drängt. Es stellt sich die Frage, ob das Display die Aufmerksamkeit des Benutzers zu sehr beansprucht. Vordergründig sind jene Zustände die keine Übergänge in andere Zustände bedeuten. Die Metrik für diese Dimension ist:

- Gering

Das Display hält sich stark im Hintergrund. Es ist weitgehend unauffällig und wird nahezu ausschließlich peripher wahrgenommen.

- Mittel

Ein mittlerer Grad der Aufdringlichkeit bedeutet, dass durch die Erscheinung des Displays eine erhöhte Wahrnehmung der Darstellung einhergeht.

- Hoch

Das Design ist sehr auffällig und drängt sich dadurch auch im stabilen laufenden Betrieb stark in den Vordergrund. Hier besteht die Gefahr, dass der Benutzer vom Betrieb des Displays gestört wird und den Fokus nicht auf die angestrebte Aktivität richten kann.

#### **4. Ort**

Ambient Displays werden an unterschiedlichen Orten installiert und positioniert. Die Bandbreite an möglichen Orten ist nahezu uneingeschränkt, sodass Ambient Displays auch in dementsprechend vielen Varianten lokal positioniert werden; sei es im urbanen Raum auf einem Hochhaus oder im Schlafzimmer einer Dachgeschosswohnung. Die Metrik ist wie folgt:

- Public

Public bedeutet, dass Ambient Displays in öffentlichen Räumen angebracht werden. Ein öffentlicher Raum ist für jeden uneingeschränkt zugänglich. Das Display kann demnach auch von jedem benutzt werden. Beispiele für öffentliche Räume sind etwa die U-Bahn, eine Fußgängerzone oder die Wartehalle eines Bahnhofs.

- Semipublic

Semipublic bedeutet halböffentlich. Damit sind Umgebungen, wie etwa Arbeitsumgebungen gemeint, die sich durch beschränkte Zugangsmöglichkeiten auszeichnen, aber trotzdem keinen intimen Bereich darstellen.

- Private

Dieser Bereich ist die intime und private Lebensumgebung einer Person. Dementsprechend eingeschränkt ist der Zugang und die Schutzwürdigkeit der am Display dargestellten Daten.

#### **5. Modalität**

Die Modalität bezeichnet die Art der Ausgabe. Zur Darstellung von Information kann grundsätzlich jedes sensorische Organ angesprochen werden. Ambient Displays nutzen dieses breite Spektrum aus, verwenden vorwiegend visuelle Medien, aber auch auditive oder jene die Information über taktiles Empfinden übertragen. Demnach ist die Metrik für die Dimension Modalität:

- Physisch

Das Ausgabemedium entspricht einem autonomen physischen Objekt, das eigens zur Erfüllung der Zweckmäßigkeit eines Ambient Displays entwickelt wurde. Die Verwendung ist ausschließlich als Ambient Display vorgesehen.

- Integriert

Das Ausgabemedium ist in bereits existente Objekte integriert. Das Ambient Display nutzt sozusagen eine bestehende Infrastruktur aus, die auch für andere Aufgaben verwendet werden könnte. So kommt es etwa zu einer Erweiterung der Funktionalität von alltäglichen Gegenständen mit dem zusätzlichen Nutzen eines Ambient Displays

- 2D

Die häufigste Variante des Ausgabemediums ist die Verwendung von zwei-dimensionalen Darstellungen, wie Projektionen oder LCD – Bildschirmen.

- Non-Visuell

Die menschliche Wahrnehmung ist nicht auf visuelle Reize beschränkt. Diese Tatsache begründet die Kategorie der non-visuellen Ausgabemedien. Häufigste Anwendung nicht visueller Darstellung ist der Einsatz von Klang und Geräuschen. Es wäre aber auch denkbar, die Information über die taktile Empfindung des Menschen, z.B. durch Temperaturschwankungen zu übertragen.

## **6. Zeitlicher Kontext**

Ambient Displays präsentieren meistens kontinuierliche Daten, die sich über einen bestimmten Zeitraum verändern. Aber nicht alle Ambient Displays beziehen diesen zeitlichen Kontext in ihrer Darstellung mit ein. Dies bedeutet, dass es nicht möglich ist einen zeitlichen Verlauf zu erkennen, sondern dass die Darstellung auf einen diskreten Zeitwert, also Zeitpunkt beschränkt ist. Die Metrik ist schlicht und einfach die Beantwortung der Frage nach dem zeitlichen Kontext mit „Ja“ oder „Nein“.

## **7. Datenquelle nach Ort**

Woher stammen die Daten? Diese Dimension gibt auf diese Frage eine Antwort. Es wird unterschieden zwischen lokalem, entferntem und virtuellem Ursprung. Diese drei Eigenschaften entsprechen der Metrik und werden im Folgenden erläutert:

- Lokal

Die Datenquelle hat einen lokalen Bezug zur Positionierung des Ausgabemediums. Dies entspricht etwa der Erfassung der Aktivität in einem Bürogebäude bei gleichzeitiger Präsentation auf einem in der Arbeitsumgebung befindlichen Ambient Display. Es besteht eine unmittelbare örtliche Beziehung zwischen Ausgabemedium und Eingabegerät.

- Entfernt

Die Datenquelle ist vom Ausgabemedium entfernt und es besteht keine örtliche Verbindung zueinander. Wenn etwa Person X in Los Angeles einen Bilderrahmen berührt, der bewirkt, dass die Berührung von Person Y in Berlin wahrgenommen werden kann, so entspricht dies einer entfernten Datenquelle.

- Virtuell

Die Daten entspringen dem virtuellen Raum. Mögliche Beispiele für Datenquellen dieser Kategorie sind E-Mails, Wetterdaten, Finanzdaten etc. Es handelt sich also um Daten, die von Internetdiensten zur Verfügung gestellt werden und als Basis für die Entwicklung von Ambient Displays weiterverarbeitet werden.

## **8. Dynamik der Datenquelle**

Wesentlichen Einfluss auf die Darstellungsvarianten eines Ambient Displays hat die Dynamik der Datenquelle. Dynamik meint die Änderungsrate der Daten, also die Geschwindigkeit wie langsam oder schnell sich die Daten verändern. Die Metrik ist demnach:

- Langsam

Die Daten verändern sich sehr langsam und weisen ein geringes Maß an Dynamik auf. Ist die Dynamik zu gering, so besteht die Gefahr, dass das Ambient Display vom Benutzer „vergessen“ wird.

- Mittel

Die Daten ändern sich regelmäßig und ziehen den Benutzer in eben gleicher Regelmäßigkeit mit ein.

- Schnell

Die Daten verändern sich in sehr kurzen Abständen und sehr hoher Frequenz. Wird bei einer zu hohen Dynamik bei der Gestaltung der Übergänge nicht dementsprechend darauf reagiert, so ist das Ambient Display zu aufdringlich und fordert eine zu hohe Aufmerksamkeit vom Benutzer.

### **6.3. Einteilung**

Die Ambient Displays aus der Sammlung werden nun unter Berücksichtigung der oben genannten Kriterien durch die Einstufung nach entsprechender Metrik in die Taxonomie eingeordnet. Die einzelnen Anwendungen werden der Reihe nach bewertet und in einer tabellarischen Darstellung abgebildet. Das Ziel der Visualisierung ist es, dem Leser einen Überblick vom „State of the Art“ der Projekte bzw. Anwendungen zu ermöglichen und zusätzlich einzelne Ambient Displays untereinander vergleichbar zu machen. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, wurde die folgende Darstellung für besonders geeignet erachtet.

Die tabellarische Form besteht aus zwei unterschiedlichen Achsen. Die senkrechte Achse bestimmt die einzelnen Ambient Displays. Die waagrechte Achse entspricht den neun im letzten Abschnitt festgelegten Dimensionen bzw. Kriterien. Das Ergebnis ist eine Matrix der Größe *Anzahl Ambient Display x Anzahl der Kriterien*. In den Feldern der Matrix werden die

Bewertungen der Metrik entsprechend eingetragen. Abbildung 47 zeigt das allgemeine Schema der Darstellung.

	D1	D2	.....	Dk
P1	M11			M1k
P2				
...				
...				
Pj	Mj1			Mjk

Abbildung 47 Schematische Darstellung der Taxonomie

P...Ambient Display Projekte

D...Dimension bzw. Bewertungskriterium

M...Metrik der einzelnen Bewertungen, wie z.B. gering, mittel, hoch. M entspricht somit der Bewertung des Ambient Displays P nach einem bestimmten Kriterium bzw. einer bestimmten Dimension D.

In dieses Visualisierungsschema werden nun alle Ambient Displays aus der Sammlung in Kapitel 4 eingeordnet.

Tabelle 1 Taxonomie Teil 1

	Abstraktion	Übergang	Aufdringlichkeit	zeitlicher Kontext	Modalität	Ort (Output)	Ort (Input)	Dynamik (Input)
<b>Waterlamp</b>	Hoch	Mittel	Mittel	Nein	Physisch	Semi-Pub	Virtuell	Hoch
<b>Light Patches</b>	Hoch	Schnell	Mittel	Nein	2D	Sem-Pub	Nahe	Mittel
<b>Natural Soundscape</b>	Hoch	Langsam	Hoch	Nein	Non-Visuell	Sem-Pub	Virtuell	Mittel
<b>Pinwheels</b>	Hoch	Langsam	Gering	Nein	Non-Visuell	Sem-Pub	Virtuell	Mittel
<b>Kimura</b>	Gering	Schnell	Hoch	Ja	2D	Sem-Pub	Virtuell	Hoch
<b>Audio Aura</b>	Mittel	Schnell	Hoch	Nein	Non-Visuell	Sem-Pub	Virtuell/Nahe	Hoch
<b>Office Plant #1</b>	Hoch	Langsam	Gering	Nein	Physisch	Sem-Pub	Virtuell	Mittel
<b>Unicast</b>	Gering	Mittel	Hoch	Ja	2D	Sem-Pub	Virtuell	Hoch
<b>Breakaway</b>	Mittel	Langsam	Gering	Nein	Physisch	Sem-Pub	Nahe	Gering
<b>Ambient Agoras</b>	Hoch	Mittel	Mittel	Nein	2D	Sem-Pub	Nahe	Mittel
<b>Laughing Lily</b>	Hoch	Langsam	Gering	Nein	Physisch	Sem-Pub	Nahe	Hoch
<b>Bus Mobile</b>	Mittel	Mittel	Gering	Nein	Physisch	Sem-Pub	Entfernt	Hoch
<b>Daylight Display</b>	Mittel	Langsam	Gering	Nein	Physisch	Sem-Pub	Nahe	Gering
<b>Dangling String</b>	Hoch	Mittel	Mittel	Nein	Physisch	Sem-Pub	Virtuell	Hoch
<b>Plato's Cave</b>	Gering	Mittel	Hoch	Nein	2D	Sem-Pub	Nahe	Hoch
<b>Obj./Subj. Time</b>	Hoch	Langsam	Gering	Nein	2D	Sem-Pub	Virtuell/Nahe	Mittel
<b>Activity Wallpaper</b>	Hoch	Mittel	Gering	Ja	2D	Sem-Pub	Nahe	Mittel
<b>AmbiLamp</b>	Hoch	Schnell	Gering	Nein	Physisch	Sem-Pub	Virtuell	Mittel
<b>Semi Public Display</b>	Gering	Mittel	Hoch	Nein	2D	Sem-Pub	Virtuell	Mittel
<b>Lumitouch</b>	Hoch	Schnell	Mittel	Nein	2D	Private	Entfernt	Mittel
<b>Digital Family Portrait</b>	Gering	Schnell	Mittel	Ja	2D	Private	Entfernt	Mittel
<b>Reach Out Hat</b>	Hoch	Schnell	Gering	Nein	Integriert	Private	Nahe	Gering
<b>Reach In</b>	Hoch	Mittel	Gering	Nein	Integriert	Private	Nahe	Hoch
<b>Spektograph</b>	Hoch	Schnell	Hoch	Nein	2D	Private	Nahe	Hoch
<b>Ripples</b>	Hoch	Mittel	Mittel	Nein	2D	Private	Nahe	Hoch
<b>Musical Effects</b>	Mittel	Schnell	Hoch	Nein	Non-Visuell	Private	Nahe	Mittel
<b>Ambient Lover's Cup</b>	Hoch	Schnell	Gering	Nein	Integriert	Private	Nahe	Mittel
<b>InfoCanvas</b>	Gering	Mittel	Mittel	Nein	2D	Private	Virtuell	Hoch
<b>Information Percolator</b>	Hoch	Langsam	Gering	Nein	Physisch	Private	Virtuell/Nahe	Mittel
<b>Composition (Bus,..)</b>	Hoch	Mittel	Gering	Ja	2D	Private	Virtuell	Gering
<b>Motion Painting</b>	Hoch	Mittel	Gering	Nein	2D	Private	Nahe	Mittel
<b>Stone Garden</b>	Hoch	Schnell	Gering	Ja	2D	Private	Nahe	Gering
<b>Campell Clock</b>	Hoch	Schnell	Gering	Ja	2D	Private	Virtuell	Mittel
<b>Ambient Dayplanner</b>	Hoch	Mittel	Hoch	Nein	Non-Visuell	Sem-Pub	Virtuell	Mittel

Tabelle 2 Taxonomie Teil 2

	Abstraktion	Übergang	Aufdringlichkeit	zeitlicher Kontext	Modalität	Ort (Output)	Ort (Input)	Dynamik (Input)
<b>Moneytree</b>	Mittel	Schnell	Mittel	Nein	2D	Private	Virtuell	Mittel
<b>Flower Lamp</b>	Hoch	Langsam	Gering	Nein	Physisch	Private	Nahe	Mittel
<b>Power Aware Cord</b>	Hoch	Mittel	Gering	Nein	Integriert	Private	Nahe	Mittel
<b>Information Curtain</b>	Hoch	Langsam	Gering	Nein	Integriert	Private	V/N/E	Mittel
<b>Weather Forecast (Window)</b>	Gering	Mittel	Mittel	Nein	2D	Private	Virtuell	Gering
<b>Strata / ICC</b>	Mittel	Mittel	Mittel	Nein	Physisch	Private	Nahe	Mittel
<b>One Pixel Display</b>	Hoch	Langsam	Gering	Nein	Physisch	Private	Virtuell	Mittel
<b>Kandinsky Scheme</b>	Gering	Mittel	Mittel	Nein	2D	Private	Virtuell	Mittel
<b>Ambient Orb</b>	Hoch	Schnell	Gering	Nein	Integriert	Private	Virtuell	Gering
<b>Weather Beacon</b>	Hoch	Schnell	Mittel	Nein	Integriert	Private	Virtuell	Gering
<b>Ambient Umbrella</b>	Hoch	Schnell	Gering	Nein	Integriert	Private	Virtuell	Gering
<b>Nabaztag</b>	Hoch	Schnell	Gering	Nein	Physisch	Private	Virtuell	Mittel
<b>Da Lamp</b>	Hoch	Schnell	Gering	Nein	Integriert	Private	Virtuell	Mittel
<b>Weather Toaster</b>	Mittel	Langsam	Gering	Nein	Integriert	Private	Virtuell	Gering
<b>Music Monitor</b>	Hoch	Schnell	Hoch	Nein	Non-Visuell	Private	Nahe	Hoch
<b>IN Visible</b>	Mittel	Mittel	Mittel	Nein	Integriert	Public	Nahe	Hoch
<b>Hancock Tower Boston</b>	Hoch	Mittel	Gering	Nein	Integriert	Public	Virtuell	Gering

## 7. Conclusio

Ambient Displays werden in zukünftigen Lebensumgebungen eine immer wichtigere Rolle einnehmen. Die stete Zunahme an digitalen, informationsverarbeitenden Endgeräten verlangt nach einer Überdenkung der bisherigen Einsatzgebiete und Varianten der Umsetzung. Die enorme kognitive Belastung für den Benutzer durch die ununterbrochene Existenz von Ausgabegeräten und Eingabegeräte erfordert eine Trennung der Anwendungen und den dahinter liegenden Datenquellen nach Prioritäten und Wichtigkeit. Es ist nur schwer möglich ohne störende, ablenkende Wirkung die Vielzahl an Medien gleichwertig mit dem Benutzer interagieren zu lassen. Folglich müssen in Abhängigkeit der Bewertung der Datenquelle entsprechende Ausgabegeräte entwickelt werden. Eine Möglichkeit „unwichtige“ Daten, die aber trotzdem nützlich und relevant sind, auszulagern, ist die Anwendung von Ambient Displays, die dahingehend konzipiert sind, am Rande der Wahrnehmung zu agieren. Im Laufe dieser Arbeit stellte sich heraus, dass eine hohe Anzahl unterschiedlichster Ambient Displays bisher realisiert wurden. Die größten Unterschiede zeigen sich im Wesentlichen in der Umgebung, wo Ambient Displays installiert werden und der eigentlichen Gestaltung, dem Design. Jeder dieser Faktoren hat Auswirkungen und Einfluss auf die qualitativ hochwertige Umsetzung und in weitere Folge auf die Akzeptanz beim Benutzer. Durch das weitgehende Fehlen von Designrichtlinien und Evaluierungsmethoden ist es schwierig die Anforderungen zu erfüllen. Das Gebiet der Ambient Displays ist ein relativ junges, noch im Anfangsstadium stehendes Feld der HCI. Die in dieser Arbeit entwickelte Taxonomie sollte als erster Schritt dienen die zahlreichen Varianten zu organisieren und einen guten Überblick über bestehende Projekte zu ermöglichen. Die Taxonomie deckt Trends und Gemeinsamkeiten auf, aus denen sich kritische Punkte und Bereiche ableiten lassen, die bei zukünftigen Projekten beachtet werden können. So zeigt sich etwa durch die Verteilung der Projekte, dass in einigen Bereichen besondere Anstrengungen betrieben werden Ambient Displays zu entwickeln. Zum einen finden sich Anwendungen im Bereich der CSCW, also der kollaborativen Arbeit, die durch erweiterte Arbeitsumgebungen auf höhere Effizienz im Arbeitsablauf abzielt und den Angestellten ein angenehmeres Umfeld bieten will. Projekte wie „Ambient Agoras“, „Unicast, Outcast, Groupcast“, „Kimura“ etc. integrieren alle Ambient Displays um soziales Bewusstsein und eine Reduktion der kognitiven Belastung zu ermöglichen. Ein weiterer Trend zeigt sich in der Übertragung von Emotionen über große Distanzen. Wiederum soll ein Gefühl, ein Bewusstsein der Nähe zwischen Personen geschaffen werden, auch wenn sie lokal

voneinander getrennt sind. Dieses Konzept kann weiter ausgedehnt werden, um eine „entfernte“ Altenpflege zu realisieren, wie etwa das Projekt „Care Net“. Schließlich zeigt sich als dritter Trend die Entwicklung von Ambient Displays als Unterhaltungsmedien, die Informationen auf ästhetische Art und Weise in die Wohnumgebung integrierten. Hier steht die dekorative Eigenschaft des Displays im Vordergrund. Ästhetik spielt auch in den anderen Bereichen eine wichtige Rolle, ist jedoch gerade in persönlichen und intimen Lebensräumen noch wichtiger.

Grundsätzlich steckt im Konzept der Ambient Displays enormes Potential. Ambient Displays sind schon lange nicht mehr nur den Forschungslabors vorenthalten, sondern treten immer stärker in die Öffentlichkeit, speziell mit Anwendungen für den Wohnraum, wie etwa Ambient Orb oder Nabaztag. Zukünftige Projekte werden die Entwicklung von Ambient Displays vorantreiben und Designkriterien, Designprozesse und Evaluierungsmethoden verfeinern, sodass die Effizienz und das Wissen über kritische Punkte, die es zu beachten gilt, immer weiter steigt.

## 8. Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1 TANGIBLE BITS, AMBIENT ROOM	12
ABBILDUNG 2 BOOTLES PROJEKT AUF DER ARS ELECTRONICA, LINZ, 2001	13
ABBILDUNG 3 EINORDNUNG VON ARTEN DES COMPUTING NACH GRAD DER EINBETTUNG GEGENÜBER GRAD DER MOBILITÄT	14
ABBILDUNG 4 EIGENSCHAFTEN VON AMBIENT DISPLAY NACH GRAD DES BEWUSSTSEINS UND DER AUFMERKSAMKEIT	29
ABBILDUNG 5 INFORMATIONSVERARBEITUNGSMODELL NACH ATKINSON UND SHIFFRIN	33
ABBILDUNG 6 WATERLAMP UND PINWHEELS VON HIROSHI ISHII	46
ABBILDUNG 7 SEMI-PUBLIC DISPLAY	47
ABBILDUNG 8 KIMURA ARBEITSUMGEBUNG	48
ABBILDUNG 9 OFFICE PLANT #1	49
ABBILDUNG 10 UNICAST (LINKS), OUTCAST (MITTE), GROUPCAST (RECHTS)	50
ABBILDUNG 11 BEWEGUNGSABLAUF VON BREAKAWAY	50
ABBILDUNG 12 HELLO.WALL DER AMBIENT AGORAS UMGEBUNG	51
ABBILDUNG 13 ZUSTANDSÄNDERUNGEN VON LAUGHING LILY	52
ABBILDUNG 14 BUSMOBILE (LINKS) UND DAYLIGHT DISPLAY (RECHTS)	53
ABBILDUNG 15 DANGLING STRING	53
ABBILDUNG 16 WEBCAM ZUR AUFNAHME DER LIVE BILDER (LINKS), PROJEKTION DER LIVE BILDER INS INNERE	54
ABBILDUNG 17 ZEITANZEIGE DES AMBIENT DAYPLANNER MIT TANGIBLE INTERFACE	54
ABBILDUNG 18 LUMITOUCH	55
ABBILDUNG 19 DIGITAL FAMILY PORTRAITS	56
ABBILDUNG 20 ERSTER PROTOTYP DES CARENET DISPLAYS	56
ABBILDUNG 21 REACH OUT HATS	57
ABBILDUNG 22 REACH IN, TRAGETASCHEN	58
ABBILDUNG 23 AMBIENT LOVER'S CUP - EMOTIONALE TRINKBECHER	59
ABBILDUNG 24 FLOWER LAMP	60
ABBILDUNG 25 POWER AWARE CORD	60
ABBILDUNG 26 WEATHER TOASTER - DIE GETOASTETE WOLKE MIT REGENTROPFEN REPRÄSENTIERT REGENWETTER	61
ABBILDUNG 27 INFOCANVAS - UNTERSCHIEDLICHE MOTIVE RERPÄSENTIREN UNTERSCHIEDLICHE DATENQUELLEN	62
ABBILDUNG 28 INFORMATION PERCOLATOR - WASSERBLASEN IN RÖHREN VISUALISIEREN INFORMATION	62
ABBILDUNG 29 INFORMATIVE ART DISPLAYS	63
ABBILDUNG 30 MONDRIAN ADAPTION ZUR ANZEIGE EINES BUSFAHRPLANES UND DER WETTERLAGE	64

ABBILDUNG 31 MONDRIAN ADAPTION ZUR ANZEIGE VON WETTERPROGNOSEN UND E-MAIL VERKEHR	65
ABBILDUNG 32 MOTION PAINTING - VISUALISIERUNG VON AKTIVITÄTSLEVEL	65
ABBILDUNG 33 STONE GARDEN - INSPIRATION DURCH RICHARD LONG (LINKS), VISUALISIERUNG VON ERDBEBENDATEN IN LOS ANGELES (RECHTS)	66
ABBILDUNG 34 OBJECTIVE/SUBJECTIVE TIME - GEGENÜBERSTELLUNG VON REALER ZEITMESSUNG UND ZEIT IN ABHÄNGIGKEIT DER AKTIVITÄT EINER PERSON	66
ABBILDUNG 35 CAMPELL CLOCK - ZEITMESSUNG DURCH FARBTÖNÄNDERUNGEN DER CAMPELL DOSEN	67
ABBILDUNG 36 ACTIVITY WALLPAPER - VISUALISIERUNG VON AKTIVITÄTLEVEL DER UMGEBUNG EINER GANZEN WOCHE	67
ABBILDUNG 37 MONEY TREE - GEGENÜBERSTELLUNG VON DREI UNTERSCHIEDLICHEN WERTPAPIEREN. DIE PFLANZE REPRÄSENTIERT DIE ENTWICKLUNG DES WERTPAPIERS	68
ABBILDUNG 38 WINDOW - TRANSPARENTE PROJEKTIONSFLÄCHE AUF EINEM FENSTER ALS WETTERANZEIGE	69
ABBILDUNG 39 STRATA ICC - DARSTELLUNG DES ENERGIEVERBRAUCHS EINES GEBÄUDES DURCH EIN PHYSISCHE MODELL UND LICHTÄNDERUNGEN	70
ABBILDUNG 40 ONE-PIXEL DISPLAY	71
ABBILDUNG 41 KANDINSKY SCHEME - FRAGMENTE REPRÄSENTIEREN BESTIMMTE DATENQUELLEN	72
ABBILDUNG 42 AMBIENT ORB	73
ABBILDUNG 43 WEATHER BEACON	73
ABBILDUNG 44 AMBIENT UMBRELLA	74
ABBILDUNG 45 NABAZTAG (LINKS), DA LAMP (RECHTS)	75
ABBILDUNG 46 HANCOCK TOWER BOSTON	76
ABBILDUNG 47 SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER TAXONOMIE	104

## 9. Tabellenverzeichnis

TABELLE 1 TAXONOMIE TEIL 1	1055
TABELLE 2 TAXONOMIE TEIL 2	<b>FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.</b> 6

## 10. Quellenverzeichnis

- Abowd, G. D., Mynatt, E. D., & Rodden, T. (2002). The Human Experience. *IEEE Pervasive Computing*, 1(1), 48-57.
- AmbientDevices. (2003). Weather Beacon. Cambridge.

- AmbientDevices. (2004). Ambient Orb. Cambridge: Ambient Devices.
- AmbientDevices. (2006). Ambient Umbrella. Cambridge.
- Ames, M. G., & Dey, A. K. (2002). *Description of Design Dimensions and Evaluation for Ambient Displays*: EECS Department, University of California, Berkeley.
- Anderson, J. R. (1996). *Kognitive Psychologie*: Spektrum Akad.Verl.
- Antifakos, S., & Schiele, B. (2003). Laughing Lily: Using a Flower as a Real World Information Display.
- Arroyo, E., & Selker, T. (2003). *Self-adaptive multimodal-interruption interfaces*. Paper presented at the Proceedings of the 8th international conference on Intelligent user interfaces, Miami, Florida, USA.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1972). The control of short-term memory. *Scientific American*, 82 - 90.
- Ballagas, R., Ringel, M., Stone, M., & Borchers, J. (2003). *iStuff: a physical user interface toolkit for ubiquitous computing environments*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, Ft. Lauderdale, Florida, USA.
- Barrington, L., Lyons, M. J., Diegmann, D., & Abe, S. (2006). *Ambient Display using Musical Effects*. Paper presented at the IUI '06: Proceedings of the 11th international conference on Intelligent user interfaces, Sydney, Australia.
- Boehlen, M. (1998). Office Plant #1. *Leonardo Special Edition (Catalogue to the Digital Salon)*, 345 - 349.
- Brewer, J. (2004). Factors in Designing Effective Ambient Displays. *International Conference on Ubiquitous Computing, UbiComp 2004*.
- Buxton, B. (1995). Integrating the periphery and context: A new model of telematics. *Graphics Interface 95*, 239-246.
- Cadiz, J. J., Czerwinski, M., McCrickard, S., & Stasko, J. (2003). *Providing elegant peripheral awareness*. Paper presented at the CHI '03 extended abstracts on Human factors in computing systems, Ft. Lauderdale, Florida, USA.
- Carver, & Schleier. (1981).
- Chang, A., Resner, B., Koerner, B., Wang, X., & Ishii, H. (2001). *LumiTouch: an emotional communication device*. Paper presented at the CHI '01: CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems, Seattle, Washington.

- Chatzitsakyris, P., Ducla-Soares, G. a., & Zulas, A. (2004). *IN-Visible: perceiving invisible urban information through ambient media*. Paper presented at the CHI '04: CHI '04 extended abstracts on Human factors in computing systems, Vienna, Austria.
- Cherry, E. C. (1953). Some experiments on the recognition of speech with one and two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, 25, 975 - 979.
- Consolvo, S., P.Roessler, & Shelton, B. E. (2004). The CareNet Display: Lessons learned from an In Home Evaluation of an Ambient Display. *Proceedings of the 6th Int'l Conference on Ubiquitous Computing: UbiComp '04*, 1 -17.
- Coomans, M. K. D., & Timmermans, H. J. P. (1997). *Towards a taxonomy of virtual reality user interfaces*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE Conference on Information Visualisation.
- Dana, J. Y. (2000). Ambient Dayplanner: A Tangible Interface for Public and Private Appointment Calendars.
- Desney, S. T., Jeanine, K. S., Dennis, R. P., & Randy, P. (2001). *The Infocockpit: providing location and place to aid human memory*. Paper presented at the Proceedings of the 2001 workshop on Perceptive user interfaces, Orlando, Florida.
- Desney, S. T., & Mary, C. (2003). *Information voyeurism: social impact of physically large displays on information privacy*. Paper presented at the CHI '03 extended abstracts on Human factors in computing systems, Ft. Lauderdale, Florida, USA.
- Eades, P., & Shen, X. (2004). *MoneyTree: ambient information visualization of financial data*. Paper presented at the CRPIT '36: Proceedings of the Pan-Sydney area workshop on Visual information processing, Darlinghurst, Australia, Australia.
- Elin, R., Pedersen, O., & Sokoler, T. (1997). *AROMA: abstract representation of presence supporting mutual awareness*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, Atlanta, Georgia, United States.
- Fogarty, J., Forlizzi, J., & Hudson, S. E. (2001). *Aesthetic information collages: generating decorative displays that contain information*. Paper presented at the UIST '01: Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology, Orlando, Florida.
- Greenberg, S., & Fitchett, C. (2001). *Phidgets: easy development of physical interfaces through physical widgets*. Paper presented at the UIST '01: Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology, Orlando, Florida.

- Gustafsson, A., & Gyllenswärd, M. (2005). *The power-aware cord: energy awareness through ambient information display*. Paper presented at the CHI '05: CHI '05 extended abstracts on Human factors in computing systems, Portland, OR, USA.
- Hallnas, L., & Redstroem, J. (2001). Slow Technology – Designing for Reflection. *Personal Ubiquitous Comput.*, 5(3), 201-212.
- Healy, C. G. (2005). Perception in Visualization [Electronic Version]. Retrieved 1.12.2005 from <http://www.csc.ncsu.edu/faculty/healey/PP/>.
- Heiner, J. M., Hudson, S. E., & Tanaka, K. (1999). *The information percolator: ambient information display in a decorative object*. Paper presented at the UIST '99: Proceedings of the 12th annual ACM symposium on User interface software and technology, Asheville, North Carolina, United States.
- Heller, R. S., Martin, C. D., Haneef, N., & Gievska-Krliu, S. (2001). Using a theoretical multimedia taxonomy framework. *J. Educ. Resour. Comput.*, 1(1es), 6.
- Ho-Ching, F. W.-l., Mankoff, J., & Landay, J. A. (2003). *Can you see what i hear?: the design and evaluation of a peripheral sound display for the deaf*. Paper presented at the CHI '03: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, Ft. Lauderdale, Florida, USA.
- Holmquist, L. E. (2004). *Evaluating the comprehension of ambient displays*. Paper presented at the CHI '04: CHI '04 extended abstracts on Human factors in computing systems, Vienna, Austria.
- Ishii, H. (2004). Bootles: A Transparent Interface as a Tribute to Mark Weiser. *IEICE TRANS. INF. & SYST.*, 87(6), 1299 - 1312.
- Ishii, H., Craig, W., Scott, B., Andrew, D., Matt, G., Brygg, U., et al. (1998). *ambientROOM: integrating ambient media with architectural space*. Paper presented at the CHI 98 conference summary on Human factors in computing systems, Los Angeles, California, United States.
- Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). *Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, Atlanta, Georgia, United States.
- Jacobs, M., & Worbin, L. (2005). *Reach: dynamic textile patterns for communication and social expression*. Paper presented at the CHI '05: CHI '05 extended abstracts on Human factors in computing systems, Portland, OR, USA.

- Jafarinaini, N., Forlizzi, J., Hurst, A., & Zimmerman, J. (2005). *Breakaway: an ambient display designed to change human behavior*. Paper presented at the CHI '05: CHI '05 extended abstracts on Human factors in computing systems, Portland, OR, USA.
- Kenneth, P. F. (2004). A taxonomy for and analysis of tangible interfaces. *Personal Ubiquitous Comput.*, 8(5), 347-358.
- Lagerkvist, S., Von der Lacken, C., Lindgren, A., Sävström, K., & Nordahl, G. Flower Lamp - Rewarding Energy Behaviours [Electronic Version]. Retrieved 10.1.2006 from <http://www.tii.se/static/flower.htm>.
- Lee, J. C.-H., & Chung, H. (2006). Lover's Cup: Drinking Interfaces as New Communication Channels
- Lund, A., & Wiberg, M. (2004). Ambient Displays Beyond Conventions [Electronic Version]. Retrieved 12.2.2006 from [http://www.informatik.umu.se/~mwiberg/designingforattention\\_workshop\\_lund\\_wiberg.pdf](http://www.informatik.umu.se/~mwiberg/designingforattention_workshop_lund_wiberg.pdf)
- Lyytinen, K., & Yoo, Y. (2002). Introduction. *Commun. ACM*, 45(12), 62-65.
- MacIntyre, B., Mynatt, E. D., Volda, S., Hansen, K. M., Tullio, J., & Corso, G. M. (2001). *Support for multitasking and background awareness using interactive peripheral displays*. Paper presented at the UIST '01: Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology, Orlando, Florida.
- Mankoff, J., Dey, A. K., Hsieh, G., Kientz, J., Lederer, S., & Ames, M. (2003). *Heuristic evaluation of ambient displays*. Paper presented at the CHI '03: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, Ft. Lauderdale, Florida, USA.
- Marchese, S. M., & Marchese, F. T. (2004). *Plato's Cave: An Image Stream Installation within an Office Setting*. Paper presented at the IV '04: Proceedings of the Information Visualisation, Eighth International Conference on (IV'04), Washington, DC, USA.
- Mark Weiser, J. S. B. (1996). Designing calm technology. *Power Grid Journal*, 1(1), 1996.
- Mattern, F. (2001, September). Ubiquitous Computing - Der Trend zur Informatisierung und Vernetzung aller Dinge. *Mobile Internet, Tagungsband 6. Deutscher Internet-Kongress, dpunkt-Verlag*, pp. 107-119.
- Mattern, F. (2005). Acht Thesen zur Informatisierung des Alltags. *Tagungsband zum Acatech-Symposium "Computer in der Alltagswelt", Berlin*.
- Mattern, F. (2005). Allgegenwärtige und verschwindende Computer. *Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation (PIK)*, 28(1), 29-36.

- Matthews, T., Dey, A. K., Mankoff, J., Carter, S., & Rattenbury, T. (2004). *A toolkit for managing user attention in peripheral displays*. Paper presented at the UIST' 04: Proceedings of 17<sup>th</sup> annual ACM symposium on User interface software and technology, Santa Fe, USA.
- McCarthy, J. F., Costa, T. J., & Liongosari, E. S. (2001). *UniCast, OutCast & GroupCast: Three Steps Toward Ubiquitous, Peripheral Displays*. Paper presented at the UbiComp '01: Proceedings of the 3rd international conference on Ubiquitous Computing, Atlanta, Georgia, USA.
- McPhail, S. (2001). *Flower in Bloom*. Calgary.
- Melin, L. (2001). *The information curtain: creating digital patterns with dynamic textiles*. Paper presented at the CHI '01: CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems, Seattle, Washington.
- Miller, T., & Stasko, J. (2001). *The InfoCanvas: information conveyance through personalized, expressive art*. Paper presented at the CHI '01: CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems, Seattle, Washington.
- Mynatt, E. D., Back, M., Want, R., Baer, M., & Ellis, J. B. (1998). *Designing audio aura*. Paper presented at the CHI '98: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, Los Angeles, California, United States.
- Mynatt, E. D., & Dey, A. K. (2003). *From Conception to Design, A practical guide to designing Ambient Displays*: Intel Research Berkely.
- Mynatt, E. D., Rowan, J., Craighill, S., & Jacobs, A. (2001). *Digital family portraits: supporting peace of mind for extended family members*. Paper presented at the CHI '01: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, Seattle, Washington, United States.
- Nielsen, J. (2005). *Heuristic Evaluation*. Retrieved 19.12.2005 from <http://www.useit.com/papers/heuristic/>
- Norman, D. A. (1968). *Toward a theory of memory and attention*. *Psychological Review*(75), 522 - 536.
- Plaue, C., Miller, T., & Stasko, J. (2004). *Is a picture worth a thousand words?: an evaluation of information awareness displays*. Paper presented at the GI' 04: Proceedings of the 2004 conference on Graphics interface, London, Ontario, Canada.
- Poupyrev, I., Maruyama, S., & Rekimoto, J. (2002). *Ambient touch: designing tactile interfaces for handheld devices*. Paper presented at the UIST '02: Proceedings of the

- 15<sup>th</sup> annual ACM symposium on User interface software and technology, Paris, France.
- Prante, T., Stenzel, R., Roecker, C., Streitz, N., & Magerkurth, C. (2004). *Ambient agoras: InfoRiver, SIAM, Hello.Wall*. Paper presented at the CHI '04: CHI '04 extended abstracts on Human factors in computing systems, Vienna, Austria.
- Preece, J. (2000). *Human-computer interaction* (Vol. 11): Addison-Wesley.
- Redstroem, J., Skog, T., & Hallnas, L. (2000). *Informative art: using amplified artworks as information displays*. Paper presented at the DARE '00: Proceedings of DARE 2000 on Designing augmented reality environments, Elsinore, Denmark.
- Rodenstein, R. (1999). *Employing the periphery: the window as interface*. Paper presented at the CHI '99 extended abstracts on Human factors in computing systems, Pittsburgh, Pennsylvania.
- Roecker, C., Bayon, V., Memisoglu, M., & Streitz, N. A. (2005). Context-Dependent Email Notification Using Ambient Displays and Mobile Devices. *Proceedings of the 2005 International Conference on Active Media*, 137 - 138.
- Sagi, D., & Julesz, B. (1985). "Where" and "What" in vision. *Science* (228), 1217 - 1219.
- Shneiderman, B., & Plaisant, C. (2005). *Designing the user interface*. Boston: Pearson Addison-Wesley.
- Siemoneit, O. (2004, Oktober). *Ubiquitous Computing. Neue Dimensionen technischer Kultur. Das Verbindende der Kulturen*, in: TRANS. Internet-Zeitschrift für Kulturwissenschaften, 15/2004 (inst.at/trans/15Nr/10\_4/10\_4inhalt15.htm).
- Skog, T. (2004). *Activity wallpaper: ambient visualization of activity information*. Paper presented at the Proceedings of the 2004 conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques, Cambridge, MA, USA.
- Southgate, R. (2001). Java Weather Toaster.
- Spelke, E., Hirst, W., & Neisser, U. (1976). Skills of divided attention. *Cognition*(4), 215 - 230.
- Statistik-Austria. (2005). *Ausstattung der Haushalte mit Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)*.
- Streitz, N., Prante, T., Roecker, C., Van Alphen, D., Magerkurth, C., Stenzel, R., et al. (2003). Ambient Displays and Mobile Devices for the Creation of Social Architectural Spaces. *Social and Interactional Aspects of Shared Display Technologies*, 387 - 409.

- Streitz, N., Roecker, C., Prante, T., Van Alphen, D., Stenzel, R., & Magerkurth, C. (2005). Designing Smart Artifacts for Smart Environments. *IEEE Journal Computer*, 38(3), 41 - 49.
- Tran, T. Q., & Mynatt, E. D. (2000). Music Monitor: Ambient Musical Data for the Home.
- Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97 - 136.
- Trini, M. (2005). *Verteilung von Aufmerksamkeit zwischen und innerhalb von Objekten*.
- Ullmer, B., Kim, E., Kilian, A., Gray, S., & Ishii, H. (2001). *Strata/ICC: physical models as computational interfaces*. Paper presented at the CHI '01: CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems, Seattle, Washington.
- Violet. (2004). The Dal lamp. Paris.
- Violet. (2005). Nabaztag. Paris.
- Vogel, D., & Balakrishnan, R. (2004). *Interactive public ambient displays: transitioning from implicit to explicit, public to personal, interaction with multiple users*. Paper presented at the Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology, Santa Fe, NM, USA.
- Weiser, M. (1995). The Computer of the 21st Century. *Scientific American*, 265 (3)(Special Issue: The Computer of the 21st Century), 66 - 73.
- White, T., & Small, D. (1998). *An interactive poetic garden*. Paper presented at the CHI 98 conference summary on Human factors in computing systems, Los Angeles, California, United States.
- Wisneski, C., Ishii, H., Dahley, A., Gorbet, M. G., Brave, S., Ullmer, B., et al. (1998). *Ambient Displays: Turning Architectural Space into an Interface between People and Digital Information*. Paper presented at the CoBuild '98: Proceedings of the First International Workshop on Cooperative Buildings, Integrating Information, Organization, and Architecture, London, UK.
- Zimbardo, Philip, G., Gerrig, J. Richard, & Hoppe-Graff, S. (1999). *Psychologie*: Springer.