

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/>).



DIPLOMARBEIT

Konzepte und Fallbeispiele der Einbindung
interaktiver Technologien in den Raum

Ausgeführt am
Institut für Gestaltungs- und Wirkungsforschung
der Technischen Universität Wien

unter der Anleitung von
Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Purgathofer

durch

Roshanak Rezvani-Naraghi

Pötzleinsdorfer Höhe 39/3/9, 1180 Wien

Danksagung

Ich möchte mich bei Professor Peter Purgathofer für seine hervorragende Betreuung bedanken. Weiters bedanke ich mich bei meinen guten Freunden Eva Margelik und Wilfried Reinthaler für ihre freundliche Unterstützung.

Ich bedanke mich bei meiner Familie, vor allem bei meinem lieben Bruder Homayoon, der mich immer im Leben unterstützte, und mir auch ein zweites Studium ermöglichte.

Kurzfassung

Der Computer der Zukunft soll uns in allen Lebenslagen und Alltagssituationen unterstützen, indem er uns ununterbrochen mit nützlichen Informationen versorgt. Die Verwirklichung dieser Vision, die Ende der achtziger Jahre zum ersten Mal entstand, scheint mit den heutigen Hochleistungscomputern und –netzwerken sowie mit dem Fortschritt in Sensorik in greifbare Nähe gerückt zu sein. Viele Forschungsarbeiten werden diesem Thema gewidmet (Ubiquitous Computing, Pervasive Computing, Context-aware Computing, Disappearing Computing, Ambient Intelligence, Smart Spaces, etc.). Die moderne Art der Informationstechnologie fordert eine neue Art der Mensch-Maschine-Interaktion, daher stehen in der weiteren Entwicklung der Computertechnologie nicht mehr die klassischen Kriterien wie die Netzwerkgeschwindigkeit im Vordergrund. Vielmehr muss sich die Forschung auf die Benutzerschnittstelle konzentrieren. Der „unsichtbare“ Computer der Zukunft wird vollständig in den uns umgebenden Räumen und Alltagsgegenständen integriert sein, wodurch explizite Input-Outputs über klassische Schnittstellen überflüssig werden. Die Verwendung von Raum und Alltagsgegenständen als eine optimale Schnittstelle ist naheliegend, da Menschen den Umgang mit diesen Objekten als natürlich empfinden. Aus diesem Grund konzentrieren sich viele multidisziplinäre Forschungsarbeiten unter anderem auf die Untersuchung des menschlichen Verhaltens in seinen diversen Lebensräumen. In dieser Arbeit beschreibe ich verschiedene Aspekte der oben genannten Vision, eine Reihe von angewandten Technologien für deren Realisierung, und ein paar Beispiele für die Integration interaktiver Technologie in den Raum. Zudem gehe ich ausführlich auf das Thema der Wahrnehmung des Raums durch Menschen und seine Wechselwirkung mit der Mensch-Maschine-Interaktion ein.

Abstract

The Computer of future shall support us in all situations of our everyday life through continuous supply of valuable information. The realisation of this vision, which has first emerged at the end of the eighties, seems to take concrete shape, considering today's high performance computers and networks, as well as the advances in the sensor technology. This very topic and related fields have also been subject to enormous dedicated research (Ubiquitous Computing, Pervasive Computing, Context-aware Computing, Disappearing Computing, Ambient Intelligence, Smart Spaces, etc.).

The modern "everyday computing" requires a novel form of human-computer-interaction. Accordingly, the design of an appropriate interface between the human and the computer will be of eminent importance. The "disappearing" computer of future will be fully integrated in the physical spaces of our daily life, such that any explicit input-output via traditional interfaces will not be needed anymore. The leverage of space and objects of everyday life as an optimal interface is quite straight forward, since human beings deal with such objects fully naturally and with ease. Therefore, a considerable amount of multidisciplinary research focuses on studying the human behaviour in his various physical environments.

In this work, I discuss different aspects of the above mentioned vision along with a number of applied technologies for its realisation, as well as few examples for the integration of the interactive technology in the physical space. Furthermore, I elucidate the issue of human perception of the physical space and its interplay with the human-computer-interaction.

Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG	9
UBIQUITOUS COMPUTING.....	11
Was ist Ubicomp?	11
Pervasive Computing	13
Die Technologie	13
Energieverbrauch	14
Netzabdeckung	14
Kontextbewusstsein.....	15
Kritik	17
Was ist Kontext?	18
Benutzerschnittstelle	20
Zu viele Geräte, zu viele UIs.....	22
Disappearing Computer.....	23
Human-centered Computing	25
Multimodal HCI (multimodale Mensch-Maschine-Interaktion).....	26
Vision Techniques (maschinelles Sehen).....	27
Large Scale Body Movement	27
Hand Gesture Recognition (Gestenerkennung).....	28
Gaze Detection (Blickverfolgung)	29
Affective HCI (emotionale Mensch-Maschine-Interaktion)	30
Facial Expression Recognition (Erkennung von Gesichtsausdrücken).....	31
Emotion in Audio	31
Attentive UI.....	32
Perceptual UI.....	35
Patterns für Ubicomp	36
Folgenabschätzung	38
Zusammenfassung	39
RAUM ALS SCHNITTSTELLE	41
Was hat Raum an sich?	42
Physisch, greifbar (Tangible)	43

Inhaltsverzeichnis

Multiuser	43
Aufforderungscharakter	44
Interaktion	46
Alles an seinem Platz! Eine Sache der Syntax und Semantik.....	49
Zusammenfassung.....	50
MENSCH ALS SCHNITTSTELLE	51
Wahrnehmung	51
Gestaltpsychologie (Gestalttheorie)	52
Mentale Modelle	54
Mensch als Benutzer	55
Verhaltensmodelle.....	55
Zusammenfassung.....	56
EINBINDUNG INTERAKTIVER TECHNOLOGIE IN DEN RAUM.....	57
Interaktion, die Herausforderung für Design	58
Mensch	61
Raum (architectural Space)	61
Interaktive Technologie.....	61
Interaktionspatterns	62
Szenarien und Beispiele	64
Szenario, Maria die Geschäftsreisende	65
i-Land	66
Szenario 1	67
Szenario 2.....	67
Dynawall	68
CommChair	68
InteracTable.....	69
Passage-Mechanismus.....	69
Netzwerkinfrastruktur	70
BEACH	71
Ada	74
Hardware	74
Ausstellung.....	74
Interaktion mit Besuchern	75
Weitere Beispiele	78

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 78

ZUSAMMENFASSUNG 79

LITERATURVERZEICHNIS 81

Einleitung

Ende der achtziger Jahre hatte Mark Weiser die Vision, dass Computer in Zukunft gänzlich in unsere Lebensräume integriert, und somit für ihre Benutzer unsichtbar werden. Seither widmeten sich zahlreiche Forschungsprojekte diesem Thema (Ubiquitous Computing, Pervasive Computing, Context-aware Computing, Disappearing Computing, etc.).

“Will we be surrounded by computers by 2010? Yes, but we wont know it.” (Gates, 02)

Bei vielen dieser Projekte wird dem Ansatz gefolgt, die Computer überall im Alltag einzusetzen und intelligente Räume zu entwerfen, die ihren Benutzern jederzeit und überall Zugang zu Informationen schaffen und sie bei ihren täglichen Aktivitäten und Bedürfnissen unterstützen (ambient intelligence, cyberspace, active space, smart spaces, etc.).

“Die interaktive Interface-Technologie wird in den nächsten Jahren auf die Architektur übertragen werden. Intelligente Gebäude mit lokalen Kontrollmechanismen werden autonom auf die Umwelt wie auf die Bewohner reagieren.” (Weibel, 94)

Diese Vision bietet den Benutzern eine ganz neue Art der Mensch-Maschine-Interaktion (HCI) an, ist aber gleichzeitig eine große Herausforderung für das Design [15]. Um die Computer in den Alltag zu integrieren und die ganze Umgebung, den ganzen Raum, als Benutzerschnittstelle zu gestalten, muss sich das Design mehr mit Raumeigenschaften sowie mit dem Alltagsverhalten der Benutzer in ihrem gewöhnlichen Lebensraum beschäftigen.

In der vorliegenden Arbeit werde ich verschiedene Aspekte dieser Vision, eine Reihe von angewandten Technologien für deren Realisierung und ein paar Beispiele für die Integration interaktiver Technologie im Raum beschreiben.

Ergebnisse vieler Forschungsarbeiten deuten auf das große Potential des Raums als eine sehr vorteilhafte Schnittstelle zwischen Mensch und Computer hin. Dies beruht vor allem auf der Tatsache, dass Menschen den alltäglichen Umgang mit dem Raum und mit den sich darin befindlichen Gegenständen, im Gegensatz zu dem Umgang mit Tastaturen und Bildschirmen, als ganz natürlich empfinden. Genau dieser Vorteil erweist sich jedoch als die größte Herausforderung für das Design „intelligenter Räume“. Hier ist nämlich zusätzlich zu einer modernen Technologie auch ein grundlegendes Verständnis des menschlichen Verhaltens in seiner alltäglichen Umgebung gefragt, wobei Begriffen wie Syntax, Semantik, Kontext, etc. eine bedeutende Rolle zukommt. Auch auf diese Aspekte und ihre Wechselwirkung mit der Mensch-Maschine-Interaktion werde ich ausführlich eingehen. Dabei folge ich hauptsächlich der Art und den wichtigen Aspekten der Interaktion.

Ubiquitous Computing

“Cyberworld brings us to the computerized virtual digital world. Ubicomp, in contrast, brings us to the computerized physical real world.”(Ma, 05)

In diesem Kapitel werde ich das „Ubiquitous Computing“ beschreiben, einige relevante Technologien in diesem Bereich erwähnen, und erklären, was bei der Benutzerschnittstelle derartiger Systeme anders sein kann/muss als bei einer traditionellen Benutzerschnittstelle. Zum Schluss werde ich kurz auf mögliche soziale, kulturelle und wirtschaftliche Folgen von Ubiquitous Computing und seine Wirkung auf die Privatsphäre hinweisen.

Was ist UbiComp?

Den Begriff „Ubiquitous Computing“ (UbiComp) hat zum ersten Mal Mark Weiser bei „Xerox Palo Alto Research Center“ Ende der achtziger Jahren verwendet [7], was auf Deutsch in etwa „allgegenwärtige elektronische Datenverarbeitung“ bedeutet.

„allgegenwärtige und allumfassende Informationsverarbeitung ... Diese totale Informatisierung der Welt wird auch mit *ubiquitous computing* oder *pervasive computing* bezeichnet.“ (Mattern, 05)

Nach dieser Vision werden Computer idealer Weise überall und für jeden in unserem Lebensraum verfügbar sein, uns Zugang zu Informationen verschaffen und uns bei verschiedenen alltäglichen Aufgaben unterstützen. Sie werden, aber nicht mehr als irgendwelche Geräte im Raum herumstehen, sondern wie ein unsichtbarer elektronischer Assistent komplett im Hintergrund integriert sein [9].

Wichtig ist zu wissen, dass die virtuelle Realität (VR) nichts mit UbiComp zu tun hat. Sie ist sogar Weisers Meinung nach das Gegenteil davon, denn während UbiComp versucht die physische Welt (auf unsichtbare Weise) aufzuwerten, tut die VR nichts anderes als die bereits existierende Welt virtuell zu simulieren [3].

Es ist vorstellbar, dass die Benutzung der Computer in einer Umgebung ausgestattet mit UbiComp ähnlich sein wird, wie es jetzt bei der Strombenutzung in unseren Gebäuden der Fall ist. Sowie wir täglich den Strom für so vieles benutzen, ohne uns mit der Energiequelle, Generator, Stromleitungen, Stromverteiler, Kabel, usw. auskennen zu müssen. Wo immer wir in ein Gebäude hinein gehen (vorausgesetzt natürlich, dass es mit Strom versorgt ist) können wir einfach das Licht einschalten, ohne uns mit der Technologie dahinter auseinander zu setzen oder diese überhaupt kennen zu müssen [3]. Weisers Vision für die Informationstechnologie stellt sich wie folgt dar:

„The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it“. (Weiser, 91)

Er meinte, wenn wir etwas gut beherrschen, führt es letztendlich dazu, dass die dahinter versteckte Technologie für uns unsichtbar wird oder uns während der Anwendung nicht mehr auffällt. Erst dann können wir etwas jederzeit und intuitiv benutzen, ohne darüber nachdenken zu müssen. Dazu nennt er die Schrift und die Drucktechnik als Beispiel für eine alte Form der Informationstechnologie. Vor einigen Jahrhunderten musste man sehr aufwendige Verfahren beherrschen, um einen Text zu schreiben und zu drucken. Dabei konnte man sich nicht einfach auf den Inhalt konzentrieren, sondern musste sich auch sehr viel mit der jeweiligen Technologie beschäftigen. Abgesehen davon konnten damals nicht so viele Menschen lesen. Heute dagegen kann jeder innerhalb ein paar Minuten Texte schreiben, vielfach elektronisch kopieren oder auf Papier drucken. Ausgedruckte Texte und Schriften sind nicht mehr nur in Bibliotheken sondern überall in unserer Umgebung, in unserem Alltag (z.B. auf Lebensmittelverpackungen, Verkehrszeichen, Werbeplakaten) zu finden. Wenn wir auf einem Verkehrsschild etwas sehen, müssen wir uns nicht mit der Schrift oder der notwendigen Herstellungstechnologien für dieses Schild beschäftigen. Wir nehmen den Inhalt einfach wahr, ohne uns auf etwas anderes als der in der Schrift enthaltenen Information konzentrieren zu müssen. Weiser meinte, dass die IT in elektronischer Form auch das Potential hat, diese Grenze von Unsichtbarkeit zu erreichen. Der Clou liegt aber nicht in der Produktion immer besserer und leistungsfähigerer Einzelgeräte (PCs, Notebooks, PDA, etc.). Ganz im Gegenteil sollten wir überhaupt das Konzept der „Personal Computer“ vergessen und umdenken. Denn diese Art von Maschine kann und wird nie gänzlich in unserem Alltag integriert und für die Benutzer unsichtbar werden. Das liegt nicht am Grad der Leistung sondern einfach an der Natur des PCs [3]. Die IT war aber damals, und ist heute noch, weit von dieser Vision entfernt.

"Today's multimedia machine makes the computer screen into a demanding focus of attention rather than allowing it to fade into the background."(Weiser, 91)

Die Art und Weise, wie wir heute noch hauptsächlich die Computer benutzen, nämlich als viele einzelne Geräte, die uns umgeben, immer mehr an der Zahl und ausgestattet mit immer komplizierterer Technologie (Personal Computer, Laptop, PDA, Mobiltelefon, Smartphone, Blackberry, verschiedene andere Handhelds, etc.), kann uns Weisers Meinung nach gar nicht zu Ubicomp führen. Denn egal wohin man Computer mitnehmen könnte, wie hoch sich ihre Technologie noch entwickeln würde oder wie gut die Benutzerschnittstelle gestaltet wäre, beim Konzept der einzelnen Computer ist und bleibt der Mittelpunkt unserer Aufmerksamkeit eine einzelne „Kiste“. Wir müssen für jedes Gerät, jedes Modell und jede Version erneut lernen damit umzugehen, bevor es überhaupt möglich ist, die kleinste Unterstützung von ihm zu bekommen. Das macht Computer alles andere als unsichtbar. Weiser dachte über ein neues

Konzept nach. Eins, nach dem Computer zwar überall im Alltag eingesetzt werden, und uns immer zur Verfügung stehen, dabei aber im Hintergrund unserer Umgebung verschwinden und für die Benutzer unsichtbar werden [3] [10]. Das Leben mit UbiComp sollte natürlicher und angenehmer werden als es bisher mit dem Computer gewesen ist, denn in solchen Systemen werden sich nicht mehr die Menschen an Computern anpassen müssen, sondern umgekehrt.

“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.”(Weiser, 91)

Pervasive Computing

Der Begriff „Pervasive Computing“ wurde 1995 erstmals vom damaligen IBM Chairman Lou Gerstner verwendet und besitzt in Bezug auf die Allgegenwärtigkeit eine dem Begriff „UbiComp“ ähnlichen Bedeutung [11]. „Pervasive Computing“ enthält weniger die idealisierten menschenzentrierten sondern mehr die praktischen industriebezogenen Aspekte, welche nicht nur in ferner Zukunft realisierbar sind, sondern laufend von der Industrie durch Weiterentwicklung der web-basierten und mobilen Technologie angestrebt werden.

„A billion people interacting with a million e-businesses through a trillion interconnected intelligent devices.” (Lou Gerstner) [9]

Die Technologie

UbiComp wird auch manchmal als die dritte Generation bzw. Welle von Computern bezeichnet, wobei als erste Welle die Großrechner (Mainframes) und als zweite Welle die Personal Computer angesehen werden. Bei der ersten Welle haben mehrere Benutzer einen Rechner benutzt. Dann verbreiteten sich die PCs auf dem Markt, so konnte jeder direkt mit seinem eigenen Computer arbeiten. Also wurde die direkte Interaktion möglich, wobei der Computer immer noch im Mittelpunkt stand. In der dritten Welle sollten die Computer überall sein, jedem von uns den Zugang zur Informationstechnologie ermöglichen und selbst im Hintergrund verschwinden (UbiComp). Um dies tatsächlich zu realisieren müssen wir hauptsächlich drei Teilkonzepte erreichen. Erstens brauchen wir viele Computer in verschiedenen Größen (inch, foot, yard) und Formen, jeden für bestimmte Aufgaben [3] [12]. In diesem Bereich haben wir schon viel erreicht, wovon Weiser vor zwanzig Jahren sprach. Zweitens brauchen wir eine Vernetzung verschiedener Computer, damit sie miteinander Daten austauschen können. Und drittens werden die Computer nicht mehr im Raum stehen, sondern überall im Hintergrund funktionieren [3] [12].

Um diese drei Konzepte umzusetzen, muss natürlich noch eine enorme Menge an Arbeit in der Forschung und Technologie geleistet werden, vor allem in vier relevanten Bereichen: Energieverbrauch (Power Management), drahtlose Netzabdeckung (wireless discovery), Anpassung der Benutzerschnittstelle (user interface adaptation), und Kontextbewusstsein („location aware“ or „context awareness“) [13]. Im Folgenden werde ich kurz auf die ersten zwei Bereiche eingehen. Die beiden letzten Bereiche werde ich detaillierter beschreiben, da diese hauptsächlich den Unterschied zwischen den Ubicomp Systemen und den traditionellen Systemen bestimmen.

Energieverbrauch

Der Energieverbrauch beeinflusst das Ubicomp hauptsächlich in drei Bereichen: Datenverarbeitung (processing), Datenspeicherung (storage) und Kommunikation. Was aber das Management von Energieverbrauch bei solchen Systemen komplizierter macht, ist die Tatsache, dass sie erstens ununterbrochen laufen und zweitens zu unterschiedlichen Zeiten sehr unterschiedliche Applikationen im Einsatz haben können, nämlich von einer einfachen Überwachung (Monitoring) und Wartung bis zu sehr komplizierten Applikationen. Dementsprechend variiert auch der Energieverbrauch des Systems [13].

Netzabdeckung

Heutzutage kann jeder mit vielen verschiedenen Computern (die immer mehr werden) einen Netzzugang haben (PC, Notebook, Blackberry, Mobiltelefon, etc.). Je mehr einzelne Geräte pro Benutzer an einem Netz hängen, umso schwieriger wird die Verwaltung dieses Netzes. In einem Ubicomp System sollen nicht mehr nur jene Geräte, die wir bis heute als elektronisch und internetfähig kennen, sondern fast alle oder mindestens viele Gegenstände in unserer Umgebung (von einem Schreibtisch bis zu einem Stift) in einem gemeinsamen Netz eingebunden werden [14]. Das würde die Anzahl der Computer, auf eine einzelne Person bezogen, in einem Netz nochmals drastisch erhöhen und die Verwaltung solcher Netze mit Abstand komplizierter machen als die Verwaltung der aktuellen Netzwerke. Ein neues Problem, das auftauchen könnte, wäre zum Beispiel die Übersicht über die intelligenten Gegenstände zu bewahren. Folgende Fragen könnten auftreten: Was gibt es alles in diesem Netz? Worauf kann ich zugreifen? Welche Aufgaben kann ich mit welchen von ihnen erledigen? Wo finde ich, was ich brauche? Wie kann ich es benutzen? [13]

Kontextbewusstsein

„When computation is moved “off the desktop” then we suddenly need to keep track of where it has gone.” (Dourish, 04)

Wenn Computer nicht mehr fixe Standorte haben und es wirklich überall in unserer Umgebung möglich ist, sie zu benutzen, dann werden Standortinformationen eine bedeutend wichtigere Rolle spielen. Dass der Standort in einem Ubicomp System von großer Bedeutung sein wird, betonte auch Weiser: Wenn ein Computer nur wüsste, in welchem Raum er sich befindet, könnten er seine Funktion deutlich anpassen, ohne den geringsten Einsatz künstlicher Intelligenz [3]. Ubicomp Systeme benutzen im Gegensatz zu den traditionellen Systemen die jeweiligen Informationen aus der Umgebung, um ihren Benutzern passende Informationen liefern zu können. Wenn man das Internet benutzt, spielt der Standort meistens keine Rolle. Wenn ich zum Beispiel in Österreich eine Webseite betrachte, bekomme ich genau dieselben Informationen, wie jemand, der in den USA dieselbe Seite betrachtet, nicht mehr und nicht weniger. Internetserver berücksichtigen für gewöhnlich den Standort der Benutzer nicht. Wenn aber Computer in einer Umgebung integriert sind, können die Informationen aus dieser Umgebung und aus den laufenden Interaktionen benutzt werden, um den Benutzern bessere Ergebnisse zu liefern [13]. Wenn ich beispielsweise im Internet nach einem Buch suche, finde ich Ergebnisse aus der ganzen Welt. Ein Ubicomp System würde mir dagegen auch gleich die nächsten Bibliotheken oder Buchhandlungen dazu liefern (was z.B. Google schon teilweise auf Nachfrage anbietet), weil es meinen Standort berücksichtigt. Ferner kann das System zum Beispiel die Informationen, die ein Benutzer zu einer bestimmten Zeit sucht, speichern, und diese später anderen Benutzern zur Verfügung stellen, die sich am selben Standort aufhalten oder ähnliche Dinge suchen. Es geht also nicht nur um den Standort, sondern auch um die Zeit, den Begleiter, die Aktivitäten, etc.[13]

Der Begriff „context-aware“, zu Deutsch „kontextbewusst“ [16], der in der Literatur manchmal auch als „sentient“ bezeichnet wird [17], wurde 1994 zum ersten Mal von Schilit und Theimer im IT Bereich verwendet. Die Autoren beschreiben diesen Begriff als die Fähigkeit einer Software, sich Informationen über einen Standort, über die Menschen und Objekte, die sich an diesem Standort befinden, sowie über die Änderungen dieser Faktoren im Laufe der Zeit anzueignen und ihr Verhalten dementsprechend anzupassen [18]. Seither wurde dieser Begriff von vielen anderen verwendet und mit kleinen Änderungen wieder definiert.

“...context-aware computing - computational systems that can sense and respond to aspects of the settings in which they are used...” (Dourish, 04)

Kontextbewusstsein gilt als ein sehr wichtiger Aspekt in UbiComp oder Pervasive Computing, der hauptsächlich diese Art von Systemen von den Traditionellen Systemen unterscheidet [15] [19] [17] [16]. Die meisten Forschungsarbeiten in diesem Bereich versuchen entweder neue Applikationen mit intelligenten Dingen oder in intelligenten Umgebungen zu entwickeln [23] [24], bzw. eine Softwarestruktur oder Middleware aufzubauen [21] [22] [25] [31] [69] [70] [72], um die Programmierer bei der Entwicklung solcher Applikationen zu unterstützen [20].

Kontextbewusste Computersysteme haben die Fähigkeit, ihre Arbeitsweise, ohne Eingriff der Benutzer, an einen aktuellen Kontext anzupassen. Auf diese Weise versuchen sie ihre Benutzerfreundlichkeit und Effizienz zu erhöhen [17]. Dadurch dass die Sensoren immer kleiner und billiger werden und höhere Speicherkapazitäten immer günstiger zu erreichen sind, sowie aufgrund der verstärkten Vernetzung (zunehmend drahtlos) kann man immer mehr Informationen aus der Umgebung und der Situation erfassen und dementsprechend das Verhalten des Systems anpassen [16]. Die Anpassung kann auf verschiedene Arten erfolgen. Das System kann zum Beispiel dem Benutzer, je nach Kontext, bestimmte Informationen oder eine Liste von mehreren anwählbaren Diensten liefern. Es kann aber auch bestimmte Dienste ausführen [20]. Ein Beispiel dafür ist das „Cyberguide“, ein mobiler kontextbewusster Führer (für Museen oder ähnliches gedacht). Der Benutzer kann sich frei in einem (intelligenten) Raum bewegen, wobei er ein Handheld Gerät in der Hand hält. Je nachdem, vor welcher Ausstellung er stehen bleibt, liefert ihm das Cyberguide passende Informationen dazu. Cyberguide kann auch basierend auf der Häufigkeit des Besuches erraten, welche Art der Ausstellung dem Benutzer am meisten gefällt, und ihn zu ähnlichen Ausstellungen führen [23].

Für die Anpassung an den Kontext braucht ein System hauptsächlich einen Satz von Sensoren, die Kontextinformationen bereit stellen, einen Satz von Regeln, die die Funktionsweise dem Kontext entsprechend anpassen, und einen Satz von Aktuatoren (actuators) um eine entsprechende Verhaltensweise für das System zu generieren [19]. Mit Aktuatoren werden die physischen (nicht virtuellen) Teile eines Systems bezeichnet, mit denen die Benutzer in Interaktion treten können, um einen Zustand der Umgebung zu verändern (z.B. Heizung oder Licht einschalten) [24]. Mit Hilfe der Sensortechnologie werden viele Informationen automatisch aus der Umgebung eingeholt, ohne dass der Benutzer diese extra in das System eingeben muss [37] [38]. Dies können verschiedene Informationen über den Gerätezustand, das Benutzerprofil oder aus der Netzwerkumgebung sein [17]. Für Sensoren gibt es verschiedene Arten von Gruppierungen. Gustavsén teilt sie in externe und interne Sensoren. Die externen Sensoren beschaffen Informationen von externen Ausrüstungen, wie zum Beispiel ein GPS-Empfänger. Die Internen beschaffen Informationen (wie Zeit und Datum) durch einfache interne Funktionsabrufe [25].

Es gibt unterschiedliche Arten, Kontextinformationen zu bewerten und zu benutzen. Manche Systeme legen eine Vordefinition verschiedener Kontexte mit den dazugehörigen Informationen fest, um sich später daran „erinnern“ zu können. Manche andere verwenden die Kontextinformationen dynamisch, um das Verhalten des Systems und die Ergebnisse optimal an die aktuelle Situation anzupassen [15].

Um ein derartiges System zu programmieren, gibt es kein weit verbreitetes Modell, das von allen akzeptiert wird [27]. Um die einfachsten Applikationen von Sensoren und Aktuatoren zu programmieren, muss man oft einen sehr langen, maschinennahen Code schreiben [19]. Die eigentliche Herausforderung ist aber, Algorithmen zu entwickeln, die nicht nur einen einfachen Sensor aktivieren, sondern auch komplizierte Abläufe wie „gehen“ oder „kochen“ erfassen können, die je nach Benutzer stark variieren [28]. Um eine intelligente Umgebung (intelligent space) zu programmieren, kann man grundsätzlich drei verschiedene Arbeitsbereiche festlegen:

Kontext Engineering interpretiert die von Sensoren angeschafften Informationen, um auf einer höheren Ebene Zustände zu definieren, wie zum Beispiel heiß, kalt oder sonnig. Software Engineering beschreibt die Funktionsweise verschiedener Softwarekomponenten, wie zum Beispiel das Einschalten der Heizung. Der dritte Arbeitsbereich erledigt die Verbindung bestimmter Systemfunktionen mit bestimmten Kontexten. Hier wird definiert, welche Softwarekomponente in welchem Kontext ausgeführt werden soll und welche Systemteile bei einer bestimmten Änderung des Kontextes aktiviert werden sollen [24].

Kritik

Um die Benutzerfreundlichkeit zu maximieren, werden in den meisten Projekten und Forschungsarbeiten im Bereich des Ubicomp mit Hilfe der Kontextinformation versucht die Automatisierung zu erhöhen und den Benutzern so viele Aufgaben wie möglich abzunehmen und dem System zu überlassen. Im Idealfall sollte alles vorhergesehen und vorprogrammiert sein [15]. Die Vision erstrebt unsichtbare Computer in einer intelligenten Umgebung (smart environment) mit intelligenten Gegenständen (smart things, artefacts), die in jeder Situation wissen, was zu tun ist, und ohne Eingreifen der Menschen das Richtige tun. Wenn der Kontext aber falsch vom System interpretiert wird, wird dementsprechend falsch gehandelt, wobei wir das System gar nicht mehr so leicht beeinflussen können. Wir werden als Benutzer solchen Systemen „unterworfen“ [16].

„Today we are confronting a new breed of machines with intelligence and autonomy, machines that can indeed take over for us in many situations. In many cases, they will make our lives more effective, more fun, and safer. In others, however, they will frustrate us, get in our way, and even increase danger”. (Norman, 07)

Zwei wesentliche Fragen müssen im Zusammenhang mit dem UbiComp dringend beantwortet werden: Erstens stellt sich die Frage, ob diese Vision überhaupt zu erreichen ist. Nehmen wir an, die Technologie ist eines Tages tatsächlich soweit, dass die smarten Gegenstände jede Situation ohne Ausnahme richtig interpretieren können und immer für uns (an unserer Stelle) das Richtige tun. Würden wir uns dann auch in so einer Welt wohl fühlen oder empfinden wir es trotzdem als lästig? Um diese Fragen zu beantworten, muss man sich vielleicht überlegen, was der Begriff „Kontext“ bedeutet [15].

Was ist Kontext?

Was kann man alles als Kontext bezeichnen, während ich an meinem Schreibtisch sitze und diese Zeilen tippe? Vielleicht mich als den Benutzer, meinen PC als den Computer, das Textschreiben als die Aktivität und das Zimmer als die Umgebung. Welche Faktoren sind aber wichtig? Gehört meine Ausbildung zum Kontext? Die Schrift, die ich gewählt habe? Ist es wichtig, wie viele Stunden ich heute schon vor dem PC gesessen habe? Und dass ich langsam Hunger bekomme? Was, wenn sich meine Wortwahl ändert? Oder meine Tippgeschwindigkeit? Spielt es eine Rolle, ob ich im Raum alleine bin oder andere auch dabei sind? In Bezug auf den Raum würde ich sagen, dass es interessant ist, ob ich im Freien sitze oder in einem Gebäude. Ist es ein öffentliches Gebäude, ein privates, oder ein Arbeitsbereich? Wird dieser Raum von einem W-LAN gedeckt oder gibt es im Raum einen Telefon- oder Kabelanschluss? Gehört auch die Beleuchtung des Raums zum Kontext? Was ist mit der Temperatur oder Farbe? Was ist eigentlich genau mit Kontext gemeint?

Es ist vielleicht gut zu wissen, dass der Begriff Kontext nicht nur von UbiComp Systemen benutzt wird, sondern auch in verschiedenen anderen Gebieten, wie Informationswiedergewinnung (Information retrieval), Verarbeitung natürlicher Sprachen (natural language processing) und multimodaler Interaktion (multimodal interaction) [15]. Im Zusammenhang mit dem UbiComp gibt es leider viele, teilweise unterschiedliche Beschreibungen von Kontext. Der erste Faktor, den schon Weiser im Jahr 1991 in dieser Hinsicht beachtet hat, war der Standort [3]. Im Jahr 1994 beschrieben Schilit et al den Kontext als den Standort des Benutzers, die Menschen und Objekte, die in der Nähe sind, sowie ihre Änderung im Laufe der Zeit [18]. Sie verwenden das erste Mal den Begriff „context-aware“. In der Beschreibung aus dem Jahr 1998 zählt Dey auch emotionale, soziale und mentale Faktoren der Umgebung zum Kontext [30]. Abowd et al meinen, den Kontext kann man zwar nie ganz genau definieren, er sollte aber mindestens fünf Fragen beantworten können, nämlich: *Wer* interagiert mit dem System? *Was* macht der Benutzer? *Wo* findet das statt? *Wann* oder wie lange läuft eine Applikation oder Interaktion? *Warum* macht der Benutzer das? Das letztere ist mit Abstand am schwierigsten heraus zu finden. Dazu könnten Daten wie Körpertemperatur, Herzfrequenz oder galvanische Hautreaktion verwendet werden [27]. Hofer et al (2003) unterscheiden zwischen dem physischen (physical) und dem logischen (logical) Kontext. Der

physische Kontext besteht aus durch Sensoren erfassten Informationen, die oft aktualisiert werden. Der logische Kontext beinhaltet allgemeine Informationen über eine Umgebung (zum Beispiel Strassennamen), die nötig sind, um die durch Sensoren erfassten Informationen (zum Beispiel GPS Koordinaten) sinnvoller zu verwenden [31]. Es wird aber nicht immer über so einfache konkrete Informationen gesprochen, wenn es um den Kontext geht. Eine weitere Definition von Dey (2008) beschreibt den Kontext wesentlich komplizierter:

“Context is any information that can be used to characterize the situation of an entity. An entity is a person, place, or object that is considered relevant to the interaction between a user and an application, including the user and applications themselves.”
(Dey, 08)

Es ist nicht so einfach, die wichtigen Faktoren eines Kontexts herauszusuchen. Es ist auch nicht leicht, sie alle mit Sensoren, oder sogar mit Hilfe der Benutzereingaben zu erfassen. Manche kann man vorher schon wissen, manche ergeben oder ändern sich laufend. Aber auch darüber, was überhaupt zum Kontext gehört, gibt es unterschiedliche Meinungen, die teilweise weit auseinander liegen. Um das Ganze besser zu verstehen, sollte man sich ansehen, woher diese Meinungen stammen. Kontext wurde ursprünglich aus verschiedenen Standpunkten definiert, nämlich aus dem *positivistischen* und dem *phänomenologischen*. Demnach sind Faktoren, die für wichtig gehalten werden, von verschiedener Natur. Dabei ist die dominierende Sichtweise im UbiComp Bereich die positivistische [15].

Die meisten Beispiele, die ich bis jetzt erwähnt habe, sind Beispiele für den Kontext aus positivistischer Sicht: Standort, Identität und Zustand der Personen (sogar die zwischenmenschlichen Beziehungen, z B. ob man mit seinem Chef oder seinen Kollegen zusammen ist) oder Objekte (Computer und andere Gegenstände), die sich in der Nähe befinden, Beleuchtung, Lärmpegel, Verfügbarkeit einer Netzwerkverbindung, Bandbreite, etc. Was haben diese Faktoren alle gemeinsam?

Sie sind alle eine Art von Information. Sie sind definierbar; man kann für bestimmte Applikationen im Voraus festlegen, welche Kontextinformationen für diese von Bedeutung sind. Somit werden diese Faktoren dauerhaft, denn sie können zwar je nach Applikation sehr stark variieren, werden aber nicht extra für jede Instanz neu definiert sondern die Vordefinition wird für alle Instanzen gelten. Und am aller wichtigsten ist, dass man sie alle eindeutig von der Aktivität selbst unterscheiden kann. Das heißt der Kontext besteht aus eine Reihe von Eigenschaften einer Umgebung, in der eine Aktivität stattfindet. Zum Beispiel wenn ein Gespräch in einem Raum stattfindet, ist der Raum wichtig für die Kontextinformationen aber nicht das Gespräch (Aktivität) selbst. UbiComp achtet zwar auf die Beziehung zwischen der Aktivität und dem Kontext, dennoch werden die beiden (Aktivität

und Kontext) meist als völlig verschiedene Elemente angesehen, die getrennt von einander definierbar sind [15].

Der alternative Standpunkt sieht den Kontext vielmehr als etwas, dass sich zwischen Aktivitäten oder Objekten abspielt. So kann man nicht allgemein sagen, ob etwas als Kontext relevant ist oder nicht, sondern der Kontext ergibt sich aus der jeweiligen Aktivität. Was bei einer Aktivität zum Kontext gehört, kann bei einer anderen irrelevant sein. Das heißt natürlich, dass man die Kontextinformationen nicht im Voraus sondern nur im Laufe einer Interaktion, also dynamisch, definieren kann [15].

“From a positivist perspective, context is a stable feature of the world, independent of the actions of individuals. From a phenomenological perspective, contextuality comes about only when it is mutually recognized by the parties to some interaction, drawing on their everyday, cultural, common-sense understandings of the nature of the social world. So, in this model, context isn’t something that describes a setting; it’s something that people do.” [15]

Dourish erklärt weiter, dass der Kontext sich nicht nur daraus ergibt, einfach etwas zu tun (to do something), sondern aus dem Sinn, den wir durch die Anwendung (practice) eines Objekts oder das Ausüben (practice) einer Aktivität (Action) erfahren. Eine bestimmte Aktivität kann je nachdem durch wen, wo und wann sie stattfindet für uns einen Sinn und eine Relevanz bekommen oder nicht. Die Handbewegungen eines Dirigenten haben zum Beispiel eine ganz andere Bedeutung und *Relevanz* wenn er in einem Restaurant den Kellner ruft um essen zu bestellen, als wenn er vor dem Orchester steht und dirigiert. Würde er in einem Restaurant dieselben Handbewegungen machen wie vor dem Orchester, so würden diese wenig *Sinn* ergeben.

Wichtig ist es hier zu beachten, dass das Ausüben einer Aktivität ein dynamischer Ablauf ist, der sich laufend entwickelt und anpasst. Die große Herausforderung für UbiComp ist nicht vordefinierte Kontexte in Computersystemen anzuwenden sondern einen Weg zu finden, die dynamische Erzeugung und Entwicklung des Kontexts in den alltäglichen Anwendungen und Aktivitäten zu unterstützen [15].

Benutzerschnittstelle

Wenn die Technologie soweit ist, dass Computer jedem und überall zur Verfügung stehen, sie Teil des Alltags werden und sie insbesondere für ihre Benutzer unsichtbar im Hintergrund laufen, dann wird wohl die Benutzerschnittstelle (User Interface, UI) eine so wichtige Rolle spielen wie noch nie. Um eine UI mit einem guten oder zumindest akzeptablem Niveau von Benutzerfreundlichkeit für ein gewöhnliches Desktop oder ein einzelnes Gerät zu entwerfen, hat man schon lange Richtlinien und Regeln entwickelt. Die goldenen Regeln des Designs,

die Patterns, die Templates, ... [32]. Wollte ich jetzt zum Beispiel für eine Software-Applikation auf einem Windows Desktop eine GUI entwerfen, müsste ich mir selbst nicht Grundlegendes über mögliche Patterns, Verwendung von verschiedenen Fonts, Metaphern und Symbole, Farbenpsychologie, etc. überlegen. Ich kann mich einfach an ein paar vorgegeben Regeln halten um jedenfalls grobe Fehler zu vermeiden und sicher sein, dass das Ergebnis wenigstens brauchbar ist.

UbiComp Systeme bieten ein neues Modell der Interaktion zwischen den Menschen und den Computern an, von der wir sehr wenig bis gar nichts wissen. Im Design kann man eine Regel verwenden, wenn man eine Situation wieder erkennen kann, zu der diese Regel passt [32]. Da wir bei Zukunftsvisionen wie UbiComp die Situation noch nicht wirklich kennen, können wir uns nur Szenarien aus dem Alltag vorstellen [33]. Wenn die UIs nicht mehr extra für jedes einzelne Geräte entworfen werden, sondern für viele verschiedene, die aber alle Teile eines Gesamtsystem sind, dann müssen sie nicht nur benutzerorientiert sein, sondern sich auch an verschiedene Geräte und Kontexte anpassen können. Ein Beispiel dafür sind die Displays. Es gibt sie bei verschiedenen Geräten mit verschiedenen Größen. Eine UbiComp Applikation muss so programmiert sein, dass die UI sich entsprechend an jedem Gerät anpassen kann (große Wanddisplays, oder kleines Display von einem Mobiltelefon) [13]. Noch komplizierter wird das Ganze, wenn diese Geräte nicht mehr im Raum stehen sondern alle im Raum integriert und nicht mehr von Benutzern zu sehen sind, so dass der Raum selbst als Schnittstelle fungiert. Wie kann man eine UI für unsichtbare Geräte entwerfen? [34] Viele UbiComp Forschungsarbeiten der neunziger Jahre beschäftigen sich mit der natürlichen UI (natural user interfaces). Diese sollte die Interaktion zwischen Mensch und Computer auf dieselbe Weise ermöglichen, wie wir sie mit unserer alltäglichen Umgebung haben (anderen Menschen und physischen Objekten inkludiert). Beispiele dafür wären Sprechen, Gebrauch von Gesten und Schreiben mit einem Stift [27]. Perceptual UIs integrieren Multimodalität (multimodal) in die UI und versuchen eine reichhaltige natürliche Interaktion mit Benutzern zu ermöglichen [43] [35]. Attentive UIs suchen den Mittelpunkt ihrer Benutzer-aufmerksamkeit und verwenden diese als Kontextinformation [36]. Wenn die Technologie soweit ist, werden wir die UI wahrscheinlich ganz anders betrachten, vielleicht entdecken wir dann auch neue goldene Regeln für die Raumgestaltung?

When	Implementation	Paradigm
1950s	Switches, punch cards, lights	None
1970s	Command-line interfaces	Typewriter
1980s	WIMP-bases graphical user interfaces	Desktop
2000s	Perceptual interfaces	Natural interaction

Beispiele der Entwicklung der User Interfaces von fünfziger Jahren bis Heute[43]

Im Folgenden werde ich einige Eigenschaften beschreiben, die nach unserer heutigen Vorstellung die UI eines UbiComp Systems von einer traditionellen UI unterscheiden sollten. Ebenso werde ich einige Forschungsgebiete in der Technologie erwähnen, die bei derartigen UIs Anwendung finden.

Zu viele Geräte, zu viele UIs

Wir haben täglich mit so vielen digitalen Geräten zu tun, solche die wir zu Hause oder bei der Arbeit benutzen, wie PCs oder Fernsehgeräte, und solche, die wir überall mit uns mittragen, wie Laptops, Mobiltelefone, mp3 Players, USB Memory Sticks, PDAs, und verschiedene Handheld Geräte. Außerdem haben die einzelnen Geräte immer mehr Funktionen und immer mehr Speicherkapazität. Mit einer Analog-Kamera konnten wir bis zu 36 Fotos auf einen Film aufnehmen, während eine einfache Digitalkamera hunderte Bilder speichern kann [40]. Der aktuelle Trend geht in die Richtung, immer mehr Computer oder computerunterstützte Geräte pro Person zu produzieren. Vertegaal meint, wenn es ein Mooresches Gesetz für UIs gäbe, würde es festlegen, dass sich die Anzahl der Computer pro Benutzer alle zwei Jahre verdoppelt [41]. Dies hat verschiedene Auswirkungen. Erstens müssen wir immer eine ganze Reihe von Geräten mit uns tragen. Auf einer Geschäftsreise zum Beispiel braucht man ein Notebook, wahrscheinlich ein Blackberry um E-Mails unterwegs zu verwalten, auch einen Memory Stick sollte man immer dabei haben, ebenso das PDA und das Handy. Im Urlaub sieht es nicht besser aus. Dabei braucht man unbedingt den Fotoapparat, einen mp3 Player, das Handy, etc. Das macht die Verwaltung der Dateien schwierig. Man verliert leicht die Übersicht, denn wie gesagt, Geräte werden mit immer mehr Funktionen und Speicherkapazität ausgerüstet. Ich kann zum Beispiel eine mp3-Datei z.B. auf dem iPod, Handy, Memory Stick, Notebook oder PC gespeichert haben. Zu viele Möglichkeiten erschweren die Suche, die in jedem Gerät stattfinden muss. Jedes Gerät hat eine eigene UI: andere Größe, anderes Design, andere Funktionen und all diese Dinge ändern sich bei jedem Modell. Das macht die Benutzung kompliziert und lästig und führt zur zweiten Auswirkung, nämlich viele ungenutzte Funktionen und Dateien [40]. Ich habe viele Leute gesehen, die sich über ähnliche Probleme beschwerten, und kenne auch jemanden, der sich bis jetzt radikal geweigert hat, jedes der oben genannten Geräte zu benutzen. Ich muss vielleicht auch erwähnen, dass er mit einem Dokortitel in Maschinenbau sehr viel mit Maschinen, Geräten und Computern zu tun hat. Als ich ihn fragte, warum er nicht einmal ein Mobiltelefon besitze, hat er mir Folgendes erklärt:

„Ich möchte gerne mit einem einzigen Gerät telefonieren, E-Mails lesen und im Internet surfen, Musik hören, fernsehen, fotografieren, aber vor allem auch meine persönlichen Daten, Adressen, Telefonnummern, Bilder und andere Dateien speichern und verwalten.

Dabei ist es wichtig, dass die Daten und Einstellungen nicht verloren gehen, wenn ich

das Gerät verliere. Dazu könnte ich mir beispielsweise ein zentrales Backup-System zuhause vorstellen, worauf ich von überall Zugriff habe. Die Daten müssen auch erhalten bleiben, wenn ich ein neues Gerät womöglich von einem anderen Hersteller kaufe, was bedeutet, dass alle Geräte und Softwares kompatibel und unabhängig von Plattformen, Versionen, Updates, etc. sein müssen.

Ganz wesentlich ist auch eine einfache User-Interface und Robustheit. Ich möchte die volle Leistung meines Geräts nutzen können, ohne ein IT Fachmann zu sein. Auf jeden Fall möchte ich mich mit dem Gerät nur dann beschäftigen, wenn ich es benutze, nicht dass ich mehr Zeit damit verbringe, die Einstellungen richtig zu stellen.

Die Internet- und TV-Funktionen der heutigen Geräte finde ich wegen des kleinen Displays und der komplizierten oder kleinen Tastatur total nutzlos. Wünschenswert wären beispielsweise „voice control“ (mit schriftlicher Rückbestätigung am Display) statt Tastatur und „head mounted display“ oder gar ein Hologramm“.

Das klingt zwar sehr anspruchsvoll, er spricht aber eigentlich teilweise von einer beschränkten aber gelungenen Version von UbiComp. Eine die nicht unbedingt so weit in der Zukunft liegen muss sondern mit heutiger Technologie mindestens zum größten Teil machbar ist. Aber zurück zur Vision UbiComp: Solche Systeme werden eine bedeutend größere Anzahl der Geräte und Funktionen benötigen. Um die Benutzerfreundlichkeit nicht weiter einzuschränken, müssen wir vor allem die UIs von Grund auf überdenken. Es gibt verschiedene Projekte, die versuchen mit einem gemeinsamen System und über eine gemeinsame UI verschiedene Geräte zu verwalten (XMB von Sony). Um intelligente Umgebungen mit UbiComp zu gestalten beschäftigen sich viele Forschungsarbeiten mit der Entwicklung geeigneter Softwarearchitektur und dem Netzwerkaufbau [40].

Disappearing Computer

In der Vision von Mark Weiser werden die Computer in Zukunft unsichtbar und die Menschen von intelligenten Räumen und Gegenständen umgeben sein [3]. Dafür müssen ganz neue Konzepte der Interaktion zwischen Menschen und Computern entwickelt werden. Das braucht ein viel umfassenderes Design als eine traditionelle UI. Viele Entscheidungen müssen getroffen werden, die bis jetzt in einer UI keine Rolle gespielt haben. Eine wesentliche Herausforderung dabei ist, die explizite Eingabe von Benutzern zu reduzieren. Die Sensorik (Sensing) gehört deswegen zur Basis dieses Konzepts. Informationen über den Standort, die Umgebungsfaktoren, physiologische und emotionale Zustände der Benutzer und ihre Ziele und Vorgehensweisen etc. können durch Sensoren erfasst werden. Die traditionellen Computer fordern den Benutzer zu einer expliziten Interaktion auf, die man mit verschiedenen Einschulungen usw. vorher extra erlernen muss. Beispiele dafür sind die direkte Eingabeaufforderung (command-line) oder das Arbeiten mit einer GUI. Das sollte sich in Zukunft zu einer impliziten Interaktion ändern, wenn die Computer das Verhalten ihrer

Benutzer und die Umgebungsfaktoren interpretieren (Kontext) und als Input verwenden können. [73]. Man könnte zwei Dimensionen bei diesem „unsichtbar werden“ erkennen: die physische und die mentale. Die physische Unsichtbarkeit könnte mit dem Integrieren der Computer in den Räumen umgesetzt werden. Die mentale Dimension von einer Computerapplikation entsteht eigentlich durch die direkte Interaktion zwischen Benutzer und System. Diese Dimension wird erst unsichtbar, wenn wir gar nicht bemerken, dass wir mit Computern interagieren. Es sollten auch keine Einschulung und kein Lernen für den Umgang mit dem unsichtbaren Computer notwendig sein. Wir sollten mit Computern so interagieren können wie wir es mit unserer Umgebung oder mit anderen Menschen tun [38]. Daten über Standort und Identifikation liefern wesentliche Kontextinformationen und sind relativ leicht zu erfassen.

RFID (**R**adio **F**requency **I**dentification) Technologie gibt es seit Ende der vierziger Jahre. Mit Einsatz der RFID und NFC (**N**ear **F**ield **C**ommunication) können Kontextinformationen über Standort (wo?) und Identifikation (wer?) gewonnen, Inputs implizit aufgenommen und verschiedene Dienste angeboten werden, ohne dass sich der Benutzer darum kümmern muss. Ein RFID System besteht hauptsächlich aus zwei Teilen: Tag und Leser. Der Tag oder Transponder (Wiedergabesender) besteht aus einem Mikrochip, der für das Speichern der Daten zuständig ist, und einer Antenne. Tags sind so gebaut, dass sie in jedem Gegenstand platziert werden können und jeder von ihnen hat eine eindeutige Seriennummer. Der Leser oder Interrogator hat eine oder mehrere Antennen, die Funkwellen abstrahlen. Die Abfragesignale (Interrogation) des Lesers aktivieren alle Tags in ihrer Reichweite. Die Antennen empfangen dann die von den Tags zurückgesendeten Signale. NFC Technologie wurde im Jahr 2002 von Philips und Sony entwickelt. Sie ermöglicht eine drahtlose Verbindung über kurze Strecken. Sie ist eine Kombination aus RFID und Interconnection (Verbindung zwischen verschiedenen Netzwerken). Ein NFC System besteht aus zwei Elementen: der Initiator und das Target. Der Initiator fängt den Informationsaustausch an und kontrolliert den Vorgang (ähnlich wie der Leser in RFID). Das Target antwortet (responds) auf die Anfrage (request) des Initiators. Ein NFC System hat zwei Funktionsmodi: einen aktiven (peer to peer) und einen passiven Modus. Das NFC Protokoll kann man in jedem elektronischen Gerät installieren. Zwei Eigenschaften unterscheiden RFID von NFC; erstens kann NFC als Initiator oder Target funktionieren; zweitens haben NFC Geräte eine sehr kurze Reichweite (ein paar Zentimeter) im Vergleich zu RFID (ein paar Meter). Dies kann NFC Geräte im Hinblick auf den Datenschutz interessanter machen. [38] [39].

Die Unsichtbarkeit der Computer hat verschiedene Aspekte. Erstens werden viele Geräte in den Räumen integriert und funktionieren im Hintergrund, werden daher von den Benutzern nicht gesehen. Zweitens werden Computer für ihre Benutzer transparent, wie zum Beispiel ein Musikinstrument für seinen Spieler oder das Auto für einen erfahrenen Autofahrer. Der Benutzer verwendet das Gerät, fast wie einen Teil seines Körpers, das heißt er muss nicht

darüber nachdenken, wie er das Gerät benutzt. Drittens werden Computer nicht mehr im Mittelpunkt stehen. Ähnlich wie zum Beispiel die Hauptfunktion der Kleidung (Schutz für Körper), die auch nicht mehr unbedingt im Mittelpunkt steht, wenn man sich Markenkleidung sucht. Wenn die Funktion der Computer selbstverständlich wird, werden andere Kriterien wie Ästhetik und persönliche Interessen im Vordergrund stehen [73]. Wenn diese Vision verwirklicht werden sollte, Computer in den Alltag zu integrieren, wenn Inputs implizit gelingen usw., dann werden die einfachsten Dinge, die wir von unseren Desktop Computern kennen, nicht mehr eine Selbstverständlichkeit sein sondern müssen viele Fragen neu geklärt werden: [25] [25].

Wenn ich ein System anspreche, wie weiß es, dass ich es angesprochen habe?

Wenn ich vom System verlange, eine Aufgabe zu erledigen, woher soll ich dann wissen, dass es den Befehl richtig verstanden hat und ob es gerade darauf reagiert?

Wenn ich eine Eingabe mache wie „Speichern“, „Löschen“, etc., wie weiß das System, worauf sich dieser Befehl bezieht?

Wie kann ich die Fehler korrigieren?

Human-centered Computing

Computer werden immer mehr in unserem Lebensraum integriert, daher haben immer mehr Menschen mit Computern zu tun und so wird die Berücksichtigung menschlicher Aspekte beim Design solcher Systeme immer wichtiger. Es ist nicht mehr nur eine beschränkte Anzahl von Menschen, die bei bestimmten Aufgaben wie z.B. bei der Arbeit oder in ihrer Freizeit in Wechselwirkung mit Computern treten, sondern jeder und überall. Es wird Zeit, dass wir endgültig vom computer-zentrierten (traditionell) zum menschen-zentrierten Design überwechseln [34]. Human-Centered Computing (HCC) beschäftigt sich mit allen Aspekten der Mensch-Maschine-Integration. Überall wo Menschen und Computer involviert sind, entsteht ein Gebiet für die HCC Forschung: Menschen mit Software, Menschen mit Hardware, Menschen mit Arbeitsräumen, Menschen mit Menschen. HCC kann sich auch mit Aspekten der Maschine-Maschine-Interaktion beschäftigen und zwar dann, wenn diese auf die Funktionen eines Systems einwirken könnte, die mit dem Benutzer zu tun haben (software agents). HCC trägt nicht nur die Komplexität der Software und System-Engineering mit sondern auch das Verstehen und Modellieren der Mensch-Mensch und Mensch-Maschine Interaktion im Kontext mit der Umgebung. In HCC werden die Menschen und die Informationsverarbeitungsgeräte als Bestandteile eines zusammenhängenden Systems gesehen, die sich in dem Kontext, wo beide miteinander arbeiten, *gegenseitig* aneinander anpassen. Ferner muss das Systemdesign die Menschen einfach als einen Aspekt eines größeren dynamischen Kontexts (inklusive Teams, Organisationen, Arbeitsumgebungen, usw.) betrachten. Das heißt, die Grundlage der Analyse soll nicht nur die Maschine, der Mensch, oder der Kontext sein, sondern alle drei. HCC wird wie beschrieben als ein

interdisziplinärer Forschungsbereich angesehen, der aus sehr vielen verschiedenen Teilbereichen - inklusive Informatik, Kognitionsforschung und Soziologie - besteht [37].

“Human-Centered Computing, more than being a field of study, is a set of methodologies that apply to any field that uses computers, in any form, in applications in which humans directly interact with devices or systems that use computer technologies.” (Jaimes et al, 06)

Multimodal HCI (multimodale Mensch-Maschine-Interaktion)

Ubicomp bringt die Computer überall in den Alltag hinein. Die alten Modelle von Mensch-Maschine-Interaktion (Human Computer Interaction, HCI) werden in einem solchen Alltag nicht mehr ausreichend sein. Ein Unterschied zwischen solchen Systemen und den traditionellen ist, dass der Input für die UI nicht unbedingt explizite Eingaben sind [36]. Weiters muss es möglich sein, verschiedene Arten von Informationen zu erfassen. Das Ziel ist es die Interaktion zwischen Mensch und Computer so natürlich zu gestalten wie jene zwischen den Menschen und ihrer alltäglichen Umgebung. Bei menschlicher Kommunikation spielt die Interpretation der Kombination aus auditiven und visuellen Signalen eine wesentliche Rolle. Das wäre also ein guter Ansatz, um die Interaktion natürlicher zu gestalten. Im Gegensatz zu den traditionellen Applikationen der HCI, wo ein einziger Benutzer vor einem Computer arbeitet und durch Maus und Tastatur mit ihm interagiert, erfolgt die Interaktion in einem MMHCI (Multimodal Human Computer Interaction) System im Sinne eines Systems, das auf Eingaben in mehreren Modalitäten oder Kommunikationskanälen reagiert (z.B. Sprache, Geste, Schreiben) und nicht immer durch explizite Eingaben. Oft sind mehrer Benutzer (multiple user) und mehrere Geräte (multiple devices) an der Interaktion beteiligt. Solche Systeme sind menschenzentriert eingestellt. Es gibt zum Beispiel einige Systeme, die – obwohl sie noch nicht fehlerfrei funktionieren – als Eingabe die Stimme der Benutzer verwenden (Spracherkennung). Die Eingabemodalitäten von vielen Eingabegeräten entsprechen den menschlichen Sinnen: Kamera (sehen), Haptik (tasten), Mikrophone (hören). Hier sollte man darauf achten, was genau der Input ist. Da muss man zwischen dem, was der Benutzer macht, und dem, was das System als Eingabe bekommt, unterscheiden. Wenn wir zum Beispiel einen Text eingeben, tasten wir die Tastatur, wir sehen die Tastatur und den Text am Display, wir hören die Tasten, etc. Der Computer bekommt aber nur den Text als Input. Die Methoden und Richtlinien, die bei einer multimodalen UI angewendet werden, sind nicht unbedingt solche, die bei den traditionellen Systemen gelten. Zu beachten sind außerdem das Design von Input und Output sowie die Adaptationsfähigkeit, die Konsistenz und die Fehlerbehandlung [36].

Als Multimodale UIs kann man die Attentive UIs, Perceptual UIs, und Enactive UIs bezeichnen. Enactive UIs ermöglichen ihren Benutzern durch verschiedene Aktivitäten, wie

zum Beispiel Autofahren, Spielen eines Musikinstruments, Tanzen, Formen eines Gegenstandes aus Ton, usw., mit dem System zu kommunizieren. Die Daten, die in so einem System erfasst werden, sind keine einfachen Daten, die durch verschiedene Sensoren aufgenommen werden, sondern ein Wissen, gespeichert in Form von motorischen Aktivitäten. Attentive UIs untersuchen die Benutzeraufmerksamkeit und verwenden diese als Kontextdaten. Perceptual UIs ermöglichen eine natürliche Interaktion mit dem Computer[36] [41] [35].

MMHCI Systeme finden unter anderem bei Videokonferenzen, Fernzusammenarbeit (remote collaboration) und intelligenten Häusern ihre Anwendung. Natürlich werden je nach Applikation verschiedene Modalitäten notwendig. Solche Systeme können dank bemerkenswerter Fortschritte der letzten Jahre im Bereich von Prozessoren, Speichern und von vielen neuen Ein- und Ausgabegeräten das UbiComp realisieren. MMHCI haben viele Vorteile. Sie verhindern Fehler, lassen den Benutzer die Errors leichter korrigieren, machen die UI robuster, erhöhen die Bandbreite der Kommunikation und bieten alternative Kommunikationsmethoden in verschiedenen Situationen und Umgebungen [36].

Im Folgenden werden einige Forschungsbereiche beschrieben, die in einem MMHCI System Anwendung finden.

Vision Techniques (maschinelles Sehen)

Im Allgemeinen haben die Methoden, die zur Analyse von Menschenbewegungen eingesetzt werden, vier Phasen: Segmentieren der Bewegung (motion segmentation), Klassifizierung des Objekts (object classification), Verfolgung (tracking) und Interpretation der Daten. Manche Methoden verwenden geometrische Funktionen (primitives) um verschiedene Komponenten zu modellieren (zum Beispiel Zylinder für Körperteile). Diese verwenden externe Marker, um die Körperhaltung und relevante Parameter einzuschätzen. Das Problem bei solchen Markern ist, dass sie zwar genau messen, das Ergebnis muss aber zum Beispiel bei verschiedener Art von Kleidung wieder abgeglichen werden. Außerdem sind solche Methoden sehr aufwendig und für Echtzeit-Applikationen nicht geeignet. Es gibt andere Methoden, die auf der Erkennung des gesamten Erscheinungsbilds basieren (appearance-based). Bei diesen Methoden werden keine Marker verwendet. Sie brauchen mehr Übung (Training) und basieren auf Verfahren wie wahrscheinlichkeitstheoretische Ansätze oder maschinelles Lernen. Verschiedene Techniken des maschinellen Sehens kann man nach dem menschlichen Körper einteilen [36].

Large Scale Body Movement

Mit "large scale body movement" ist das Tracking von Kopf, Armen, Torso und Beinen gemeint. Das wird in vielen MMHCI Applikationen angewendet, um die Haltung und die

Bewegung eines Menschen zu interpretieren. Es gibt viele verschiedene Methoden der Erfassung, und Interpretation der visuellen Daten. Diese Methoden unterscheiden sich darin, ob sie in 2D oder 3D arbeiten, welche Genauigkeit und Verdeckung sie anbieten und wie schnell die Verarbeitung erfolgt [36]. Für mehr Informationen siehe [62].

Hand Gesture Recognition (Gestenerkennung)

Psycholinguistische Studien von menschlicher Kommunikation erklären die Gesten als eine wichtige Brücke zwischen unseren begrifflichen (conceptualizing) und linguistischen Fähigkeiten. Menschen verwenden eine ganze Reihe verschiedener Gesten und Handbewegungen, von einem einfachen Hinzeigen auf irgendwelche Objekte bis hin zu komplizierten Bewegungen, die verschiedene Gefühle ausdrücken können. Aus diesem Grund sollte die Geste (Gesture) eine wesentliche Rolle bei MMHCI Systemen spielen. Obwohl auch die Bewegung anderer Körperteile wie z.B. der Arme, Beine, Augenbrauen oder des ganzen Körpers bei der Kommunikation zwischen Menschen eine Rolle spielen, beschäftigen sich die meisten Forschungsarbeiten in diesem Bereich exklusiv mit Handbewegungen [36].

In der ersten Phase der Erkennung (recognition) werden mathematische Verfahren angewendet, welche die räumlichen und temporären Eigenschaften der Hand und der Handbewegungen (gestures) erfassen. Die Methoden, die zur Modellierung angewendet werden, spielen eine äußerst wichtige Rolle in der Qualität und Effizienz der daraus folgenden Interpretation. Meistens werden die verschiedenen Merkmale aus Bildern und Videos herausgewonnen. Die extrahierten Merkmale werden mit bestehenden Modellen im System verglichen bis eine Übereinstimmung gefunden wird. Zum Beispiel hat das System „n“ Punkte detektiert. Es wird dann untersucht, ob diese „n“ Punkte oder eine Untermenge davon mit den Modellparametern einer bestimmten Haltung, Bewegung oder mit einem Bewegungsablauf übereinstimmen. In dieser Phase ist es wesentlich, dass eine geeignete Auswahl der Merkmale getroffen wird, während gleichzeitig Probleme wie Lokalisierung und Tracking behandelt werden müssen. Nachdem die Parameter bearbeitet wurden und eine Geste festgestellt wurde, muss diese klassifiziert und interpretiert werden. Bei der Interpretation können diese Daten auch mit Daten aus anderen Kommunikationsmodi kombiniert werden (Sprache, Gesichtsausdrücke, Blick, etc.) [36].

Idealerweise sollten UIs, die mit Gestenerkennungssystemen ausgerüstet sind, alle möglichen Gesten, die ein Benutzer ausführen könnte, deutlich erkennen und richtig interpretieren. Die meisten geste-basierten HCI Systemen sind aber leider nur fähig, symbolische Handbewegungen (symbolic commands) zu erkennen. Außerdem können die meisten Systeme nur eine Hand verfolgen. Der Grund ist die Komplexität und der große Zeitaufwand der Bewegungsanalyse, wodurch die Datenerfassung und -analyse in Echtzeit verhindert wird [36]. Für mehr Informationen siehe [63].

Gaze Detection (Blickverfolgung)

Gaze, definiert als die Blickrichtung im Raum (wo die Augen hinsehen), ist ein sehr wichtiger Hinweis darauf, wo sich der Mittelpunkt der Aufmerksamkeit befindet. Gaze Detection wurde schon seit dem neunzehnten Jahrhundert von Psychologen erforscht. In der letzten Zeit haben sich auch neue Forschungsbereiche in der Computerwissenschaft damit beschäftigt (neuroscience). Die früheren Forschungsarbeiten waren eher Versuche im Labor. Heute wird aber Gaze Detection schon bei vielen Applikationen angewendet. Wichtig ist bei Gaze Detection Systemen vor allem die Genauigkeit, die schnelle Datenverarbeitung, die Robustheit und die angenehme Anwendung [36].

Solche Systeme kann man im Allgemeinen auf zwei Arten unterteilen: Entweder in tragbar (wearable) und nicht tragbar, oder in infrarot-basiert und basiert auf Erscheinungsbild (appearance-based). In infrarot-basierten Systemen erzeugt das Licht, das auf die Augen der Benutzer gestrahlt wird, einen Roten-Auge-Effekt (red-eye effect). Der Unterschied zwischen der Reflektion von der Hornhaut (Kornea) und der Reflektion von der Pupille wird verwendet, um die Richtung des Blicks festzustellen. Bei der anderen Methode wird das maschinelle Sehen verwendet, um die Augen in einem Gesamtbild zu finden und ihre Richtungen festzustellen. Nachdem die Daten erfasst werden, muss auch eine Analyse durchgeführt werden, um diese zu interpretieren. Wir bewegen unsere Augen zwei bis drei Mal pro Sekunde, was eine große Menge von Daten liefert. Das System muss diese Daten interpretieren und sich entscheiden, welche für die Anwendung von Bedeutung sind, und welche nicht [36].

Die infrarot-basierte Methode ist genauer, es gibt allerdings gesundheitliche Bedenken, wenn die Augen längere Zeit dem Infrarotlicht ausgesetzt sind. Der Nachteil der appearance-based Methode ist, dass dabei meistens zwei Kameras eingesetzt werden, um beide Augen aufzunehmen. Es müssen also zwei Datenflüsse (Streams) gleichzeitig verarbeitet werden, was ziemlich aufwendig ist. Deswegen wird die Auflösung für jedes Stream gering gehalten, was die Qualität der Verarbeitung verschlechtert. Die tragbaren Systeme sind relative genau, dagegen sind sie unangenehm zu verwenden. Die meisten nicht tragbaren Systeme können nicht bei Benutzern verwendet werden, die in Bewegung sind und beschränken sich auf Desktop Applikationen [36]. Für weitere Informationen siehe [64].

Affective HCI (emotionale Mensch-Maschine-Interaktion)

Emotionen werden immer auf mehrere Art und Weisen ausgedrückt (Stimme, Gesichtsausdruck, Blick, Körperbewegungen, Herzschlag, etc.). Diese kann man deswegen nur durch eine multimodale UI erfassen. Es gibt schon viele Systeme, die Sprachverarbeitungs- oder Spracherkennungsmethoden anwenden. Die meisten entwickelten MMHCI Systeme. Allerdings berücksichtigen sie die Tatsache nicht, dass die menschliche Kommunikation auch immer sozial-bedingt ist und die Emotionen die Kommunikation anreichern. HCI Systeme, die emotionale Zustände der Menschen (wie Stress, Ärger, Unaufmerksamkeit, Langeweile, etc.) erfassen, sich an diese anpassen und darauf reagieren können, werden von Benutzern als natürlicher, zuverlässiger und wirksamer empfunden. Der Forschungsbereich, der sich mit der Analyse und Anwendung der menschlichen Emotionen befasst ist allgemein bekannt als „Affective Computing“. Da die Emotionen mit anderen Funktionen wie Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, Gedächtnis, Lernen und Treffen von Entscheidungen verwickelt und verbunden sind, kann es für Computersysteme von Vorteil sein, Emotionen und andere darauf bezogene kognitive Zustände und Ausdrücke ihrer Benutzer zu erfassen. Solche Systeme können verschiedene Arten von Nutzen haben. Sie könnten beispielsweise in der Medizin Anwendung finden und eine frühere Diagnose mancher psychologischer Störungen ermöglichen, wenn z.B. eine Person unfähig ist bestimmte Gesichtsausdrücke zu zeigen. Ein weiteres Anwendungsgebiet wäre etwa eine mit Sprachsynthese erzeugte Stimme, die als viel angenehmer empfunden wird, wenn sie mit Emotionen versehen ist. Ebenso kann das System durch Erkennung der Emotionen seiner Benutzer, ihre Prioritäten und Vorlieben das Arbeiten und Lernen verbessern, den Nutzern ein besserer Tutor sein oder ihnen helfen, ihren Stress zu kontrollieren. [36].

Bei Entwicklung solcher Systeme sollten drei Punkte beachtet werden: Gestaltung (eine Erfahrung, die in der realen physischen Umgebung stattfindet), Dynamik (die Abläufe und die emotionalen Zustände werden zu temporalen Prozessen abgebildet mit jeweiligen Labels) und adaptive Interaktion (emotionale Erwidern fördern und die erkannten Emotionen erwidern) [36].

Um die Emotionen zu analysieren werden hauptsächlich zwei Methoden verwendet. Eine Methode ist, Emotionen in abstrakte Kategorien einzuordnen, wie zum Beispiel Freude, Angst, Liebe, Überraschung, Traurigkeit, etc., wobei jeweils entsprechende Modalitäten für die Eingabe verwendet werden. Der Nachteil ist, dass die Reize gemischte Emotionen verursachen können und dafür sind diese Kategorien zu beschränkt und auch kulturabhängig. Die andere Methode ist, verschiedene Maße und Größenordnungen für die Beschreibung der Emotionen zu verwenden. Valenz bezeichnet die Annehmlichkeit eines Reizes mit positiv oder angenehm an einem Ende und negativ oder unangenehm an dem anderen Ende. Zum Beispiel Freude hat eine positive Valenz und Empörung eine negative. Die andere

Größenordnung ist Erregung oder Aktivierung. Traurigkeit hat zum Beispiel eine niedrige Erregung, dagegen hat die Überraschung eine hohe [36]. Für weitere Informationen siehe [65]. Erkennung der Gesichtsausdrücke und Emotionen in der Stimme sind wichtige Teile eines Affectiven UI [36].

Facial Expression Recognition (Erkennung von Gesichtsausdrücken)

Gesichtsausdrücke sagen sehr viel über die Emotionen aus. Die meisten Forscher sind sogar der Meinung, dass die Gesichtsausdrücke eine viel größere Rolle in einer natürlichen Interaktion spielen als zum Beispiel Körperhaltung, Bewegung oder Stimme. Um diese zu erkennen gibt es verschiedene Methoden. Die meisten Forschungsarbeiten in diesem Bereich basieren auf Facial Action Coding (FAS), die Basisbewegungen der Gesichtsteile, die so genannten Bewegungseinheiten oder Acting Units (AU). Jeder AU werden bestimmte Muskeln zugeordnet. Ein Gesichtsausdruck wird im System auf einer höheren Ebene aus einer Kombination der AUs beschrieben. Andere Methoden messen die Bewegungen nur in bestimmten Regionen des Gesichts, wie zum Beispiel Augen, Augenbrauen, oder Mundregion, um den Ausdruck festzustellen. Im Allgemeinen kann man zwei Klassifizierungsschemen bei verschiedenen Methoden erkennen: dynamische und statische. Die dynamischen sind gegen die Änderungen der Gesichtsausdrücke verschiedener Personen sehr empfindlich, deswegen sind sie mehr für benutzerabhängige Verfahren geeignet. Die statischen dagegen eignen sich besser für eine allgemeine Anwendung. Diese haben aber den Nachteil, dass sie besonders bei den Frames, die nicht gerade den Höhepunkt eines Ausdrucks zeigen, fehleranfällig sind. Obwohl es viele verschiedene Methoden zur Analyse der Gesichtsausdrücke gibt, sind bei den meisten von ihnen dieselben Beschränkungen festzustellen:

Sie können alle nur unter ständiger Beleuchtung eine bestimmte beschränkte Menge von vordefinierten (posierten) Gesichtsausdrücken von nur sechs Basisemotionen behandeln; nur frontale Ansicht; keine Haare, Brillen, usw. Sie leisten noch keine kontextabhängige Interpretation. Sie verarbeiten jeweils nur kurze Sequenzen von Videos. Das macht sie unfähig, längerfristig Rückschlüsse über die Stimmung und Einstellung der Benutzer zu ziehen [36]. Für weitere Information siehe [66] [67] [68].

Emotion in Audio

Die Stimme trägt verschiedene Arten von Informationen (Der Ton macht die Musik.). Wenn wir diese Informationen ignorieren und eine Nachricht nur dem Text nach interpretieren, würde uns nicht nur ein wichtiger Teil der Kommunikation fehlen, wir könnten gar die Nachricht völlig falsch interpretieren. Leider gibt es im Bereich der Verarbeitung der Emotionen in der Stimme im Gegensatz zur Spracherkennung nicht viele Forschungsarbeiten. Dieser Bereich hat aber eine bedeutend längere Geschichte als die Erkennung der

Gesichtsausdrücke (seit den 1930er Jahren). Sowohl die traditionellen als auch die neuesten Forschungen benutzen für die Bearbeitung der emotionalen Inhalte der Stimme prosodische (prosodic) Merkmale. Dazu gehören der Rhythmus, die Intonation, die Betonung und Ähnliches. Die Informationen die sich auf diese Merkmale beziehen, werden nach Maßstäben wie Abstand, Dauer und Intensität der Benutzeräußerungen extrahiert. Die Beschränkungen bei bestehenden Methoden der Stimmenanalyse sind die Folgenden:

Die Methoden der Stimmenanalyse haben eine einzige Klassifizierungsmethode der Audiosignale, die sie nur für ein paar bestimmte Emotionskategorien wie Ärger, Freude, Traurigkeit, Kummer, Angst, Überraschung, Empörung, Ironie und Liebe verwenden. Sie führen keine kontextabhängige Analyse aus. In den Analysen berücksichtigen sie weder die Eigenschaften der Benutzer noch jene der Umgebung oder der aktuellen Aktivität. Sie analysieren die extrahierten Informationen nicht in einer längeren Zeitspanne. Deswegen sind die aktuellen Analysemethoden für die Interpretation der Stimmung und Einstellung der Benutzer schwer anwendbar. Sie funktionieren nur unter strengsten Voraussetzungen. Das System nimmt zum Beispiel an, dass die Aufnahme der Stimme störungsfrei abläuft (ohne zusätzliche Geräusche). Die aufgenommenen Sätze müssen sehr deutlich, nur in kurzen Wortfolgen, mit Abstand dazwischen und sogar von Nichtrauchern gesprochen werden [36].

Studien in der Psychologie zeigen, dass das Beobachten der Kombination aus Gesichts- und Körperausdrücken die effektivste Art ist, das menschliche Verhalten zu interpretieren. Es gibt aber trotz starker Entwicklung im Bereich der Video- und Audioverarbeitung in letzter Zeit nur einige wenige Forschungsversuche, eine multimodale affektive (emotionale) Analyse zu implementieren. Genauso wenig beschäftigt sich die Forschung damit, die Erkennung der Gesichtsausdrücke und der Emotionen in der Stimme kombiniert zu betrachten. Solche Betrachtungen bieten aber eine höhere Genauigkeit. Um eine Anwendung in echten Applikationen im Alltag zu finden, müssen sich die derzeitigen Methoden noch viel weiter entwickeln [36]. Für weitere Informationen siehe [58] [59] [60] [61].

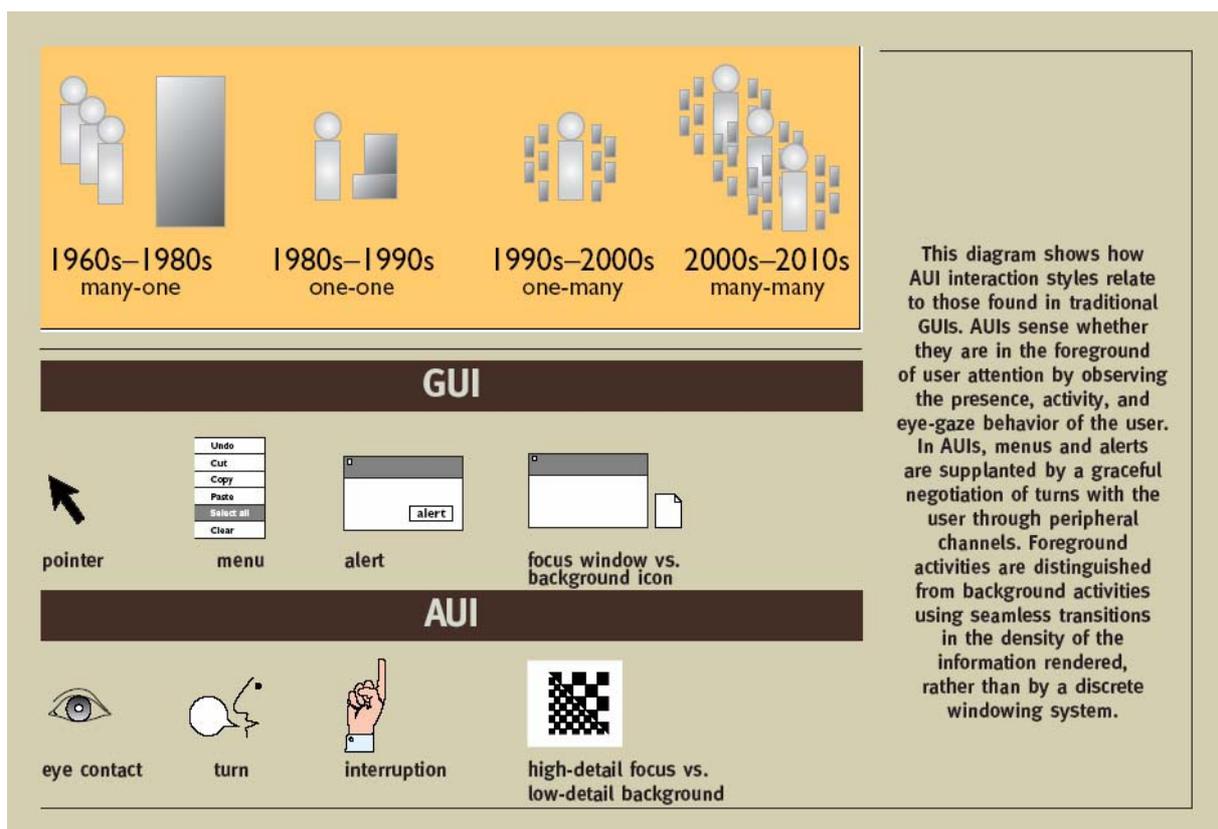
Attentive UI

Wie bereits erwähnt wird die Anzahl der Computer, die ein Benutzer durchschnittlich besitzt immer größer. Die verwendeten Computer haben die unterschiedlichsten Formen, Funktionen und UIs. Jedes Gerät verlangt unsere volle Aufmerksamkeit, um „bedient“ zu werden, weil die UIs sich in den letzten zwanzig Jahren diesbezüglich kaum geändert haben. Jede UI funktioniert völlig isoliert von den anderen und nimmt auf die Funktion der anderen oder auf den Zustand der Benutzer absolut keine Rücksicht. Ob Benutzer gleichzeitig mit anderen Geräten oder Aufgaben beschäftigt sind, spielt keine Rolle. Jedes Gerät funktioniert als ob es das einzige Gerät des Benutzers wäre [41] [42]. Ein einfaches Beispiel: Wenn ich am Telefon über das Festnetz telefoniere, läutet mein Handy, weil ein Anruf oder ein SMS angekommen

ist. Ich muss am Handy Display nachsehen. Während ich über das Festnetz telefoniere und auf das Handy sehe, höre ich einen Piepstön von meinem PC und sehe auf den Monitor. Der Virusscanner hat einen Virus gefunden und eine Meldung fragt mich, was ich damit anstellen will... Das ist ein ganz einfaches alltägliches Szenario. Die beteiligten Geräte sind mit sehr wenigen Ausnahmen in jedem Haushalt zu finden. Was würde dann passieren, wenn jeder Alltagsgegenstand mit Informationstechnologie angereichert würde. Was mache ich wenn mein Kugelschreiber auch blinkt, weil sein Akku leer ist und meine Teetasse piept, weil ich sie aus versehen ohne Untersetzer auf den Tisch gestellt habe. Gleichzeitig braucht der Schreibtisch eine Bestätigung von mir, damit er die Informationen aus der Mappe, die ich gerade hingelegt habe speichern kann, während mein mp3-Player fröhlich läutet, weil es neue Musik zum Herunterladen gibt. Ich setze mich, um mir die Musik anzuhören, mein Stuhl schreit auf, weil er nicht ergonomisch eingestellt ist... Ein solches Szenario wäre äußerst lästig. Es wäre auch nicht besser, wenn die Geräte anstatt zu piepen sprechen oder als Input die Stimme akzeptieren würden. UbiComp sollte uns mit mehr Informationen und Funktionen entlasten und nicht belasten. Genau das würde aber passieren, wenn die Computerbenutzung immer mehr die Aufmerksamkeit und Konzentration der Benutzer verlangen würde, was leider parallel zu der immer höheren Leistung der Computer die Benutzerfreundlichkeit immens reduziert. Die Aufmerksamkeit der Benutzer könnte man sich wie eine beschränkte Ressource vorstellen, mit der man sparsam umgehen sollte. Manche UI-Designer und Programmierer haben die wachsende Konkurrenz um den schonenden Umgang mit der Benutzeraufmerksamkeit schon erkannt und versuchen ein Design zu kreieren, um die Aufmerksamkeit der Benutzer zu gewinnen, statt ihnen die Informationsmenge und das Timing aufzuzwingen. Sie erzeugen eine neue Art von Interaktion und Visualisierung. Hier wird die Bedeutung der zu liefernden Information durch eingeschätzte Prioritäten der Benutzeraktivität festgelegt (kontextbewusst). Die Displays verfolgen den Mittelpunkt (focus) der Benutzeraufmerksamkeit und passen ihre Wiedergabe dementsprechend an. UIs die gegenüber der Benutzeraufmerksamkeit empfindlich sind, werden attentive UIs oder AUIs genannt [41]. AUIs sind kontextbewusste UIs, deren Funktion auf der Aufmerksamkeit eines Benutzers als primärem Input beruht. Sie benutzen verschiedene vom System erfasste Informationen, um die beste Zeit und Methode für die Kommunikation mit dem Benutzer einzuschätzen [36]. Die neuen Meldungen und Informationen in einem traditionellen System unterbrechen die aktuellen Abläufe und stellen sich einfach in den Vordergrund (z.B. Fehler xy ist aufgetreten, wollen Sie den Vorgang fortsetzen?). Eine AUI stellt aber schrittweise in einer Interaktion mit dem Benutzer fest, ob sie jetzt seine Aufmerksamkeit gewinnen kann. Zuerst bekommt der Benutzer Signale, die ihn um seine Aufmerksamkeit bitten. Erst nach seiner Bestätigung werden die neuen Informationen in den Vordergrund gestellt [41]. Da die Aufmerksamkeit stark mit Augenkontakt und Gesten verbunden ist, spielt das maschinelle Sehen bei AUIs eine große Rolle [36]. Die AUIs detektieren die Anwesenheit, Nähe, Orientierung, Sprachweise und Blickrichtung (gaze) der Benutzer. Die dadurch erfassten Informationen benutzen sie, um die Priorität der verschiedenen Aufgaben festzulegen, die ein

Benutzer zu erledigen hat. Es werden auch statistische Modelle basierend auf der Aufmerksamkeit und anderem interaktiven Verhalten der Benutzer aufgebaut. Mit der Interpretation dieser Modelle wird die Relevanz oder Dringlichkeit der Informationen oder Abläufe festgelegt, die dem Benutzer im aktuellen Kontext angeboten werden. Das Funktionsschema einer AUI kann man mit moderner Ampelsteuerung vergleichen. Solche Systeme benutzen Sensoren in den Strassen, um festzustellen, wo die Autofahrer als nächstes hinfahren (wo sich die Benutzeraufmerksamkeit konzentriert) und benutzen zusätzlich statistische Modelle der Verkehrsdichte, um die Priorität der Autofahrer bei den Kreuzungen festzulegen [41].

Um die Interaktion zwischen einem Benutzer und mehreren verschiedenen Geräten zu optimieren verwenden die AUIs das Schema einer Sprecherwechselmethode (turn-taking). Letztendlich versuchen die AUIs auch die Aufmerksamkeit zu erhöhen. In den Bereichen, wo sich die Benutzeraufmerksamkeit konzentriert, werden die präsentierten Informationen hervorgehoben. In den Bereichen rundherum werden weniger Details angeboten (weniger ist mehr) [41]. Für mehr Information über AUIs siehe [42]



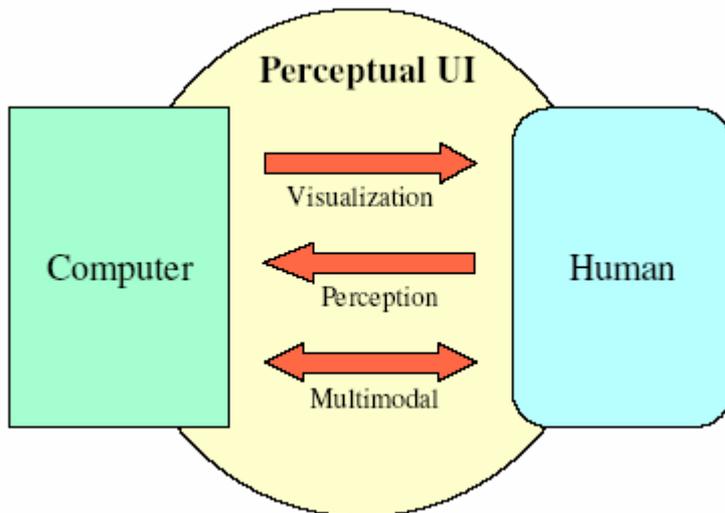
Diese Abbildung zeigt ein paar Methoden, die bei Attentive User Interfaces angewendet werden und vergleicht sie mit entsprechenden Methoden bei einer traditionellen UI [41].

Perceptual UI

Computer durchdringen das alltägliche Leben. Um das breite Spektrum der neuen Geräte, Aufgaben und Benutzer unterzubringen müssen die UIs natürlicher, intuitiver, adaptiver und unauffälliger werden. Diese sind die primären Ziele der Forschung in Perceptual UIs (PUI). In der mächtigen Welt der Ubiquitous Computing brauchen wir eine andere Art von interaktiver Technologie; mächtige vernetzte UIs, die ihren Benutzern ermöglichen, durch Sprache, Gesten, Tasten, usw. mit Computern zu kommunizieren. Dass die traditionellen Desktops und GUI-basierten Systeme vollständig mit modernen UIs ersetzt werden scheint zwar noch unwahrscheinlich, die modernen UIs sind aber eine gute Ergänzung für die existierenden Interaktionsmethoden. Bei der Entwicklung der PUIs werden folgende Ziele verfolgt: Die Natur der Computer zu ändern; den Menschen ein stärkeres attraktiveres Erlebnis mit dem Computer zu ermöglichen als es bisher mit den GUIs der Fall war [43]. Turk beschreibt die PUIs wie folgt:

“Highly interactive, multimodal interfaces modelled after natural human-to-human interaction, with the goal of enabling people to interact with technology in a similar fashion to how they interact with each other and with the physical world”. (Turk, 00)

PUIs sind wie schon erwähnt multimodaler Natur. Sie wenden unter anderem folgende Modalitäten an: Sprachverarbeitung (language understanding), Spracherkennung (speech recognition), Pen-based Gesture, Körper Tracking, Ton, Haptik und maschinelles Sehen. Es gibt noch zahlreiche Hürden bezüglich Konzept und Praxis, die bei der Entwicklung der PUIs überwunden werden müssen. Privatsphäre und Datenschutz sind vielleicht die wichtigsten darunter. Welche Auswirkungen hat es, wenn wir überall von Kameras, Mikrofonen und verschiedenen Sensoren umgeben sind? Welche Verhaltensparameter werden von jedem einzelnen von uns gespeichert oder woanders hingeschickt? All das muss vorher sehr genau geklärt werden. Am Ende kann man sagen, PUIs sind zwar ein großartiges Versprechen, der Weg dorthin ist aber eine große Herausforderung, die einen enormen Bedarf an Forschung und Arbeit von vielleicht mehreren Generationen von Forschern in verschiedenen Bereichen fordert [35] [43].



Der Informationsfluss bei Perceptual User Interfaces.

Die multimodale Eingabe bei PUIs ermöglicht dem Benutzer eine natürliche Art der Interaktion mit dem Computer [43].

Patterns für Ubicomp

Ubicomp ist ein relativ neuer Bereich der Forschung. Es gibt zwar viele Forschungsprojekte im Bereich Ubicomp; jeder hat viel Wissen und eigene Erfahrungen gesammelt, es gibt aber noch kein gemeinsames Framework mit einem einheitlichen Wortschatz, das all dieses Wissen sammelt und klassifiziert, wieder verwendbare Informationen herstellt und den Informations- und Erfahrungsaustausch möglich macht [74]. Für viele Probleme, die wir lösen müssen, gilt die Tatsache, dass sich schon jemand vor uns damit oder mit ähnlichen Problemen beschäftigt hat. Design Patterns sind ein Hilfsmittel, um diese Kenntnisse und Erfahrungen zu erfassen und auszutauschen und für Fachleute dauerhaftes Design-Wissen zu schaffen. Eine Pattern-Sprache besteht aus einer Reihe von miteinander verbundenen Patterns, die ein Problem individuell beschreiben und möglicherweise auch Lösungen dafür anbieten. Diese bilden einen Wortschatz für die Design Domäne [75]. Es gibt verschiedene Versuche auch in Ubicomp Patterns zu verwenden. Im Jahr 2004 beschrieben Landay et al, 48 verschiedene Patterns (Pre-Patterns) und erfassten diese in einer Pattern-Sprache. Ihre Pre-Patterns befassen sich mit: Applikationsart (Ubicomp for groups, Ubicomp for places, smart home, personal memory aids, etc.), physisch-virtuellen Räumen (active map, find a place, find a friend, notifier, etc.), Interaktionsmethoden und Systemfunktionen für die Datenschutzverwaltung (privacy sensitive architectures, physical privacy zones, invisible mode, keeping personal data on personal devices, etc.) sowie Methoden für Fluid Interaktionen (ambient display, scale of interaction, sense making of services and devices, etc.). Zu jedem Pattern gehören:

Name und Klassifizierungszeichen (z B. A3 ist das dritte Pattern in der Gruppe A);

Bereich, der den Kontext und den Anwendungsbereich und andere Patterns, die zu diesem führen könnten, definiert;

Problemdefinition, die erklärt, welchen Problemen dieses Pattern zuzuordnen ist;

Lösung(en) zu den definierten Problem(en) und eventuell niedriger eingestufte Patterns, die dabei angewendet werden können;

Referenzen von dazugehörigen Arbeiten [76].

Nach der Pattern-Beschreibung haben dann Landay et al verschiedene Studien über die Auswirkung von Patterns in Ubicomp Design durchgeführt. Mehr als 40 erfahrene Designer haben an diesen Studien teilgenommen. Die Studien zeigten:

Die Patterns sind einfach einzusetzen, helfen den Designern beim Austausch von Ideen und vermeiden manche Designfehler. Sie sind sogar in den frühen Phasen des Designs nützlich. Designer die sich schon länger mit Ubicomp beschäftigt hatten, fanden die Patterns genauso hilfreich wie andere, denen dieser Bereich noch nicht vertraut war [75]. Einfache Beispiele:

Beispiel 1, Bereich: Kontextbewusster Input /Output

Problem: Ubicomp Geräte werden an/in sehr unterschiedlichen Orten und Situationen benutzt, wobei die UI den Benutzer von einer anderen Aufgabe nicht ablenken darf. Außerdem muss die UI auf die Situation und die anderen Menschen in der Umgebung Rücksicht nehmen.

Lösung: Input- und Output-Modalitäten sollten an den Benutzerkontext angepasst werden, damit jeweils die passenden Modalitäten für jede Zeit und Situation eingestellt werden. wenn man zum Beispiel an einer Sitzung oder Vorlesung teilnimmt oder das Theater besucht ist es nicht sehr vorteilhaft auf Audio- oder Sprachmodus (besonders für den Output) angewiesen zu sein. Ein kontextbewusstes Mobiltelefon muss "wissen", wann sein Benutzer bei einer Sitzung ist und automatisch auf Vibration umschalten. Wenn der Benutzer gerade Auto fährt braucht er ein Modus, wo er nur mit dem Gerät sprechen kann und keine Knöpfe drücken muss. Wenn die Stereoanlage vom Auto läuft, soll sie automatisch leiser gedreht werden [77].

Beispiel 2, Bereich: Physisch-Virtuelle Gemeinschaften

Problem: Wenn sich mehrere Menschen treffen um zusammen zu arbeiten ist es nicht vorteilhaft, wenn ihre Computer oder verschiedene Geräte, die sie für die Arbeit brauchen, unterschiedliche Konfigurationen haben. Es würde jede Menge unnötige Zeit kosten, die Geräte an einander anzupassen, um verschiedene Informationen oder Applikationen austauschen zu können. Bei einer Sitzung zum Beispiel sollten alle beteiligten automatisch

jene Datei auf den Displays ihrer Laptops und PDAs zu sehen bekommen, die Kontaktinformationen über die Teilnehmer enthält.

Lösung: Einfache Herstellung einer Verbindung zwischen Computer, wenn sich die Besitzer in der Nähe von einander befinden, für die Dauer der Mitarbeit, um einen schnelleren, einfacheren Informationsaustausch zu ermöglichen. Wenn sich zwei bestimmte Geräte (PDA, Laptop) einander nähern, könnte (nach einer Bestätigung seitens Benutzer) eine automatische Synchronisierung folgen. Eine kontextbewusste UI bietet den passenden Output zu physischen (Menschen und Computern in der Nähe) und virtuellen (Informationsdatei, synchrone Wiedergabe) Aspekten der jeweiligen Situation [77], siehe dazu „Interaktionspatterns“.

Folgenabschätzung

Bei Ubicomp geht es nicht mehr nur um die Technologie. Wenn Computer überall in unseren Alltag eindringen bleibt wohl kaum ein Bereich in unserem Leben, der nicht davon betroffen ist. Was passiert mit Privatsphären? Muss man die Ethik neu definieren? Wie sieht es mit sozialer Verträglichkeit und Akzeptanz aus? Was sind die kulturellen, wirtschaftlichen und sozialpolitischen Folgen? Werden Entscheidungsfreiheit und Eigenverantwortlichkeit der Individuen beeinträchtigt? Wie werden Körper und Geist in verschiedenen Entwicklungsphasen der Menschen von Ubicomp beeinflusst? Welche wären die Konsequenzen von eventuellen Fehlfunktionen?

Um optimale Antworten auf diese und viele andere Fragen zu finden, die sich zum Thema Ubicomp stellen und teilweise erst im Laufe seiner Weiterentwicklung stellen werden, sollten Fachleute aus verschiedenen Bereichen eng zusammen arbeiten. Wegen der tief greifenden Einflüsse von Ubicomp in allen Lebensbereichen müssen die Ergebnisse dieser Zusammenarbeit publiziert und öffentliche Diskussionen ausgetragen werden. Für Informationen in diesem Bereich siehe [16] [39] [89] [90] [91].

Zusammenfassung

Ubicomp verspricht uns in Zukunft eine neue Art der Informationstechnologie, welche in unseren Alltag eindringt. Es gibt viele verschiedene Forschungsprojekte in diesem Bereich. Sie beschäftigen sich hauptsächlich entweder mit Entwicklung einer Softwarearchitektur, die Ubicomp Applikationen ermöglicht oder mit dem Entwurf intelligenter Räume (ambient Intelligence). Die Verwirklichung des Ubicomp ist für viele verschiedene Bereiche der IT eine große Herausforderung. Vor allem die Benutzerschnittstelle bekommt eine völlig neue Dimension und stellt ganz neue Forderungen an den Designer. Die Schnittstellen müssen verschiedene Modalitäten haben, um auf den Menschen bezogen, natürlich und intuitiv gestaltet zu werden. In diesem Bereich finden unter anderem Attentive UIs und Perceptual UIs Anwendung. Noch zu beachten ist, dass viele verschiedene (teilweise unbekannte) Folgen der Ubicomp wie beispielsweise sein Einfluss auf die Privatsphäre genau überlegt und diskutiert werden müssen.

Raum als Schnittstelle

In diesem Kapitel möchte ich den Raum als Benutzerschnittstelle (UI) zwischen den Menschen und der Informationstechnologie betrachten. Ich werde die Unterschiede zwischen dieser Schnittstelle und einer gewöhnlichen GUI sowie die Raumeigenschaften, die dabei eine wichtige Rolle spielen, beschreiben.

Mit der Entwicklung der Computernetzwerke entwickelt sich auch die Telematik weiter. Sie wird immer reichhaltiger und funktioniert immer schneller. Somit wird die Distanz immer unwichtiger, denn die Interaktion muss nicht mehr im unmittelbaren Raum stattfinden sondern kann auch über ein Netz erfolgen. Es sind keine Neuheiten, dass man über eine Videokonferenz an einer fernen Konferenz teilnehmen kann, sich online durch Videotelefonie unterhalten und Dateien austauschen kann und online interaktive Spiele spielen kann. So gesehen, scheint es immer irrelevanter zu werden, an welchem Ort oder in welchem Raum man sich befindet. Die Raumbarriere ebenso wie die Distanz verlieren immer mehr an Bedeutung:

„... Man ist eben ein Teil eines Netzes. Wenn wir daran denken, wie sich die Kommunikation in kommenden Jahrhunderten von der globalen zur interstellaren Reichweite ausdehnt, bekommen wir einen Begriff von der digitalen Datenautobahn.
...“

Wenn ohnehin alles nah wird, kann natürlich auch der Raum nicht mehr als Entfernung gemessen werden. Dann hat es wenig Sinn vom Raum als Nähe und Fernem als Distanz zu sprechen, dann verlieren die räumlichen Parameter ihren Sinn.“ (Peter Weibel, 1994)

So gesehen wird der Raum in der Zukunft der interaktiven Technologie und der Kommunikation keine wichtige Rolle spielen. Die Distanz ist aber nicht alles, was mit dem Raum verbunden ist. Dazu fällt mir meine erste Laborübung an der TU-Wien ein. Damals hatte ich noch keinen Internetzugang zu Hause. Ich ging also jeden Tag an die Universität in das Informatiklabor und arbeitete dort an meiner Übung. Das Labor war meistens voll von Studenten. Sie diskutierten über die Angaben, Lösungen und Probleme, die sie hatten. Manche arbeiteten auch in kleinen Gruppen. Später bekam ich einen Internetzugang zu Hause und musste nicht mehr ins Labor gehen (Distanzproblem beseitigt!). Ich konnte mich jederzeit zu Hause an dem vorgesehenen Server anmelden und meine Arbeit fortsetzen. Für die Kommunikation zwischen Studenten wurde auch gesorgt. Es gab nämlich für jede Übung ein Forum, in dem man über eigene Probleme mit anderen Studenten diskutieren konnte. Was mich aber nach einer Weile wunderte war, dass ich für diese Übungen viel mehr Zeit brauchte als für die erste, obwohl ich teilweise den Inhalt besser beherrschte. Was machte für mich das

Arbeiten im Labor produktiver als das Online-Arbeiten? Lag es alleine an der Tatsache, dass man viel schneller spricht als man E-Mails schreibt bzw. liest? Sicher war das ein Grund, aber gerade in meinem Fall konnte das nicht der einzige Grund gewesen sein. Ich sprach nämlich zur damaligen Zeit noch kaum Deutsch.

Tatsache ist, abgesehen davon wie schnell man sich über welche Entfernung und welche Datenmengen austauschen kann, wir befinden uns immer in irgendeinem (physischen) Raum (auch wenn er mit virtuellen Elementen ergänzt und erweitert worden ist). Dieser Raum hat etwas an sich, das in unserer Kommunikation und Interaktion eine wesentliche Rolle spielt [4]. Was ich hier beschreiben will, sind nicht die vielen weiteren Vorteile die uns Telematik in Zukunft bringen kann, *wenn wir uns nicht in einem bestimmten Raum befinden können*, sondern jene Vorteile, die wir haben, *wenn wir uns gerade in einem bestimmten Raum befinden*.

Eine Kritik der Soziologen an traditionellen Computersystemen ist, dass sie nicht auf Umgebungen und Szenarien in denen sie benutzt werden reagieren können [15]. Thomas Erickson bezeichnet die UIs der neunziger Jahre als „steril“ und „nicht einladend“ und meint, dass sie in einem ziemlichen Kontrast zur Reichhaltigkeit unseres Alltags stehen [4]. Technische Lösungen werden die Soziologen wahrscheinlich nie ganz zufrieden stellen können. Aber vielleicht kann man diesen Mangel verbessern, indem man versucht, tatsächlich die alltägliche Umgebung als UI zu sehen. Wenn die Vision von Ubicomp wahr werden sollte, müsste Folgendes passieren: Computer müssten gänzlich in den Raum integriert werden (Disappearing Computers), ohne dass die Geräte wie z.B. PCs, Telefone, Fernseher, Stereoanlagen im Raum zu sehen sind. Man sollte aber trotzdem in diesem Raum Musik hören, sich Filme ansehen, telefonieren, Ton und Bild aufnehmen und speichern können. Ebenso müssten die Computer durch den Raum und die Raumeinrichtung zu bedienen sein (durch eine „intelligente“ Umgebung, die „hören“, „sprechen“ und sich Dinge „merken“ kann). Dann würde der Raum als Schnittstelle für die Interaktion zwischen Mensch und Computer fungieren. Das Design der Mensch-Maschine Interaktion (HCI) würde zum Design der Umgebung, Design der Räume [73].

Was hat Raum an sich?

Wir befinden uns immer in irgendeinem Raum, einer physischen Umgebung. Wie wirkt das auf uns, unser Verhalten und unsere Handlungen? Was sagt ein bestimmter Raum durch seine Form, Einteilung, Echo und Einrichtung aus? Wie viel Information vermittelt ein Raum? Welche Informationen versteckt er vor unseren Augen? Was verbindet uns mit anderen Menschen, die sich im selben Raum befinden? [92] [93]

Physisch, greifbar (Tangible)

Was beim Entwerfen einer GUI oder noch mehr bei virtueller Realität verwendet wird, nämlich die Metapher, die uns an Räume, Gegenstände und damit an ihre Funktionen erinnern sollte (File, Verzeichnis, Postfach, Papierkorb, Stift, Palette, Fenster, „doctor Watson“, „chat room“, „drag and drop“, markieren, ausschneiden, Papierkorb leeren, etc.), steht uns in einem physischen Raum real zur Verfügung. Was man an einem Desktop mit einem Knopfdruck virtuell anwählen und öffnen kann, kann man an seinem Schreibtisch physisch mit seiner Hand angreifen, öffnen, in den Papierkorb werfen oder auf den Tisch hinlegen. Was man in einem virtuellen Raum mit Headset-Monitors und Tracking-Handschuhen beobachten und bewegen kann, kann man in seinem Wohnzimmer wirklich sehen, aufheben und von einem Punkt zum anderen bewegen[44]:

„While in traditional desktop computing the screen is merely a window through which we reach into a digital world, with tangible interfaces we act within and touch the interface itself.“ (Hornecker et al, CHI 06)

Dieses „Greifbarsein“ gibt dem Raum zumindest das Potential, sich als eine sehr benutzerfreundliche Schnittstelle zu präsentieren: eine greifbare Benutzerschnittstelle, (Tangible User Interface, TUI) anstatt einer traditionellen graphischen Benutzerschnittstelle (GUI). Für Benutzer ist es viel leichter und angenehmer mit einer TUI umzugehen. Durch ihre Greifbarkeit ist sie uns vertraut und wir können intuitiv mit ihr umgehen. Was bei der Anwendung der größte Vorteil ist, nämlich die Greifbarkeit, wird beim Design zum Hindernis. Ein physisches Objekt kann man nicht wie ein virtuelles variieren, ändern und anpassen [45].

Multiuser

Mehrere Menschen können sich gleichzeitig im selben Raum befinden. Sie erleben (in einem durchschnittlich großen Raum) Vieles gemeinsam. Sie können alle (wenn auch mit feinen Unterschieden) gleichzeitig sehen, hören, riechen, etc., was alles im Raum vorhanden ist und was im Raum geschieht (was von diesem Raum aus zu spüren ist). Sie alle können aber nicht beobachten, was hinter Barrieren dieses Raums geschieht. Jeder von ihnen kann sehen, wer noch da ist und auf wen gleichzeitig all jene Informationen wirken wie auf ihn selbst auch. Jeder kann mit den anderen direkt kommunizieren. Jeder kann sehen, wie die anderen auf das „Rundherum“ reagieren. Im selben Raum zu sein, ermöglicht die optimale zwischenmenschliche Kommunikation und Interaktion [4]. So gesehen fungiert ein Raum irgendwie als eine „Multi User Plattform“. Zurück zum Beispiel der Laborübung: Wenn man im Laborraum arbeitete, hörte man gleichzeitig mit etwa 20 anderen Studenten Vieles mit. Man musste nicht extra mit jedem sprechen (In einem Chatroom kann man auch lesen, was

alle in diesem *room* schreiben. Dies ist eine Eigenschaft des Raums, die bei Chatrooms metaphorisch genutzt wird.). Man hörte auch gleichzeitig den Ton, in dem jeder sprach. Man sah den Gesichtsausdruck von jenem der sprach und die Reaktion der anderen drauf (Dies ist auch beim Chaten wenn auch in sehr beschränkter Form durch Verwendung von „Emotions“ möglich.). Wenn ein Programm gelaufen ist, konnten viele gleichzeitig die Ergebnisse oder Fehlermeldungen beobachten, die auf dem Bildschirm angezeigt wurden. Außerdem bekam man ständig viele andere Informationen, beispielsweise über Fehler die es im System gab und darüber, wie man sie umgehen konnte, über die Fristen und Termine, wer wie weit bei seiner Arbeit war und welches Beispiel schon abgegeben hatte. All das trug dazu bei produktiver zu arbeiten. Man befand sich dort nämlich in einer Gruppe mit ähnlichen Interessen und Problemen, in der sich die Mitglieder gegenseitig weiter halfen und dies geschah nur dadurch, dass sie im selben Raum arbeiteten [4] [46] [93].

„When people do not share a physical space, they are unable to see each other, hear each other speak, handle or look at the same thing, or perceive anything about the place where others are or what they are doing. This is a fact of human embodiment.”
(Hughes et al, 97)

Aufforderungscharakter

„To primitive man each thing says what it is and what he ought to do with it: a fruit says, "Eat me"; water says, "Drink me"; thunder says, "Fear me," and woman says "love me" “ (Kurt Koffka, 35)

Alles in unserer Umgebung hat eine gewisse Wirkung auf uns und unsere Handlungs- und Verhaltenweise. Ein Raum in der Form wie er gebaut, eingeteilt, gestaltet und eingerichtet ist, fordert einen Menschen auf oder hindert ihn daran, ein gewisses Verhalten zu zeigen [92] [93]. Dies wird von der Gestaltpsychologie so erklärt: Verschiedene Bereiche unserer Umgebung haben zu bestimmten Zeiten verschiedene (im Allgemeinen positive oder negative) Werte (*Valenz*) für uns, die uns positiv oder negativ auffordern. Das erörtert der Psychologe Kurt Lewin in seiner *Feldtheorie* [48]. Der Aufforderungscharakter des Lebensraums kann je nach Bereich, Mensch und Zeitpunkt von schwach bis sehr stark variieren. Er bringt uns dazu, Bereiche in unserer Umgebung anziehend (positive Valenz) oder abstoßend (negative Valenz) zu finden und so gewisse Dinge tun oder nicht tun zu wollen, zu bestimmten Plätzen gehen oder sie lieber umgehen zu wollen [48] [49] [94].

„Die Art und Stärke eines Aufforderungscharakters werden wesentlich durch die momentanen Bedürfnisse der Person bestimmt. Man muss sich daher den Lebensraum des Individuums in steter Veränderung vorstellen: Einige Dinge gewinnen an Reiz, andere verlieren ihn; manche positiven Regionen des Lebensraums sind nur zu

erreichen, wenn Regionen mit negativen Valenzen durchschritten werden. So ist der akademische Grad (positiver Aufforderungscharakter) nur zu erreichen, wenn eine Region mit negativer Valenz (Arbeit und Entbehrungen im Studium) durchlaufen wird.“ (Lück, 1996).

Eine Region kann für jemanden auch gleichzeitig eine positive und eine negative Valenz haben (ambivalent), was zu Konflikten führen kann. Was in unserer Umgebung ist, kann uns also zu bestimmten Handlungen auffordern. Wir können diesen Effekt auch bewusst nutzen, um uns zum Beispiel an etwas erinnern zu können [48] [49] [94] oder den anderen etwas mitzuteilen. Zum Beispiel, zu Hause stelle ich den vollen Altpapierbehälter neben den Eingang. Wenn ich aus der Wohnung gehen will, muss ich ihn sehen, was mich daran erinnert, ihn mitzunehmen um ihn zu entleeren.

Beispiel 1: Ich möchte eine alte Kirche besichtigen.

Erstes Szenario: Das Eingangstor ist geschlossen. Ich suche nach einem Informationsschild.

Zweites Szenario: Das Eingangstor ist offen. Ich gehe hinein und sehe gleich einen Schalter. Ich nehme an, dass ich eine Eintrittskarte brauche. Ich gehe zum Schalter und frage nach einer Karte.

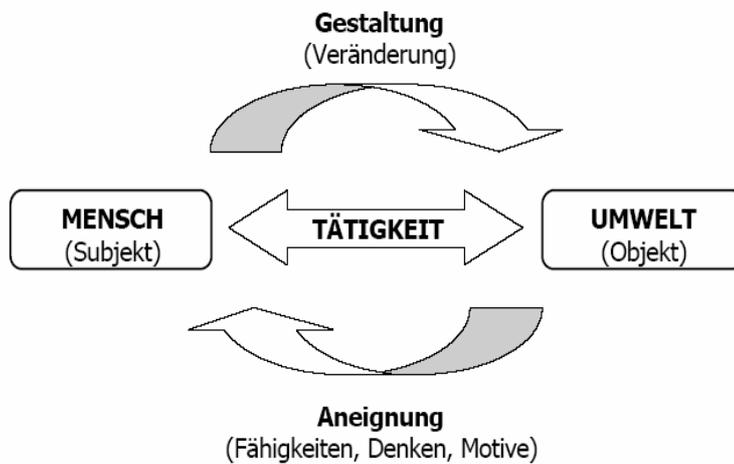
Drittes Szenario: Das Eingangstor ist offen und der Eingang ist frei. Es ist dort auch kein Schalter zu sehen. Ich schalte mein Handy auf lautlos und gehe hinein.

Beispiel 2: An der Universität gehen Studenten zu einem Seminar. Wenn sie den Raum betreten, sehen sie ca. 50 Sitzplätze und vor jedem Sitzplatz ein Notebook. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich jeder Student vor ein Notebook hinsetzen würde. Wenn im gleichen Raum nur vor einem Sitzplatz ein Notebook zu sehen wäre, würde sich höchstwahrscheinlich keiner von den Studenten dort hin setzen.

Beispiel 3: In unserer Bibliothek im Erdgeschoss gibt es nur einen PC ohne eine Sitzmöglichkeit davor. Die Studenten benutzen diesen PC zur Suche aber immer nur kurz. Im Erdgeschoss gibt es viele PCs mit Sitzmöglichkeiten. Vor diesen PCs sitzen und arbeiten die Studenten über längere Zeit.

Interaktion

"We give shape to our buildings, and they, in turn, shape us." (Winston Churchill)



Mensch-Umwelt-Beziehung, basierend auf der Ringstruktur von Leontjew 1977, stellt den interaktiven Charakter der Beziehung zwischen dem Menschen und seiner Umwelt dar [49].

Zwischen dem Menschen und seiner Umgebung in der er sich aufhält und bewegt, findet eine ständige Interaktion statt. Die Mensch-Umwelt-Beziehung ist eine beidseitige Beziehung. Die Menschen werden ständig von ihrer Umgebung beeinflusst und passen sich an die Umgebung an; genauso wird die Umgebung aktiv von Menschen beeinflusst und verändert [95]. Man drückt die Türklinke; Die Tür öffnet sich; So kann man sehen, hören, riechen, usw., was sich im Raum befindet. Kann man nicht gut sehen, weil es zu dunkel ist, so sucht man den Lichtschalter und schaltet das Licht ein; Der Raum wird hell, ...

Im Allgemeinen steht das menschliche Verhalten in einer bestimmten Umgebung und zu einer bestimmten Zeit mit verschiedenen Faktoren der Umgebung und mit verschiedenen Faktoren seiner eigenen Person in einer direkten Beziehung. Das behauptet Kurt Lewin und zeigt dies mit einer einfachen mathematischen Relation; die universelle Verhaltensgleichung Lewins:

$$V = F(P, U)$$

Dabei steht „V“ für menschliches Verhalten, „P“ für Personenfaktoren und „U“ für Faktoren aus der Umgebung; „P“ und „U“ sind wechselseitig abhängige Größen. [48] [49]

Wenn die Computer gänzlich in unserer Umgebung integriert werden, dann wird sich die tägliche Umgebung in eine Schnittstelle zur Informationstechnologie verwandeln, und die Interaktion zwischen Menschen und Computern wird ein Teil der täglichen Interaktion

zwischen Menschen und ihrer Umgebung sein. Um diese Schnittstelle optimal zu entwerfen, kann uns nichts mehr hilfreich sein als die bestehenden Interaktion-Szenarien zwischen einem Raum und seinen Benutzern; also das gewöhnliche alltägliche Verhalten von Menschen in einem Raum [15]. Dieses kann uns am besten zeigen, wie wir in einem Raum die Aufmerksamkeit der Benutzer gewinnen und auf sie wirken können, und gibt uns die beste Basis für den Entwurf gezielter Interaktionsszenarien zwischen Computern und Menschen. Man kann, und darf die bestehenden Interaktionen auch sinnvoll ergänzen und erweitern. Man sollte dabei nur darauf achten, die Beidseitigkeit der Mensch-Umgebung-Beziehung nicht zu stören bzw. sie nicht in eine einseitige, erzwungene Anpassung von Menschen an die Komplexität einer neuen Technologie zu verwandeln [56] [51]. Die Integration von Computern in einen Raum darf den Umgang mit dem Raum nicht komplizierter machen sondern soll den Umgang mit den Computern vereinfachen.

Wenige Menschen wollen wahrscheinlich eine Wohnung, für deren Benutzung sie vor dem Einziehen eine Einschulung bräuchten. Tatsache ist, dass kein herkömmliches Desktop und keine traditionelle GUI die Interaktion je so stark und vor allem so intuitiv fördern können wie es unserer physischen Umgebung täglich gelingt. Das ist das Interessanteste an einem Raum und macht ihn als eine interaktive Schnittstelle attraktiv [15] [93]. Außerdem erfolgen die Interaktion und die Kommunikation zwischen Menschen, die sich im gleichen Raum befinden, viel schneller und viel reichhaltiger als zwischen Menschen, die von einander entfernt sind. Verschiedene Interaktionen können gleichzeitig stattfinden und sich gegenseitig beeinflussen und ergänzen [4]. Thomas Erickson demonstriert dieses Phänomen in einem Beispiel:

“About 30 authors had gathered to mutually critique papers for a period of three days. At the end of the workshop the organizers decided to try something unusual: all 30 authors would meet and jointly create an organization for the book from scratch--the authors would decide on what the book sections should be, and how the chapters should be ordered within them.

We gathered in a room, each author with a copy of his or her chapter. To start the process, someone had spread some pieces of paper on the floor, with (possible) book section names written on them, and authors were asked to put their chapters near an appropriate section. After this, the procedure was simple: anyone could pick up any chapter and move it elsewhere; anyone could change the name of a book section; anyone could propose a new section by writing a name on a new piece of paper.

Although it seemed like a recipe for chaos, and was in fact characterized by a lot of milling about and simultaneous conversations, the process was exceptionally effective. In about 30 minutes, 30 people had come up with an mutually agreed upon

organization for a book of 30 chapters, with everyone participating in the discussion. It seemed to me to be a human analog of the long predicted agent-based computing systems, in which distributed agents, each possessing incomplete knowledge, cooperatively interact to accomplish a task.

The key to the success of this process lay in its spatial nature. Several phenomena seemed to be important:

First, it seemed important that the process was carried out in a bounded space, dedicated to the task. We could see activity as happened: it was clear when disagreements arose; it was evident when someone was making a major change; and we could tell when the organizational process settled down because the general level of conversation and movement settled down.

Second, the participants had assigned meanings to parts of the space. This was done by writing the names of proposed book sections on paper, and by positioning chapters relative to the proposed sections. This method of assigning meaning also allowed participants to convey ambiguity and novelty. Sometimes participants would position a chapter halfway in between two sections, indicating that they weren't sure to which it belonged. Sometimes participants would put chapters in an area of the room without a section name, suggesting that those chapters belonged together but fit no existing sections.

A consequence of having a shared, meaningful space was that actions in that space were meaningful, and often triggered discussions and explanations. For example, when someone went to move a chapter to another area of the room (i.e. assign it to another book section), there would be one or more people around (the audience) with whom the mover would discuss the rationale for the move. The consequence of this discussion was that either:

- a) mover and audience would agree on the move,
- b) mover and audience would decide to change the name and definition of the category so that the chapter better fit where it was, or
- c) the audience would convince the mover that the chapter was indeed in the right place. In all of these cases, a result was that there was a greater shared understanding of the section names and definitions, and of the gist of each chapter.

Finally, physical constraints shaped the way in which people could participate in the organizational process. The fact that the chapters and section names were spread all over the floor had an important impact: it meant that no one could dominate the organization of the book. Those who had strong opinions about where their chapters

belonged, tended to hover near their chapters, ready to 'defend' them from would-be reorganizers; those who had ideas about the arrangement of the book as a whole had to flit about from section to section, thus giving up any strong control over where their chapter (or any single chapter) was positioned.

There were a variety of other elements of the situation which influenced the success of the interaction, but these are sufficient to establish the point that properties of space can usefully structure and facilitate interactions.” (Thomas Erickson, 1993)

Alles an seinem Platz! Eine Sache der Syntax und Semantik

Gegenüber jedem Raum, Raumteil oder Gegenstand in unserer Umgebung empfinden wir gewisse Aspekte als selbstverständlich, passend oder unpassend. Wenn eine Schaufel in meinem Wohnzimmer liegt, ist sie offensichtlich fehl am Platz! Raum als Schnittstelle ist vielleicht ein Thema der Zukunft, aber mit Raum selbst sind wir bereits bestens vertraut. Wir haben über Jahrtausende in Räumen gelebt. Nicht nur unsere Lebensräume, Raumeinrichtungen oder Gegenstände aus unserem Alltag sondern alles, was wir von unserer physischen Umgebung kennen, hat eine mehr oder weniger bestimmte und für uns vertraute Form, Größe, Gewicht und Farbe, wodurch wir den Gegenstand erkennen und sofort mit einer bestimmten Funktion in Verbindung bringen [50]. Wände trennen ab, Türen öffnen oder schließen einen Eingang, durch Fenster sieht man hinaus, hinein oder in die anderen Räume. Ein Hörsaal sieht anders aus als ein Büro und definitiv anders als eine Telefonzelle. Wir ordnen Dingen die wir kennen auch bestimmte Plätze oder Räume zu: Bücher gehören ins Bücherregal, Kleidung in den Kleiderschrank. Der Sessel gehört ins Wohnzimmer und der Kühlschrank in die Küche. Ebenso assoziieren wir bestimmte Räume mit bestimmten Aktivitäten. Im Büro arbeitet man, im Konzertsaal hört man Musik und so weiter [92]. So hat alles für unseren Begriff einen passenden Platz und eine bestimmte Funktion. Man könnte auch sagen alles was wir in unserer Umgebung sehen, hat für uns eine *Syntax* und eine *Semantik*. Wenn wir die Syntax erkennen, verbinden wir diese auch gleich mit einer bestimmten Semantik [47].

Um einen Raum als interaktive Schnittstelle zwischen Mensch und Multimedia zu gestalten, kann und sollte man diesen Effekt gut nutzen und sich stets an die wohl bekannte Semantik der Dinge halten. Diese kann man zwar auch sinnvoll erweitern aber nicht völlig ignorieren [15]. Meiner Ansicht nach ist ein intelligentes Büro ein Raum, in dem mich z.B. die intelligente Wand erkennt und mir nach Anfrage ein Video von der gestrigen Sitzung einblendet, oder wo ein intelligenter Tisch mir die gewählten Daten, die ich zuvor darauf gelegt habe, auf das Mobiltelefon speichert, usw. Von einem intelligenten Büro erwarte ich aber nicht mir das Mittagessen zu bereiten. Genauso wenig erwarte ich von einem intelligenten Kochtopf, dass er Daten über mein Bankkonto speichert oder Texte ausdruckt,

sehr wohl aber, dass er automatisch die optimale Kochtemperatur für jedes Gericht regulieren kann. Es wäre sinnlos, den Räumen oder den Raumobjekten beim Design eine Funktion (Semantik) zuzuordnen, die ihrer Syntax nicht gerecht wird oder die für die jeweilige Aktivität irrelevant ist. Solche Funktionen werden höchstwahrscheinlich nie vom Benutzer entdeckt werden [40] [15] [51]. Um zum Beispiel Daten von einem Punkt zu einem anderen zu tragen, würden ein Heft, ein mp3-Player oder ein Schlüsselbund als „Datenträger“ in Frage kommen. Dies sind alles Gegenstände, die man auch gewöhnlich mit sich trägt. Eine Tischlampe hingegen wäre keine gute Wahl für diese Funktion (siehe Beispiele, i-Land).

Je nachdem, welche Tätigkeit wir uns vornehmen, wählen wir jeweils das passende Werkzeug oder Gerät dazu. Genauso wählen wir auch den passenden Platz dafür. Um einen Raum als Schnittstelle für bestimmte Aktivitäten oder Funktionen zu gestalten, sollte der Designer darauf achten, dass dieser Raum so wie der richtige Platz für die jeweilige Aktivität aussehen muss. Sieht man in einem Raum zum Beispiel einen Esstisch und einen Kühlschrank stehen, so kann man sich schwer vorstellen, dass es sich dabei um einen Seminarraum handelt, auch wenn das Schild neben dem Eingang genau das aussagt. Je mehr wir es schaffen, in der Gestaltung einer Umgebung eine bestimmte, für unsere Benutzer bekannte Umgebung darzustellen, umso einfacher lernen die Benutzer, was sie in diesem Raum machen können [51].

Das Problem der Syntax und Semantik ist nicht unbedingt immer so einfach durchschaubar, denn erstens haben wir je nachdem, in welcher Domäne wir arbeiten mit anderen Räumen und Gegenständen zu tun, und zweitens hat dieselbe Syntax in verschiedenen Domänen verschiedene Semantik [15] (siehe auch Kapitel Ubiquitous Computing, „Was ist Kontext?“). Zum Beispiel muss ein Bett in einem Krankenhaus anders ausgestattet sein als im Schlafzimmer einer Privatwohnung.

Zusammenfassung

Wenn die Computer in unseren Alltag eindringen, wird der Raum als Schnittstelle zwischen dem Menschen und der interaktiven Technologie dienen. Um diese völlig neue Art der Schnittstelle zu gestalten, müssen wir die Raumeigenschaften kennen, die unsere Interaktions- und Kommunikationsart beeinflussen. Räume sind uns mehr vertraut als Computer. Wir kennen die Form und die Funktion jedes Raums. Sie sind greifbar, können gleichzeitig von mehreren Menschen benutzt werden und haben einen Aufforderungscharakter, der unsere Interaktionen beeinflusst.

Mensch als Schnittstelle

Nehmen wir an wir leben in Zukunft tatsächlich in intelligenten Räumen, die uns sehen, hören, fühlen, auf unsere Fragen antworten, uns Ratschläge geben etc. Stellen wir uns vor, die Computer sind gänzlich im Hintergrund verschwunden und die UIs so unauffällig und menschen-zentriert gebaut, dass wir sie gar nicht mehr wahrnehmen, weil sie keine explizite Ein- und Ausgabe mehr brauchen. Dann kann man den Menschen selbst als Schnittstelle zum Computer sehen.

In diesem Kapitel werde ich auf die Rolle der menschlichen Wahrnehmung in der Mensch-Maschine-Interaktion hinweisen. Darauf folgen Gestaltpsychologie und mentale Modelle, die unter anderem Aussagen darüber machen, wie wir unsere Umgebung wahrnehmen. Dann werde ich den Mensch als Benutzer eines interaktiven Systems beschreiben, und die Verhaltensmodelle erklären.

Wahrnehmung

Unser Gehirn funktioniert noch immer viel komplizierter als jeder Computer, jeder intelligente Raum oder jede Schnittstelle die es bisher gibt. Wenn wir miteinander kommunizieren können wir nicht wie ein einfacher Datentransfer über ein Netzwerk konkrete Daten austauschen, weiterschicken, speichern und später wieder verwenden. Wir nehmen die Informationen durch eine subjektive Selektion auf, die so genannte Wahrnehmung. Nicht alle Informationen die sich in unserer Umgebung befinden, werden auch von uns wahrgenommen. Auch nicht alle, die unsere Sinnesorgane physikalisch reizen [52].

„Die über die Sinnesorgane vermittelte Relation zwischen einem wahrnehmenden Subjekt und einem wahrgenommenen Objekt, die mit dem theoretischen Konstrukt „Wahrnehmung“ bezeichnet wird, ist mehr als die bloße Abbildung einer je gegebenen Außenwelt, mehr als die Transformation „objektiver“ Sinnesdaten in „subjektive“ Vorstellungen.“ (Schwibbe, 02)

Das heißt es können sich Dinge in meiner Umgebung befinden oder geschehen, die ich sehe, höre, usw., aber nicht wahrnehme. Das Problem bei der Wahrnehmung ist ihr individuelles Wesen. Wenn zehn Menschen das gleiche erleben, nimmt es jeder mindestens ein bisschen anders wahr. Wenn Kurt Lewin über den Begriff „Lebensraum“ spricht meint er damit nicht nur die physische Umgebung eines Menschen:

„In das Konzept des Lebensraumes gehen das Individuum selbst als Person mit allen Merkmalen ein, und die Umwelt in der Bedeutung, wie sie von diesem Individuum erlebt wird.“ (Roth, 81)

Das nicht Wahrgenommene kann zu Informationsverlust führen, das anders Wahrgenommene zur Fehlinterpretation. Das Beruhigende dabei ist aber, dass Menschen auch viele Gemeinsamkeiten haben wenn es um die Wahrnehmung geht, vor allem Menschen aus der selben Umgebung und Kultur. Unsere Wahrnehmung ist nicht am stärksten durch die Qualität unserer Sinnesorgane beeinflusst sondern mehr durch persönliche Erfahrung (Erziehung, Bildung, Erlebnisse), durch Kultur, Gesellschaft und Geschichte, das heißt im Allgemeinen durch unsere Erfahrungen und unser Wissen [52].

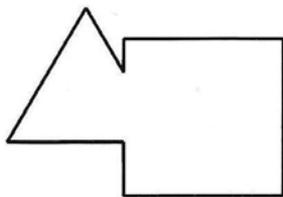
Damit die UIs den Benutzern als nützliche Informationsquelle, die Interaktion fordert und Informationen vermittelt, und nicht als komplizierte moderne Technologie auffallen, wäre es also hilfreich, sich auch mit menschlicher Wahrnehmung zu beschäftigen. Wir befinden uns stets in einem Raum der uns umgibt. Vieles von dem das dort geschieht reizt unsere Sinnesorgane und wirkt auf unsere gesamte Wahrnehmung. Welche Faktoren oder Eigenschaften eines Raums (Form, Grundriss, Höhe, Echo, Farbe, Licht, Temperatur, Geruch, Feuchtigkeit, ...) wirken auf unsere Wahrnehmung und unser Verhalten? Warum nehmen wir den gesamten Raum so oder so wahr? Wie können wir dies bei der Gestaltung eines Raums als interaktive Technologie ausnutzen?

Gestaltpsychologie (Gestalttheorie)

Nach der „Gestalttheorie“ nehmen wir Dinge als eine Ganzheit wahr, nicht als Summe seiner Einzelteile. Wie wir diese Einzelteile als eine Ganzheit (Gestalt) zusammenfügen und wahrnehmen erklären die Gestaltgesetze [49] [54].

Gesetz der Prägnanz

Ein Muster wird so wahrgenommen, dass die draus resultierende Struktur so einfach wie möglich aussieht.



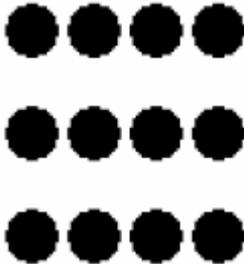
Gesetz der Prägnanz

Das obere Bild wird als ein einfaches Dreieck und ein Quadrat wahrgenommen [49].



Gesetz der Nähe

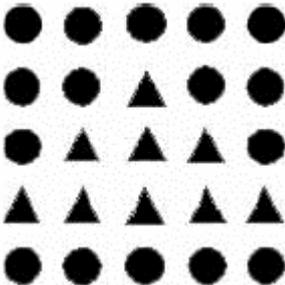
Dinge die (relativ) nahe aneinander liegen, werden als eine Gruppe, also als zusammengehörig wahrgenommen. Das Gesetz der Nähe steht über dem Gesetz der Ähnlichkeit.

*Gesetz der Nähe*

Hier werden aufgrund der Nähe drei Reihen wahrgenommen [54].

Gesetz der Ähnlichkeit

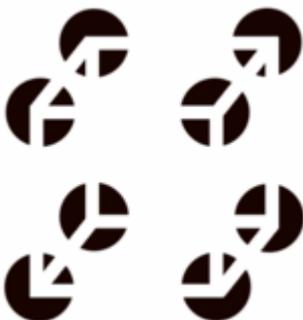
Dinge die einander ähnlich sind, werden als zusammengehörig wahrgenommen.

*Gesetz der Ähnlichkeit*

Hier ist ein Dreieck innerhalb eines Quadrates zu erkennen [54].

Gesetz der Kontinuität

Die Augen folgen (dem einfachsten Weg nach) vorhandenen Linien in einem Bild.

*Gesetz der Kontinuität*

Man sieht einen Würfel, obwohl er gar nicht gezeichnet ist [96].

Gesetz der Geschlossenheit

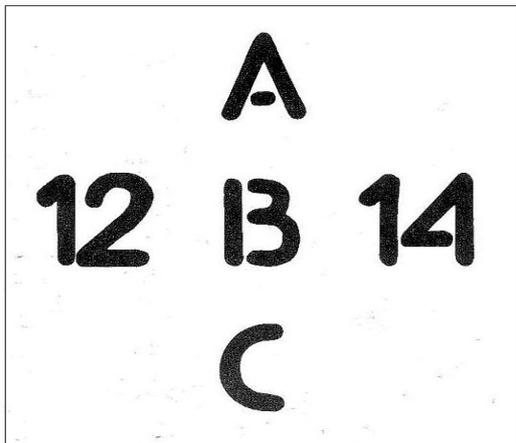
Wenn in einem bekannten Bild Teile fehlen, neigen wir dazu, die fehlenden Teile zu ergänzen und es trotzdem als eine vollständige Gestalt wahrzunehmen.


Gesetz der Geschlossenheit

Trotz fehlender Teile ist es leicht, das dargestellte Wort zu erkennen [54].

Gesetz der Einstellung

Je nach Kontext oder Umgebung können wir ein und dasselbe Bild verschieden wahrnehmen [49] [54].

**Gesetz der Einstellung**

Wenn wir waagrecht lesen, nehmen wir das Zeichen in der Mitte als eine „13“ wahr, wenn wir aber senkrecht lesen, nehmen wir das gleiche Zeichen als ein „B“ wahr [49].

Mentale Modelle

Wenn wir ein Objekt zum allerersten Mal sehen und absolut nichts über dieses Objekt wissen, haben wir trotzdem eine Vermutung, was es sein könnte, welche Funktion es haben könnte und wohin es gehören könnte. Diese Vermutung könnte sich dann als richtig oder auch gänzlich falsch erweisen. Die Frage dabei lautet, wie diese Vermutung entsteht. Wir entwickeln Muster und Modelle von allem, was wir in unserer Umgebung sehen, die so genannten „mentalen Modelle“. Wir ordnen jeder bestimmten, sichtbaren Struktur (Syntax) die wir kennen, eine bestimmte Funktion (Semantik) zu. Aus der Kombination dieser beiden bilden wir ein Modell, das als die Basis unserer Vermutung dient, wenn wir ein neues Objekt sehen [49]. Beim Design einer UI ist es deshalb sehr wichtig sich zu überlegen, wie die

Benutzer ihre mentalen Modelle daraus entwickeln würden, und es ist darauf zu achten, ihnen diesbezüglich keinen falschen Hinweis zu geben [20]. (siehe auch Kapitel „Raum als Schnittstelle; Was hat Raum an sich?“)

Mensch als Benutzer

Das Wichtigste bei der Gestaltung des Raums als interaktive Schnittstelle zwischen Mensch und Computer ist es, den Benutzer und seine Interessen, Bedürfnisse, Kenntnisse, Fähigkeiten und Gewohnheiten zu kennen, denn das Ziel ist die Umgebung so weit wie möglich an den Benutzer anzupassen (und nicht umgekehrt). Menschen haben zwar viele Gemeinsamkeiten, wonach man sie in einzelne Benutzergruppen einteilen kann, jeder Mensch ist aber trotzdem einzigartig. Daher wäre es ideal, wenn die UI sich an individuelle Interessen und Bedürfnisse der Menschen anpassen könnte [33]. Auch wenn die Anpassung nicht so weit reicht, braucht jeder Mensch einen gewissen Freiraum bei der Interaktion. Wenn alles vom Designer vorbestimmt wird, macht die Anwendung dem Benutzer nicht so viel Spaß wie wenn er selbst mitgestalten kann. Wenn man sich dem Computer untergeordnet fühlt, bedeutet dies wahrscheinlich das Ende der Interaktion, auch wenn bei der Vorgestaltung immer die beste Wahl getroffen wurde [16] [15]. Je konkreter die Benutzergruppe definiert ist umso einfacher ist es, das passende Design für sie zu finden. Die Schüler einer Klasse zum Beispiel sind alle ungefähr im selben Alter und verfügen mehr oder weniger über die gleiche Ausbildung und Kenntnisse. Am schwierigsten wäre es, wenn der Benutzer jeder sein könnte, wie es oft in einem öffentlichen Raum der Fall ist. Die Bedienung eines Geldautomaten sollte beispielsweise wirklich jedem intuitiv gelingen. Hier werden sich die Gemeinsamkeiten auf sehr allgemeine Faktoren beschränken, nämlich auf das was jeder kann und weiß. Dabei kann man aber dennoch Benutzergruppen feststellen, wie zum Beispiel die deutschsprachigen Benutzer.

Verhaltensmodelle

Ein wesentlicher Teil der Forschung im Bereich Ubicomp studiert und beobachtet den Ablauf menschlicher Alltagsaktivitäten und stellt für bestimmte Aktivitäten bestimmte Muster fest. Zum Beispiel wie ein Mensch täglich isst, seine Medizin einnimmt, sich innerhalb des Hauses bewegt, Geschirr wäscht oder fernsieht. Die Feststellung verschiedener menschlichen Aktivitäten ist die wichtigste Basis eines kontextbewussten Systems. Zurzeit sind aber die Möglichkeiten diese zu modellieren nur auf einfache Aktivitäten beschränkt. Das Ergebnis sind entweder grob vereinfachte Applikationen oder Applikationen, die Vieles in ihrem Kontextbewusstsein falsch machen. Das heißt für die Forscher, dass sie sich auf zwei Ziele konzentrieren müssen: Erstens soll man versuchen bessere, authentischere Modelle von Benutzeraktivitäten aufzubauen; Zweitens müssen die Applikationen ihren Benutzern mehr Unterstützung bei der Fehlerbehandlung anbieten. Dey et al versuchen folgende Aktivitäten

der Benutzer zu modellieren: Wie und wann nehmen Benutzer an körperlichen Aktivitäten teil?; Wie fahren ältere Benutzer Auto?; Was gehört bei einer Familie mit zwei Einkommen zur Routine bzw. zur Ausnahme? In all diesen Fällen ist es natürlich nicht möglich, genaue Modelle herzustellen, denn das natürliche menschliche Verhalten hängt von sehr vielen verschiedenen Faktoren ab und ist mit so vielen Zufällen und Unregelmäßigkeiten verbunden, die man nicht voraussehen kann [20]. Bei einer anderen Studie über die Benutzeraktivitäten wurden die Fernsehgewohnheiten der Benutzer mit ihrer Gewohnheit bezüglich Internetbenutzung verglichen. Folgendes wurde festgestellt: Die Interaktion bei diesen Aktivitäten findet auf zwei völlig verschiedene Arten statt. Fernsehen findet eher passiv statt im Gegensatz zur Tätigkeit des Internetsurfens, wo der Benutzer den Ablauf aktiv bestimmt. Demnach würde man wahrscheinlich den Internetzugang eines Fernsehsers (wenn er einen hätte) nicht zum Internetsurfen benutzen[40].

Zusammenfassung

Ubiquitous Computing bringt die Computer in den Alltag hinein, somit spielt die Benutzerfreundlichkeit beim Design eine größere Rolle denn je. Traditionelle Computernutzung betrifft nur eine beschränkte Anzahl von Menschen. UbiComp betrifft aber jeden und überall. Daher ist es von Vorteil, über menschliche Wahrnehmung und Gestaltpsychologie soviel wie möglich zu wissen und dieses Wissen in das UI-Design mit einzubeziehen. Um interaktive Systeme an die Bedürfnisse der Menschen anzupassen, können wir für bestimmte Benutzer bestimmte Verhaltensmuster feststellen (Verhaltensmodelle).

Einbindung interaktiver Technologie in den Raum

Dieses Kapitel beschäftigt sich damit, wie verschiedene, interaktive Technologien in den Raum eingebunden werden können. Dabei versuche ich folgende Fragen zu beantworten: Wie kann man die Interaktion in einem Raum fördern? Wie kann man verschiedene Kategorien für Benutzer, Räume und interaktive Technologien festlegen? Wie kann man auf Basis dieser Kategorien verschiedene Muster (Patterns) der Interaktion feststellen? Darauf folgen ein paar Szenarien und Beispiele für interaktive Technologie.

„Auf dem Weg zur "multimedialen Stadt" werden aber jetzt Neubauten entworfen, die nicht nur, wie oben beschrieben, "Datenträger", sondern selbst begehbare Monitore sein sollen. Diese multimedialen Gebäudechamäleons können sich, je nach Software, von einem Zustand in den nächsten wandeln. Derartig konzipierte Gebäudehüllen geben sich ein ständig wechselndes architektonisches, werbliches oder gar bewegliches Erscheinungsbild. Ganze Straßenzüge könnten sich so saisonal chinesisch, barock oder dschungelhaft grün präsentieren: Linz könnte endlich wie Wien aussehen, per Knopfdruck!“ (Bannwart, 94)

Eine durchaus interessante und vor allem sehr ambitionierte Vision. Vielleicht wird das Leben in der Zukunft einmal so aussehen. Ich möchte mir aber im Moment über konkretere Dinge Gedanken machen. Über einfache alltägliche Aufgaben, die wir uns stellen, was wir bei der Arbeit oder zu Hause zu erledigen haben und dergleichen. Computer sind schon seit langem in unseren Alltag eingedrungen, ob wir es wollen oder nicht, wir müssen nun damit leben. Unzählige unterschiedliche Geräte die wir jeden Tag benutzen, tragen einen integrierten Computer in sich. Fast jeder hat irgendwelche Handhelds in der Tasche. Kameras und Displays sind fast überall in der Stadt und in vielen Gebäuden zu sehen. Computer sind zwar überall und in jeder Form zu finden aber nicht für jeden zu benutzen. Der Grund dafür sind nicht etwa die damit verbundenen hohen Kosten (zumindest nicht in Europa), sondern vielmehr die Tatsache, dass die Geräte zu kompliziert zu bedienen sind, oder man es einfach nicht gewohnt ist, sie an bestimmten Orten oder für bestimmte Aufgaben zu benutzen. Computer sollten uns bei welcher Aufgabe auch immer unterstützen oder zur Unterhaltung dienen. Wenn wir sie als lästig empfinden, die Bedienung uns zu mühsam ist oder wir sogar manche Funktionen eines Geräts gar nicht entdecken, ist beim Design etwas falsch gelaufen. Eine gute UI muss intuitiv zu bedienen sein. Ubicomp verspricht uns einen so intuitiven Umgang mit den Computern wie mit dem alltäglichen Leben. Das bedeutet eine derartige Integration interaktiver Technologie in unsere Lebensräume, dass diese für den Benutzer sogar unsichtbar wird [3]. Wir werden immer und überall Zugang zu Information haben, die wir brauchen, ohne uns mit komplizierten UIs beschäftigen und aufhalten zu müssen. Das

kann aber nur dann funktionieren, wenn die UI, in diesem Fall der Raum, optimal gestaltet ist, anderenfalls ist es die Information, die unsichtbar wird, nicht der Computer. [8] [15] [40] [41]

Interaktion, die Herausforderung für Design

Ubicomp Systeme bieten ein neues Modell der Interaktion zwischen Mensch und Computer an, indem sie überall und für jeden einen ununterbrochenen Zugriff auf Informationen ermöglichen. Die Interaktion sollte nicht mehr nur an einem Desktop sondern überall und ständig statt finden [27]. Eine moderne Technologie ist aber nicht die einzige Voraussetzung einer interaktiven Technologie. Wenn wir die Interaktion fördern wollen, müssen wir auch die UI dafür entwerfen. Nur ein sinnvolles Design kann auch eine sinnvolle Interaktion zwischen Benutzer und Computer ermöglichen [51]. Eine UI hat wie jedes andere Objekt an sich keinen Sinn für uns, wenn wir keine Anwendung dafür finden. Nur durch eine Anwendung finden wir in Aktivitäten und Objekten einen Sinn [15]. Larry Friedlander erklärt als Beispiel einer nicht gelungenen, interaktiven Ausstellung, wie die Besucher, die modernen eleganten UIs, die ihnen viele Informationen vermitteln konnten ignoriert haben, weil sie diese Informationen nicht sinnvoll bewerten konnten. Er erklärt weiter: Eine Technologie, die uns einfach nur Informationen liefert, hat für uns nicht unbedingt einen Sinn, wenn man nicht weiß, was man mit diesen Informationen anfangen kann, und wenn man keine Anwendung dafür findet. Die Herausforderung für das Design ist nun die Information in brauchbares Wissen umzuwandeln [51]. Wenn beispielsweise mein Mobiltelefon auch Zugang zur Datenbank einer großen Bank hätte, würden diese Informationen (leider) nie für mich von Nutzen sein, denn ich würde diesen Zugang nie entdecken. Er passt nämlich einfach weder in den Kontext des Telefonierens noch zu einer anderen Funktion, die ich von einem Handy kenne. Wenn mir aber jeder verpasste Anruf mit Datum und Uhrzeit angezeigt wird, brauche ich nicht darüber nachzudenken, was ich möglicherweise mit dieser Information anfangen könnte. Um dem Design einen Sinn zu geben, muss sich der Designer die Erfahrungen und Bedürfnisse der Benutzer vorstellen, und die Interaktion nicht als eine Reihe von einzelnen voneinander unabhängigen Angeboten sondern als eine Kette von Abläufen sehen, die durch den Kopf eines bestimmten Menschen gehen können [51].

“The designer’s neatly constructed hierarchies of choices may make logical sense, but those choices must cohere in the user’s consciousness as some recognizable form, as a purpose or explanation or scenario. If not, such an endless progression of choices and data will only leave the user confused and unsatisfied.” (Larry Friedlander, 1995)

Wenn die ganze Umwelt der Menschen als eine interaktive UI dienen sollte, müsste das Design dieser UI vor allem auf der Basis der bestehenden alltäglichen Szenarien aufbauen. Ein menschen-zentriertes Design kann und darf unser Wissen und unsere Wahrnehmung

beeinflussen und erweitern. Dabei muss es aber den Benutzern immer die Freiheit lassen, Dinge auch selbst zu ändern und diese an sich und ihre Bedürfnisse anzupassen [56].

Um eine optimal interaktive Umgebung zu gestalten, müssen wir beim Design an ein gesamtes dynamisches System denken, zu dem nicht nur die bloßen Einzelteile sondern auch die Interaktion zwischen den Bestandteilen gehören [48]. Bestandteile dieses Systems wirken stets gegenseitig aufeinander. Ändert man einen Teil, so könnten sich die anderen auch ändern. Eingebettete digitale Technologie ist eine relativ neue Komponente in unserer Umgebung, die teilweise ganz starke Veränderungen in unserem Leben (-sraum) mit sich bringen kann. Die Wahrnehmung eines Raums, sein Aufforderungscharakter und als Folge die Interaktion zwischen den Menschen und dem Raum werden sich alle durch die neue eingebaute Technologie ändern. Das kann die Möglichkeiten/Funktionen eines Raums erweitern, neue Möglichkeiten bieten, aber auch in manchen Fällen neue Beschränkungen mit sich bringen (Überwachung). Das Ziel ist natürlich die Umgebung so zu ändern, dass sie optimal an Menschen angepasst ist. Trotzdem passen sich teilweise noch immer die Menschen an die Umgebung an (Brillen im normalen oder 3D Kino). Auf jeden Fall ist es notwendig, sich gewöhnliche, alltägliche Szenarien und sinnvolle Folgen von Interaktionen zu überlegen, um die Interaktion zu fördern.

Die Änderungen die Computer in unsere Umgebung bringen, können kurz- oder langfristig wirken. Zum Beispiel änderte die Installierung der Infoscreens in den U-Bahnstationen sofort die örtliche Verteilung der wartenden Fahrgäste. Die meisten standen in der Nähe einer Infoscreens, um sie besser zu sehen. Diese Wirkung blieb auch langfristig erhalten. Manchmal ist die kurzfristige Wirkung aber anders als die langfristige: Kurz nach Einführung der Internetterminals auf öffentlichen Plätzen waren die Menschen neugierig und beschäftigten sich eine Weile damit. Langfristig stellte sich jedoch heraus, dass sie doch kein gutes Portal für Internetzugang sind. Eine langfristige Wirkung kann GPS auf die Verteilung der Autos in einer Stadt haben. Autofahrer entdecken mit Hilfe ihres GPS immer mehr neue Routen, daher werden wahrscheinlich die Autos langfristig anders in der Stadt verteilt sein. Noch ein Beispiel für eine langfristige Wirkung wären die Werbeplakate in der Stadt. Bei diesem Beispiel kann man auch eine Reihe von Interaktionen zwischen Menschen und ihrer Umgebung beobachten:

Die Strassen und die Autobahnen sind klarerweise gebaut, um als Infrastruktur zu dienen und nicht als Platz für Werbung. Unsere Lebensart und die Gewohnheit, viel mit dem Auto zu fahren, machen die Strassen aber zum perfekten Platz um Werbeplakate aufzustellen. Je nach Verkehrsregeln und Fahrgewohnheiten in einer Stadt oder Region (Geschwindigkeit, Ampeln, Stau, Grenzkontrolle, Tankstelle) und je nachdem, wo und von welcher Entfernung man das Werbeplakat beobachten kann, erweist sich ein Platz als besser oder schlechter für bestimmte Plakate. Die Werbung lässt wiederum die Stadt anders aussehen und wirkt auf Menschen auf

unterschiedliche Art und Weise. Sie trägt auch allgemein zum Ambiente einer Stadt bei. Wenn man vom Flughafen Schwechat nach Wien fährt, sind die auf beiden Seiten der Autobahn aufgestellten Werbeplakate das Erste, das man von Wien sieht. Werbung kann von den Menschen je nach Geschmack als unauffällig, provokant, schön, lustig, interessant, unschön oder lästig empfunden werden. Wenn eine Werbung richtig auffällig ist, könnte sie sogar die Autofahrer dazu bringen, langsamer zu fahren. Die Werbung kann die Aufmerksamkeit der Autofahrer wecken oder sie gefährlich ablenken.

Mir fällt auch ein Beispiel ein, wie der Einsatz eines kleinen Multimediageräts ein paar deutliche Änderungen (wenn auch keine so drastischen) ins Leben betroffener Menschen brachte. In einem Studentenheim, in dem damals meine Freundin wohnte, gab es einen Fernsehraum, dessen Fernseher einmal gestohlen wurde. Als Gegenmaßnahme wurde im Raum eine Videokamera zur Überwachung installiert. Ein deutliches Ergebnis war, dass der neue Fernseher an seinem Platz blieb. Diese Maßnahme wirkte aber auch auf das Verhalten der Raumbenutzer. Manche hielten sich danach seltener, manch andere öfter in diesem Raum auf. Der Raum war besser aufgeräumt und es lagen zum Beispiel weniger leere Bierflaschen am Boden. Das heißt, dass sich die Funktion des Raums teilweise durch die Überwachungskamera geändert hatte. Dieser Raum war vorher nicht nur ein Platz zum Fernsehen sondern auch zum Entspannen, zum Treffen mit anderen Menschen und zum Feiern. Die Kamera unterstützte die Hauptfunktion (Fernsehen), störte aber teilweise die anderen Funktionen. Manche Benutzer konnten sich vielleicht vor der Überwachungskamera nicht gut entspannen oder wollten nicht gerne feiern. Ich kann mir vorstellen, dass diese kleine Videokamera für viele Benutzer in diesem Raum eine sehr negative „Aufforderung“ zur Ordnung bedeutete und so hatte sie den Raum für diese Benutzer von einem „anziehenden“ in einen „abstoßenden“ Bereich verwandelt (siehe Kapitel „Raum als Schnittstelle; Aufforderungscharakter“) [48]

Wie sollten nun die Lebens- bzw. Arbeitsräume aussehen, wenn wir den ganzen Raum in eine interaktive Schnittstelle zu Multimedia umwandeln? Wie würde das Leben und Arbeiten in solchen Räumen aussehen? Um eine Vorstellung davon zu bekommen, nenne ich ein Beispiel: Ich möchte ein paar mp3-Files von meinem PC auf den mp3-Player kopieren. Dafür muss ich natürlich zuerst den mp3-Player an den PC anschließen, den Explorer öffnen, die gewünschten Files suchen, sie dann von einem Verzeichnis in das andere kopieren. Was wäre nun, wenn ich das „drag and drop“ nicht mit der Maus und auf dem Desktop sondern einfach in meinem Wohnzimmer durchführen könnte, indem ich Gegenstände (zum Beispiel meine Schlüssel) im Raum von einem Punkt zum anderen (zum Beispiel vom Schreibtisch zum Sessel) bewegen und dadurch bestimmte Dateien kopieren und transportieren würde (siehe Beispiele, i-Land)? Die Informationstechnologie könnte in die Raumbestandteile wie Wand, Tür, Boden, etc. sowie in die Raumeinrichtung wie Tisch, Sessel, etc. integriert werden, sodass diese als Schnittstelle für die Interaktion zwischen Mensch und IT dienen [5].

Mensch, Raum und die im Raum integrierte Technologie sind drei Bestandteile eines Mensch-Umwelt-Systems. Im Folgenden teile ich diese jeweils in Kategorien ein. Diese Kategorien können als Kontextinformationen in ein interaktives System hineinfließen und die Art der Interaktion bestimmen (siehe Kapitel „Ubiquitous Computing; Was ist Kontext?“).

Mensch

Anzahl: einzelner/mehrere/Masse

Beziehung zwischen Benutzern: fremd/bekannt/Mitarbeiter/Chef/...

Altersgruppen: Kleinkind: 0-5; Kind: 6-10; Teenager: 11-19; Erwachsene;...

Ausbildung und Beruf: Hauptschule/Matura/Uni/Fachleute/nicht

Fachleute/Schüler/Pilot/Koch/...

Körperhaltung bei der Interaktion: stehend/gehend/sitzend/liegend/etc.

körperlicher und gesundheitlicher Zustand: gesund/krank/behindert (taub, blind,...)

Raum (architectural Space)

Privat/öffentlich

Raumfunktion: Wohnraum/Arbeitsraum/Freizeitraum/Infrastruktur (Strasse, Tunnel)/etc.

permanent/temporär (Gebäude, Zelt, Bühne,...)

immobil/mobil (Auto, Wohnmobil, Zug, Flugzeug)

innen/außen/Verbindung zwischen anderen Räumen

Größe: klein (für 1-5 Personen: Auto, Campingzelt); mittel (für 5-50 Personen: Wohnzimmer, Schulklasse); groß (für 50-500 Personen und größer: Hörsaal, Kino, Konzerthalle,

Fußballstadion)

in Verbindung mit anderen Räumen (Wohnzimmer eines Hauses)/Einzelraum (Auto, Zelt)

[92]

Interaktive Technologie

Modalität: Audio/Video/Haptik/...

Kommunikation/Kollaboration/Interaktion

für einzelne/mehrere/Massenbeteiligung

Mensch mit Maschine/Mensch mit Umgebung (inkl. Menschen)

autoritäre/antiautoritäre

vernetztes/singuläres Arbeiten [79]

In jeder Domäne kann man die Eigenschaften der Benutzergruppe (Mensch), der Umgebung (Raum) und der notwendigen Technologie sowie die gewöhnlichen, alltäglichen Abläufe zwischen ihnen feststellen und darauf basierend verschiedene Patterns für die Interaktion definieren [78] [80].

Interaktionspatterns

In interdisziplinären Bereichen ist meistens die Kommunikation ein wesentliches Problem. Den Experten verschiedener Gruppen fehlt eine gemeinsame Terminologie für den Austausch ihrer Ideen, Meinungen und Erfahrungen. Es gibt verschiedene Versuche, das Wissen, die Methoden und die Erfahrungen von Experten aus verschiedenen beteiligten Bereichen (HCI, Software Engineering und der jeweiligen Applikationsdomäne) in einer Pattern-Sprache zusammenzustellen und diese als gemeinsame Beschreibung verschiedener Patterns zu verwenden (Pattern-Sprache) [81]. (siehe auch Kapitel „Ubiquitous Computing; Patterns für Ubicomp“.

In einer bestimmten Domäne können nach Eigenschaften der Benutzergruppen, nach Aufgaben und Aktivitäten, mit denen sie sich beschäftigen, sowie nach den Benutzungsumgebungen und den Technologien, die in der Interaktion involviert sind, verschiedene Patterns für das Design interaktiver Applikationen beschrieben werden. [78] [80]

Es gibt unterschiedliche Methoden, Patterns zu definieren. Wichtig ist, dabei ständig die gewohnten, alltäglichen Abläufe und Benutzerverhalten im Auge zu behalten. Hemmings et al beschreiben dies beim Erstellen von Patterns für Einstellungen von Heimapplikationen (domestic settings). Sie versuchen die wirklich existierenden Muster (real world patterns) festzustellen und diese beim Erstellen von Patterns mit einzubeziehen. In einem Haushalt gibt es Routineabläufe, nach denen die Einwohner ihr tägliches Leben führen. Beispielsweise benutzt man am Morgen zuerst das Badezimmer, dann frühstückt man in der Küche bevor man in die Arbeit fährt. Diese Routineabläufe passieren in verschiedenen Teilbereichen einer Umgebung; in einem Haus sind zum Beispiel diese Teilbereiche das Badezimmer, die Küche, das Wohnzimmer, usw. In jedem Teilbereich werden bestimmte Technologien verwendet, zum Beispiel die Dusche oder Zahnbürsten im Badezimmer, oder Herd, Toaster und Wasserkocher in der Küche. Die Routinetätigkeiten können als Basis für die Definition verschiedener Patterns verwendet werden [80].

Arvola beschäftigt sich mit computer-unterstütztem kooperativem Arbeiten (computer supported cooperative work, cscw) und beschreibt verschiedene Patterns in diesem Bereich. Dabei stellt er verschiedene Probleme fest und schlägt mögliche Lösungen vor. Hier sind zwei Beispiele für seine definierten Patterns:

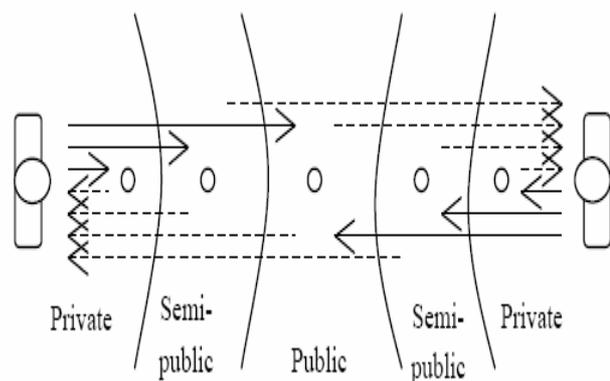
Beispiel: Pattern 1, Privatbereich am Arbeitsplatz (Workspace with privacy gradient)

Problem: Am Arbeitsplatz müssen Teile der Arbeit von einzelnen Mitarbeitern alleine und Teile mit den anderen gemeinsam erledigt werden. Für die Teile die man alleine bearbeitet, braucht man einen Privatbereich, wo man ungestört arbeiten kann, ohne von den anderen

abgelenkt zu werden. Für die gemeinsam zu erledigenden Teile braucht man gemeinsame Bereiche, wo alle beteiligten Platz finden und zusammenarbeiten können. Bei der gemeinsamen Arbeit werden Teile der einzelnen Arbeiten gebraucht und umgekehrt.

Bei diesem Problem sind vier Interaktionseigenschaften festzustellen: Partizipation (Mitarbeiter nehmen am gleichen Projekt teil.), Autonomie (Jeder erfüllt seine eigenen Aufgaben auf seine eigene Art.), Improvisation (Es ist nicht möglich im Voraus festzulegen, was bei einem Zusammentreffen passieren würde.) und Höflichkeit (den anderen nicht zu Nahe zu treten und deren Autonomie und Privatbereich zu respektieren).

Lösung: Den Mitarbeitern in kleinen Gruppen Arbeitsplätze anzubieten, wo sie leicht und schnell Informationen aneinander weitergeben, dabei aber den eigenen privaten Bereich behalten können. Um diese Lösung umzusetzen hat man drei verschiedene Arbeitsbereiche definiert: private, semi-private und öffentliche. Im privaten Arbeitsbereich arbeitet jeder einzelne Mitarbeiter an Objekten, die für ihn von Bedeutung sind und von ihm gesteuert werden, vor den anderen Mitarbeitern aber versteckt bleiben. Im semi-privaten Arbeitsbereich kann die Arbeit des einzelnen Mitarbeiters von allen anderen beobachtet werden. Die Arbeit, die in diesem Bereich vom einzelnen Teilnehmer geleistet wird, ist jeweils für ihn selbst die hervorstehende Arbeit, für die anderen aber gehört sie nur zum Randgebiet (peripheral). Der semi-private Bereich gibt jedem Informationen darüber, was die anderen Mitarbeiter bearbeiten. So können sie alle ihre Arbeit aufeinander abstimmen (coordinate). Im öffentlichen Bereich können die Mitarbeiter gemeinsam an denselben Objekten arbeiten [78].



Um die Arbeitsumgebung optimal zu gestalten, wurde ein Muster der Arbeitsweise der Teammitglieder festgestellt (Pattern), der Arbeitsbereich wurde dann dementsprechend in drei Teilgebiete aufgeteilt: Private (1), Semipublic (2), und Public(3) [78].

Beispiel: Pattern 2, Drop Connector

Problem: Innerhalb eines Systems, das aus einer Verbindung verschiedener Netzwerke und Geräte besteht (zum Beispiel aus der Kombination mobiler und stationärer Geräte) müssen die Benutzer manchmal Objekte von einem Punkt (Netzwerkknoten) zum anderen verschieben oder kopieren.

Bei diesem Problem sind folgende Eigenschaften in der Interaktion gefragt: Der Ablauf muss schnell, ohne explizite Vorbereitung und übergangslos erfolgen, ohne dass der Benutzer die dahinter versteckten Funktionen bemerkt. Dementsprechend sollte z.B. das Kopieren nicht als eine explizite Aufgabe wahrgenommen werden. Plattformunabhängigkeit: Den Benutzern soll es möglich sein, viele verschiedene Geräte mit verschiedenen Betriebssystemen innerhalb dieser „Peer to Peer“ Verbindung anzuwenden.

Lösung: „Drop Connector“ kann für diesen Zweck verwendet werden, wenn die beteiligten Geräte eine angemessene Auflösung haben, die das „drag and drop“ möglich macht. Wenn die Benutzer den „Drop Connector“ anwenden, sehen sie auf ihrem Desktop eine graphische Darstellung verschiedener Geräte, die sich im Netzwerk befinden. Sie können dann verschiedene Objekte von ihrem Desktop einfach durch „drag and drop“ auf jedes dieser Geräte kopieren und diese Objekte werden auf dem Display vom Zielgerät erscheinen. „Drop Connector“ erzeugt eine extra Komponente für die GUI, die weder zum lokalen Betriebssystem noch zur Netzwerkverwaltung gehört [78].

Szenarien und Beispiele

Schon seit den neunziger Jahren gab es interessante Forschungsprojekte im Bereich Ubicomp. Seitdem hat es sehr viele verschiedene Ideen, Entwürfe, Beispiele und entwickelte Szenarien darüber gegeben, wie unser zukünftiges Leben mit Computern aussehen würde. Dazu gehören zum Beispiel intelligente Räume, die sich an ihre Benutzer anpassen (Beleuchtung, Temperatur, etc.) [33], oder ein smarterer Medizinschrank, der seinen Benutzer über die richtigen Dosen, Nebenwirkungen, Kontraindikationen und Verfallsdaten berät, wenn er irgendwelche Medikamente aus dem Schrank nimmt (Die Verpackungen müssten natürlich mit RFID versehen sein) [16]. Ein weiteres Beispiel dafür sind auch smarte Autos, die aktiv in den Ablauf des Fahrens eingreifen, versuchen Unfälle zu verhindern und die Autofahrer bei Notfällen unterstützen. So kann etwa durch Beobachtung des Fahrers [36] oder der Fahrbahn (Abweichungen) eine mögliche Müdigkeit oder Unaufmerksamkeit des Fahrers festgestellt werden und entweder der Fahrer durch Geräusche aufmerksam gemacht oder automatisch die Kontrolle übernommen werden, um auf derselben Fahrbahn zu bleiben [16].

Ob, und welche von diesen Ideen auch realisiert werden und welche nur Spekulationen bleiben ist noch unklar, denn wie erwähnt, liegt die Realisierung nicht nur an der notwendigen

Technologie sondern auch sehr stark an Akzeptanz und an ökonomischen Aspekten [16]. Im Folgenden werde ich einige dieser Beispiele und Szenarien beschreiben.

Szenario, Maria die Geschäftsreisende

Maria ist gerade in ihrem Hotelzimmer in einer fernöstlichen Stadt angekommen. Sie ist auf einer Geschäftsreise. Maria weiß, dass sie nicht mehr wie vor zehn Jahren eine Reihe von verschiedenen Geräten mit sich tragen muss (Laptop, mobiles Telefon, PDA und manchmal Projektor und Printer), wenn sie in dieses Land reist. Ihr Datenverarbeitungssystem ist auf ein sehr personalisiertes Kommunikationsgerät reduziert, das sie am Handgelenk trägt: ihr „P-Com“. In diesem Land ist seit einem Jahr ein ambitioniertes „Ambient Intelligence“ Infrastrukturprogramm in Betrieb genommen worden. Auch ihr Visum hat sie über dieses System bekommen und sie wurde daher nicht am Flughafen aufgrund von Formalitäten wie der Passportkontrolle usw. aufgehalten. Ihr P-Com hatte für ihre Identifizierung gesorgt, genauso wie für die Hotelbuchung und den Autoverleih. Ihr P-Com hatte ihr auch den Weg zum Hotel gezeigt.

Sobald sie den Raum betritt, wird eine Auswahl über die Raumtemperatur, Beleuchtung, Musik und Videos an der Videowand eingeblendet. Sie trifft ihre Wahl mit einer Spracheingabe (voice command). Später will sie ihre Präsentation für den nächsten Tag bearbeiten. Wieder stellt sie durch Spracheingabe die Beleuchtung ein, und bestellt sich auch ein Bad. Dann ruft sie über die Videowand ihre Tochter an. Während sie telefoniert durchsucht sie auch mit einer traditionellen Fernbedienung eine Liste der Webcasts mit Nachrichten über ihre Heimat, über die ihre Tochter gerade spricht. Sie sehen sich die Nachrichten zusammen an.

Später lokalisiert sie ihre Präsentation mit Hilfe eines Software-Agents, der auf Beratung in lokalen Präferenzen (zum Beispiel Sprache) spezialisiert ist. Sie speichert die Präsentation am gesicherten Server am Firmenhauptsitz in Europa. Im Seminarraum des Hotels kann sie dann eine verschlüsselte Version der Präsentation abrufen und sie mit einer Entschlüsselung versehen, die nur bis 1.5 Minuten nach der Präsentation gültig ist. Die Präsentation ist für sie eine hochstressige Situation. Wenn sie den Seminarraum betritt, erhöht sie die Grenzen ihrer Kommunikationsstufe, damit alle Nachrichten außer den sehr dringenden (rote Stufe) während des Seminars blockiert werden. Wenn sie aus dem Seminarraum kommt, stellt sie die Kommunikationsstufe wieder auf normal zurück (gelbe Stufe). Sie bekommt eine Warnung von ihrem Kardio-Monitor, die ihr mitteilt, dass sie sich jetzt ein bisschen ausruhen soll [33].

Dieses Szenario ist eine Erweiterung der heute existierenden Technologien und Anforderungen an unsere elektronischen Geräte wie Laptop, mobiles Telefon, usw. Ambient

Intelligence bietet der Geschäftsreisenden viele Dienste an. Das funktioniert intuitiv und unauffällig im Hintergrund. Sie muss sich nicht für jeden Schritt den Vorgang oder die Gerätefunktionen überlegen. Das lässt sie frei, um sich auf ihre tatsächliche Aufgabe zu konzentrieren. Aus menschlicher Sicht scheint dieses System allerdings nicht perfekt zu sein. Maria hat einen stressvollen Job und hat auf ihrer Reise abgesehen von Geschäftskontakten kaum mit Menschen zu tun [33].

i-Land

Die Idee von i-Land ist im Frühjahr 1997 entstanden. Streitz et al hatten die Vision einer innovativen, interaktiven Umgebung. Sie beschrieben sie als den Arbeitsplatz der Zukunft. Eine Arbeitsumgebung die eine kooperative Arbeit dynamischer Teams unterstützt. i-Land fordert und bietet eine neue Art der Mensch-Maschine-Interaktion an sowie neue Arten von computer-unterstützter, kooperativer Arbeit. Das Design von i-Land basiert vor allem auf Integration von Information und Raum (architectural space). I-Land besteht aus mehreren „Roomware“ Komponenten [71] [82]. Streitz et al beschreiben das Roomware so:

„Mit Roomware® bezeichnen wir Raumelemente wie Wände, Türen, Möbel (z.B. Tische und Stühle), in die Informations- und Kommunikationstechnik integriert ist. Dabei wird der Ansatz verfolgt, dass die Welt um uns herum zum Interface, zur Schnittstelle für die Interaktion mit Informationen und für die Kooperation zwischen Menschen wird. IuK-Technik übernimmt dabei die Rolle, unsere reale Umgebung anzureichern. Der Computer tritt bei diesem Ansatz aber als Gerät in den Hintergrund und wird quasi unsichtbar. Die Funktionalität, die der Computer bereitstellt, ist trotzdem überall zugänglich und verfügbar. Damit geht der Roomware-Ansatz über die eingeschränkte Verwendung von Arbeitsplatzcomputern auf dem Schreibtisch weit hinaus.“ [5]

In den Jahren 1997 und 1998 wurde am GMD-Institut für Integrierte Publikations- und Informationssysteme (GMD-IPSI), jetzt „Fraunhofer Institut (IPSI)“, die erste Version von i-Land entwickelt. Diese Version bestand aus einer interaktiven, elektronischen Wand: *DynaWall*, einem interaktiven, elektronischen Tisch: *InteracTable* und mobilen, vernetzten Sesseln, *CommChairs* [82].

Die Roomware-Komponenten müssen miteinander verbunden und vernetzt sein, damit eine synchrone Kollaboration mit gemeinsamen, über das ganze System verteilten Dokumenten möglich ist. Die Softwareinfrastruktur die dieses leistet nennt sich BEACH (the Basic Environment for Active Collaboration with Hypermedia). Sie wurde auch am GMD-IPSI entwickelt. Unter anderem bietet BEACH den Benutzern eine neue Art der Mensch-Maschine-Interaktion mit verschiedenen Roomware-Komponenten [70].

Bevor ich mit der Beschreibung dieser Komponente fortfahre, möchte ich zwei einfache Szenarien beschreiben, die unter anderem bei der Entstehung von i-Land mitgewirkt haben.

Szenario 1

Zwei Kollegen treffen sich zufällig im Korridor. Sie beginnen eine Diskussion, die letztendlich dazu führt, dass ein Kollege ein paar schnelle Skizzen und Bemerkungen auf die Wand zeichnet, um dem anderen Kollegen etwas zu erklären. Abgesehen davon, dass Skizzen an der Wand einer Firma wahrscheinlich nicht erwünscht sind, sind Wände auch kein geeignetes Mittel, um Informationen zu speichern und eventuell später bei einer anderen Diskussion zur Verfügung zu stellen. Es ist natürlich auch nicht möglich, zwischen diesen Skizzen und ähnlichen oder zugehörigen Informationsbereichen einen Link zu erstellen. In Zukunft soll all das möglich sein [82].

Szenario 2

Bei einer Gruppenarbeit kommt es oft vor, dass ein Team die Arbeit zwischen den einzelnen Mitgliedern aufteilt. Die Mitarbeiter trennen sich dann, sodass jede Person oder jede Untergruppe ihre eigenen, zugeteilten Aufgaben erledigen kann. Nach einiger Zeit, zum Beispiel am nächsten Tag, trifft sich das gesamte Team wieder zusammen und diskutiert die Ergebnisse, die dann als Basis für die nächste Phase der Kooperation dienen. In zeitkritischen Situationen wäre es sehr hilfreich, wenn man die Dauer verschiedener Meetings (vom gesamten Team und von den Teilgruppen) verkürzen könnte. Eine Alternative dazu ist, den Teilgruppen die Möglichkeit anzubieten, sich während eines Meetings im selben Arbeitsraum (project room) aufzuteilen, ihre Arbeit zu erledigen, sich wieder dem gesamten Team anzuschließen und gleich ihre Ergebnisse zusammenzufassen. Um die Computerunterstützung für dieses Szenario anzubieten, brauchen wir einen Arbeitsraum (project room) mit Komponenten und Ressourcen, die so flexibel sind, dass man sie dynamisch nach Bedarf konfigurieren kann, je nach dem welche Situation für die Teamarbeit benötigt wird. Wenn zum Beispiel das gesamte Team zusammenarbeitet, sitzen alle Teammitglieder zusammen vor einem großen Display. Ein Beispiel für Untergruppen wäre, dass einige Mitarbeiter ihre Sessel in einer Ecke des Raums zusammenstellen, ihre Aufgaben miteinander diskutieren und Ideen austauschen. Ein anderes Beispiel dafür wäre, wenn eine Untergruppe zu einem Meeting-Tisch geht, sich um den Tisch gruppiert und Diagramme und Tabellen betrachtet und editiert. Ein drittes Beispiel wäre, wenn eine Untergruppe zu einer großen Weißwandtafel geht und darauf Skizzen und Notizen zeichnet. [82]

Dynawall

Das Entwurfsziel von DynaWall ist es, ein computer-basiertes Gerät anzubieten, das die Bedürfnisse eines Teams abdeckt. Es gibt zum Beispiel in einem Arbeitsraum oft eine Wand, die mit vielen verschiedenen Papierstücken bedeckt ist und dem Informationsaustausch und der Organisation eines Projektes dienen soll. Dynawall ist eine interaktive elektronische Wand; ein EDV-Gerät mit einem Touchscreen. Die Version vom Jahr 1999 bietet ein 4.5 m breites und 1.1 m hohes Display, das eine ganze Seite eines Raums bedeckt. Die dafür entwickelte Software (BEACH) ermöglicht den Mitarbeitern eines Teams, gemeinsam und interaktiv mit großen Informationsstrukturen an der DynaWall zusammenzuarbeiten. Zwei oder mehr Personen können gleichzeitig, entweder gemeinsam oder einzeln und parallel, an Dynawall arbeiten. Die Größe der Dynawall bietet neue Herausforderungen für die Mensch-Maschine-Interaktion. Zum Beispiel wäre es sehr mühsam ein Objekt mit der Maus über vier Meter durch dieses Display zu ziehen. Streitz et al entwickelten bezüglich dieses Problems zwei Mechanismen:

„Take and Put“ ermöglicht es, die Informationsobjekte an einer Stelle vom Display herauszunehmen und ohne mit DynaWall in Kontakt zu bleiben, diese wo anders wieder auf das Display zu platzieren.

„Shuffle“ ermöglicht es, Objekte von einer Seite auf die gegenüberliegende Seite zu werfen (mit verschiedenen Beschleunigungen), wo diese von einem anderen Mitarbeiter gefangen werden können. Die notwendige Interaktion, um die Objekte zu verschieben oder zu löschen, erfolgt hauptsächlich durch Gebrauch von Gesten (gesture-based) und benötigt keine Umschaltung zwischen verschiedenen Modi. Diese Art von Interaktion wird durch die Gestenerkennung (gesture recognition), die BEACH anbietet, ermöglicht [71].

CommChair

CommChairs sind bewegliche Sessel mit eingebauten oder angeschlossenen Tablet PCs. Sie repräsentieren eine neue Art der Einrichtung, die Beweglichkeit und Komfort eines Sessels mit hoch entwickelter Informationstechnologie kombiniert. CommChair ermöglicht seinen Benutzern mit anderen Mitarbeitern, die in anderen CommChairs sitzen, vor der DynaWall stehen oder andere Roomware-Komponenten benutzen, zu kommunizieren und Informationen auszutauschen. Sie können in einem privaten Bereich Notizen machen, aber auch über das Netzwerk mit dem öffentlichen Bereich interagieren. Zum Beispiel können sie Anmerkungen an DynaWall einfügen. Die Funktionen die kooperative Mitbenutzung ermöglichen, werden durch BEACH angeboten. Um die Flexibilität und Beweglichkeit zu maximieren, ist jeder Sessel mit einem drahtlosen Netzwerk und unabhängiger Stromversorgung versehen [71].

In der ersten Generation wurden zwei Versionen von CommChairs entwickelt. Bei einer Version hat man die Möglichkeit seinen eigenen Laptop an CommChair anzuschließen, in der anderen Version ist ein integrierter Tablet PC eingebaut. In der zweiten Generation wurde CommChair komplett neu entworfen [71].

InteracTable

InteracTable ist ein beweglicher, interaktiver Tisch. Man kann ihn als Display für Entwürfe, für Diskussionen in Arbeitsgruppen oder für schreiben verschiedener Notizen an Informationsobjekten nutzen. Er wird von kleinen Gruppen bis zu sechs Personen benutzt, die um ihn gruppiert stehen. Benutzer können am InteracTable mit einem Stift schreiben und zeichnen oder durch Gesten (Stift oder Finger) mit Informationsobjekten interagieren. Für längere Texteingaben ist auch eine drahtlose Tastatur vorhanden. Der horizontale Aufbau von InteracTable und die Tatsache, dass die Benutzer um den Tisch an jeder Seite stehen können, ist ein Beispiel für einen Interaktionsbereich ohne eine vordefinierte Orientierung wie oben oder unten und rechts oder links, wie es bei einem vertikalen Display (PC Bildschirm) der Fall ist. Horizontale, runde und ovale Displays fordern eine neue Art der Mensch-Maschine-Interaktion. Streitz et al entwickelten spezielle Gesten in BEACH, mit denen man die Informationsobjekte verschieben und drehen kann. Dieses ermöglicht die Ansicht der Objekte von jeder Seite des Tisches. Ferner kann man eine zweite Ansicht von einem Objekt erzeugen und diese auf die andere Seite des Tisches verschieben, damit die Mitarbeiter, die auf der anderen Seite stehen, auch gleichzeitig die richtige Ansicht sehen und die Objekte parallel bearbeiten können [71].

In der ersten Generation wurde eine Projektoreinheit für die Wiedergabe benutzt. Ein Bild mit hoher Auflösung wurde von unten nach oben auf die Tischfläche projiziert. In der zweiten Generation wurde InteracTable komplett neu entworfen. Der Projektor wurde durch ein großes berührungsempfindliches (touch-sensitive) PDP (plasma display panel) mit einer Displaygröße von 65 × 115 cm und 130 cm Durchmesser ersetzt [71].

Passage-Mechanismus

Passage ist der Mechanismus, der die Verbindung zwischen physischen Objekten und virtuellen Informationsstrukturen herstellt und somit die Grenze zwischen realer und virtueller Welt überbrückt. Die so genannten Passengers ermöglichen ihren Benutzern auf große Informationsmengen schnell und direkt zuzugreifen und sie durch physische Repräsentanten (ein physisches Objekt, welches das Informationsobjekt repräsentiert) von einem Ort zum anderen zu tragen. Sie funktionieren als physische Bookmarks zu der virtuellen Welt. Um auf eine Datei zuzugreifen, ist es nicht mehr notwendig verschiedene Fenster zu öffnen, die hierarchischen Strukturen der Verzeichnisse zu durchsuchen, sich Sorgen darüber zu machen,

welche Geräte eingehängt (mounted) sind, usw. Passengers sind ein Konzept für kurze Verbindungen zum Inhalt eines Objekts. Sie bieten eine intuitive Art des Informationstransports zwischen Computern oder Roomware-Komponenten; zum Beispiel zwischen Büro und Seminarraum. Ein Passenger muss nicht ein spezielles Objekt sein, jedes eindeutig erkennbare physische Objekt könnte als ein Passenger funktionieren. Da die Informationsstrukturen nicht am Passenger gespeichert, sondern nur daran verknüpft (linked) werden, könnte man jedes Objekt in einen Passenger verwandeln: Eine Armbanduhr, einen Ring, einen Stift, Brillen oder jedes andere beliebige Objekt. Die einzige Beschränkung ist, dass sie durch das „Bridge“ identifizierbar und eindeutig erkennbar (unique) sein müssen.

Ein Passenger wird an ein so genanntes Bridge platziert, damit auf seinen virtuellen Inhalt zugegriffen werden kann. Der physische Teil des Bridge ist unter anderem am Rand des InteracTable eingebaut und auf dem Display ist der virtuelle Teil des Bridge zu sehen. Mit einfachen Gesten können die digitalen Informationen durch den virtuellen Teil übertragen oder abgefragt werden. Bridges sind in der Arbeitsumgebung überall eingebaut, um den ubiquitären und intuitiven Zugriff auf Daten und Informationen an jedem Ort im Firmengebäude zu garantieren (Cooperative Building). Zum Beispiel kann ein Bridge in einem InteracTable in der Cafeteria oder in einer DynaWall in einem Seminarraum eingebaut sein. Für die Identifizierung der Passenger entwickelten Streitz et al zwei Methoden. Die erste Methode ermöglicht die Anwendung jedes beliebigen Objektes ohne Vorbereitung und Markierung (tagging). Hier wird das Gewicht des Objekts als Identifikator verwendet, daher ist jedes Bridge mit einer elektronischen Waage ausgerüstet (0.1 g Genauigkeit). Die andere Methode verwendet elektronische Etiketten (tags). Jedes Bridge ist auch mit einem berührungslosen (contact-free) Identifikationsgerät ausgerüstet, das auf Basis der RFID Technologie funktioniert. RFID tags sind in physischen Objekten (Passengers) eingebaut, oder an diese angeschlossen. Damit kann jedes Objekt eindeutig identifiziert werden. Die Identifikation durch Gewicht bietet eine höhere Flexibilität und findet bei kurzfristigem Datentransport Anwendung. Die RFID Methode bietet eine höhere Zuverlässigkeit und wird für langfristige Zwecke verwendet [71].

Netzwerkinfrastruktur

Die Netzwerkinfrastruktur sorgt für die Verbindung zwischen verschiedenen Roomware-Komponenten und bietet damit den Benutzern die volle Leistung eines integrierten Systems an, während die Softwareinfrastruktur den Mitarbeitern eine ganze Reihe von Kooperationen und gemeinsamer Arbeit ermöglicht. Um die Mobilität der Mitarbeiter und der Roomware-Komponenten im ganzen Gebäude zu erhöhen ist es notwendig, sie an verschiedenen Orten identifizieren zu können. Das benötigt eine passende Sensorik- und Lokalisierungsinfrastruktur, zum Beispiel die Kombination eines LANs mit einem RFID-basierten drahtlosen Netzwerk (W-LAN). Zur Erhöhung der Flexibilität sind alle beweglichen

Roomware-Komponenten (CommChair) mit einer Antenne (mit PC-Karte) ausgerüstet und mit dem W-LAN verbunden. Die Computer jener Komponenten die an einem Platz befestigt sind (DynaWall), sind durch Kabel dem LAN angeschlossen, wobei auch eine Verbindung zwischen dem W-LAN und dem Ethernet (LAN) besteht. [71]

BEACH

Um den Anforderungen von i-Land gerecht zu werden, entwickelten Streit et al eine Softwareinfrastruktur, die sie BEACH (Basic Environment for Active Collaboration with Hypermedia) nennen. BEACH bietet eine Softwarearchitektur und eine UI, die an die Anforderungen der Roomware-Komponenten angepasst sind. Ferner müssen die Roomware-Komponenten mit einander vernetzt sein, damit eine synchrone Kollaboration mit gemeinsamen, über das ganze System verteilten Dokumenten möglich ist. Weitere Anforderungen an BEACH sind unter anderem: Ein Benutzer sollte mit verschiedenen Geräten oder Roomwares arbeiten können; Roomwares müssen dynamisch konfigurierbar sein; Eine Komponente soll gleichzeitig durch mehrere Benutzer genutzt werden können; Die Interaktion mit UI soll ohne Notwendigkeit der Umschaltung zwischen mehreren Modi erfolgen; Die Gestaltung der physischen Umgebung muss auch berücksichtigt werden (Integration in den Raum); UI muss an verschiedene Orientierungen und Formen der Displays angepasst werden [71].

BEACH hat eine Schichtenarchitektur, die auf einem Core-Model basiert. Die unterste Schicht ist das COAST Framework, das auch früher am GMD-IPSI entwickelt wurde. Es bietet die notwendigen Funktionen für die Verteilung, Replikation und Synchronisation der Informationsobjekte. Dieses Framework wurde dazu benutzt, gemeinsame Informationsbereiche zwischen verschiedenen Roomware-Komponenten zu erzeugen. Mehrere Benutzer können auf diese Bereiche zugreifen und sie bearbeiten. Damit ist eine synchrone Kollaboration mit gemeinsamen, über das ganze System verteilten Dokumenten möglich. Die nächste Schicht von BEACH ermöglicht die Interaktion von einem Benutzer mit einem Roomware. Die Software muss in diesem Bereich die speziellen Inputs und Outputs der Roomware-Komponenten behandeln: Displays haben verschiedene Orientierungen und Größen, die von eher klein bei CommChair bis sehr groß bei DynaWall variieren. Als Eingabegeräte stehen Tastatur, Maus, Stift, Touchscreen und Geste zu Verfügung. Die dritte Schicht besteht aus allgemeinen BEACH Modellen und definiert die Basis-Schnittstellen für Dokumente, UIs, Tools und verschiedene Arten der Interaktion. Auf Basis dieser Modelle werden generische Komponenten definiert (vierte Schicht), die wiederum die notwendigen Basisfunktionen für Teamarbeit und Meeting-Situationen anbieten, zum Beispiel einheitliche Datentypen (Text, Graphik, ...), sowie private und öffentliche Arbeitsumgebungen für die allgemeine Unterstützung der Zusammenarbeit. Auf Basis der allgemeinen Modelle und der

generischen Komponenten könnten spezifische Module aufgebaut werden, die durch ihre angepassten Funktionen spezifische Aufgaben unterstützen (oberste Schicht). [70] [71] [82]

Eine wesentliche Eigenschaft dieser Software ist die Fähigkeit zu definieren, wer, mit wem, an welchem Thema zusammenarbeitet und welche Dateien dabei benutzt werden. Dies wird bei BEACH durch den „virtuellen Ort“ definiert, der die virtuelle Entsprechung eines realen Meeting-Raums ist. Während eines Meetings wird der Raum, in dem dieses Meeting stattfindet, dem virtuellen Ort angehängt (attached). Derselbe Raum kann auch mit anderen virtuellen Orten (anderen Zeiten, anderen Projekte, anderen Mitarbeitern) verknüpft werden. Es muss eine starke Beziehung zwischen physischen Räumen und virtuellen Orten geben. Zum Beispiel könnte ein Team sich während eines Meetings in Teilgruppen aufteilen und jede Teilgruppe könnte an einen anderen Ort (im selben Raum oder irgendwo im Gebäude) gehen und seine Arbeit dort fortsetzen. Die Software muss fähig sein, solche Situationen zu erkennen, um die gemeinsamen Arbeitsbereiche neu für jede Teilgruppe definieren zu können. Dies geschieht durch die Definition neuer Teilorte für jede Teilgruppe im virtuellen Ort des Hauptteams. Diese virtuellen Teilorte entsprechen den Bereichen, in denen sich die Teilgruppen aufhalten [82].

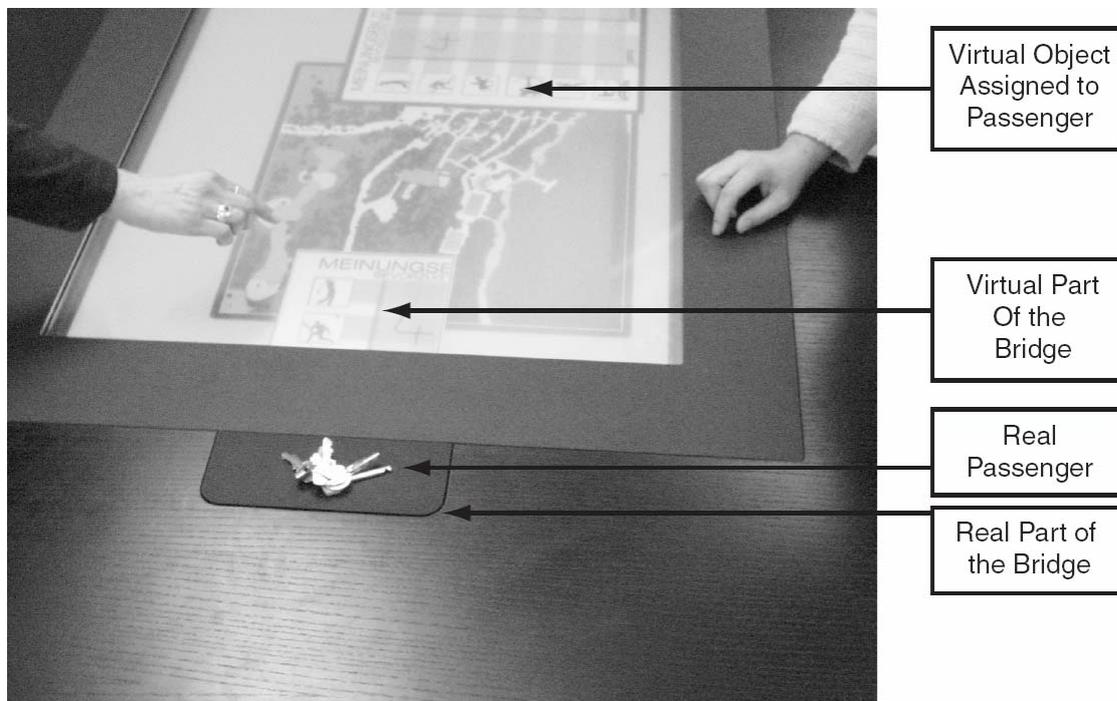
BEACH wurde in einer visuellen Entwicklungsumgebung von „Parc Place Systems“ in Smalltalk entwickelt [82]. Für mehr Informationen über BEACH Architektur siehe [70].



Roomware®: Raumelemente wie Wände, Türen, Möbel, in denen Informations- und Kommunikationstechnik integriert ist. Die Welt um uns herum wird zur Schnittstelle für die Interaktion mit Informationen. Der Computer tritt bei diesem Ansatz aber als Gerät in den Hintergrund und wird quasi unsichtbar [71].



Auf diesem Bild sind Dynawall und die erste Generation von CommChairs zu sehen. Dynawall ist eine interaktive elektronische Wand mit einem Touchscreen. CommChairs sind bewegliche Sessel mit eingebauten oder angeschlossenen Tablet PCs [71].



Passage-Mechanismus stellt die Verbindung zwischen physischen Objekten und virtuellen Informationsstrukturen her. Der Schlüsselbund auf dem Bild enthält eine Verknüpfung zu den zu transportierenden Daten. Durch das „Bridge“ erfolgt die Eingabe [71].

Ada

Ada ist ein interaktiver Raum, entwickelt für die Schweizer Nationalausstellung Expo 2002 in Neuchâtel. Das Konzept von Ada ist einem Roboter sehr ähnlich, in den man hinein gehen kann, mit Video, Audio, taktilem Input, und kontaktlosen Licht- und Audio-Effektoren (Aktuatoren). Adas Welt sind ihre Besucher. Sie sind von einem Raum umgeben, der nur durch Ada selbst oder durch andere Besucher simuliert wird. Ada hat bis zu einem gewissen Grad ein organismus-ähnliches Verhalten (Ada reagiert auf Bewegungen und Geräusche.). Um Ada zu realisieren, wurden die folgenden Bereiche erforscht: Audio-Processing, Lokalisierung, Tactile Person Tracking, automatische Musik-Komposition, neuronale (neuromorphic) Echtzeit-Steuerungssysteme. Die Entwicklung von Ada begann im Jahr 1998 in einem interdisziplinären, 25-köpfigen Team aus Biologen, Ingenieuren und Musikern. Außerdem arbeitete ein Team aus Architekten, Bauingenieuren, Künstlern, Publizisten, Bühnenbildnern, Führern und Managern der Ausstellung mit. Insgesamt waren mehr als 100 Menschen direkt an diesem Projekt beteiligt [83].

Hardware

Viele Sensoren und Effektoren wurden in Ada eingesetzt. Der Hardware-Teil von Ada besteht unter anderem aus 15 verschiedenen Video-Inputs, 367×3 Taktile-Inputs, 9 Audio-Input-Kanälen mit 46 mechanischen Freiheitsgraden, 17 Output-Audio-Kanälen, 367×3 Bodenplatten-Lichtern (floor tile lights), 30 ambient Lichtern, und 20 Vollbild-Video-Outputs. Ada läuft in einem 100 Mbit Netzwerk, bestehend aus 31 PCs (AMD Athlon XP 1800+, 1.0 GB RAM, Linux). Um die starke Netzwerkbelastung aushalten zu können, besteht das Netzwerk aus mehreren Teil-Netzwerken (subnet), auf welche die Datenübertragung aufgeteilt wird. Das Netzwerk hat auch einen drahtlosen Teil und ein Teil davon ist an das Internet angeschlossen [83].

Ausstellung

Die Ada-Ausstellung bestand aus mehreren unterschiedlichen Bereichen: Conditioning Tunnel, Ada Main Space, Brainarium und Explanatorium. Die Besucher gingen durch diese Bereiche in der vorbestimmten Reihenfolge. Für einen typischen Besuch wurden 25 Minuten vorgesehen, dazu kam noch die Wartezeit. Bis zu 125 Besucher konnten sich zur gleichen Zeit in den Ausstellungsräumen aufhalten.

Queue: Während die Besucher noch draußen auf die Ausstellung warteten, bekamen sie eine Broschüre mit der Beschreibung der Ausstellung, außerdem lief auf einem großem LED Display ein Video von dem Kurzfilm „Brainworkers“ über das Ada-Projekt und die Neuroinformatik.

Conditioning tunnel: Hier wurden den Besuchern Adas Sensoren und Effektoren an mehreren Stationen präsentiert, um ihnen die Ausstellung schrittweise vorzustellen.

Voyeur Area: Dieser Bereich war rund um den Hauptbereich (main space) gebaut. Mit Hilfe eines Teilerspiegels (halbdurchlässig) konnten die Besucher aus diesem Bereich in den Hauptbereich hinein sehen, ohne von den Besuchern im Hauptbereich gesehen zu werden. Sie konnten die Interaktion zwischen Besuchern und Ada beobachten und eine eigene Vorstellung davon bekommen.

Ada main space: Die Besucher betraten den Hauptbereich in Gruppen bestehend aus 15 bis 30 Personen. Hier fand die Interaktion mit Ada statt.

Brainarium: Nachdem die Besucher den Hauptbereich verließen, konnten sie diesen Bereich besuchen. Hier waren sechs Echtzeit-Displays in Betrieb. Auf den Displays konnten die Besucher Teile der Datenverarbeitung, die gerade in Ada durchgeführt wurde, versehen mit einer mehrsprachigen Textbeschreibung sehen. Gleichzeitig konnten sie in den Hauptbereich hineinsehen, um den Zusammenhang zwischen den Daten und den Interaktionen (Raum/Besucher) im Hauptbereich beobachten zu können.

Explanatorium: Im letzten Bereich waren unter anderem eine Informationsstelle und drei Videos mit kurzen Äußerungen von den Projektmitarbeitern zu sehen[83].

Interaktion mit Besuchern

Besucher können auf zwei Arten mit Ada interagieren: Auf dem Boden herum gehen und Geräusche machen (klatschen, treten oder einfache Laute wie „Ada“ von sich geben). Diese zwei Aktivitäten sind die Basis der Kommunikation bei vielen Tieren. Ada kann die Besucher verfolgen (tracking) und sie hören, ihnen aber auch dort, wo sie alleine oder in einer Gruppe stehen „antworten“. Dies passiert durch lokale Audio-Effekte (localized sound effects), lokale Hinweise vom Boden (Beleuchtung) und auf die Besucher gerichtete Lichtstrahlen (light finger pointing). Diese Eigenschaften ermöglichen mehreren Besuchern auf mehrere Arten gleichzeitig miteinander und mit Ada zu interagieren. Ada hat viele zunehmend komplexe Verhaltensfunktionen. Sie kann nicht nur auf Bewegungen oder Laute der Besucher reagieren, sie kann auch jeden einzelnen Besucher verfolgen und ihm möglicherweise (nicht unbedingt) einen Hinweis darauf geben, dass er verfolgt wird. Ada kann auch jene Besucher identifizieren, die mehr als die anderen Interesse zeigen, indem sie auf Adas Hinweise reagieren. Ada belohnt diese Besucher mit schönen pulsierenden Lichtmustern, die um sie herum den Boden beleuchten oder dadurch, dass Lichtstrahlen oder Kameras (gazer) auf sie gerichtet werden und ihrer Bilder und Bewegungsabläufe auf dem großen Display wiedergegeben werden. Ada kann auch einige Spiele spielen, wie zum Beispiel „catch-the-

light“. Während all diesen Vorgängen evaluiert Ada ständig die Ergebnisse ihrer Aktivität und zeigt dementsprechend „emotionale“ Reaktionen [83].

Mehr über Ada ist auf der Webseite von Tobi Delbrück zu erfahren, wo unter anderem ein Video von der Ausstellung zu sehen ist [84].



Ada ist ein interaktiver Raum, entwickelt für die Schweizer Nationalausstellung Expo 2002. Input und Output erfolgen durch Video, Audio, taktilen Input, und kontaktlose Licht- und Audio-Effektoren.

Oben: Spielen mit Ada.

Unten links: Ada lokalisiert einen Besucher.

Unten rechts: Taktile Sensoren unter den Bodenplatten-Lichtern [84].

Weitere Beispiele

Im Folgenden sind nur ein paar von vielen Forschungsprojekten im Bereich Ubiquitous/pervasive Computing aufgelistet, die sich abgesehen vom Projekt „Oxygen“ überwiegend mit Ambient Intelligence beschäftigen.

Projekt **Oxygen**, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory [85].

Projekt **Dream Space**, IBM Research [86].

Projekt **Easy Living**, Microsoft Research [87].

Projekt **Homelab**, Philips Research-Technologies [88].

Zusammenfassung

Beim Design einer interaktiven Technologie ist die Förderung der Interaktion die größte Herausforderung. Um die Interaktion in einen ganzen Raum einzubinden und den Raum als Schnittstelle zwischen dem Benutzer und dem Computer einzusetzen, müssen wir zuerst den Menschen mit seinen Bedürfnissen und Kenntnissen, den Raum mit seinen Formen und Funktionen sowie die interaktive Technologie mit ihren Modalitäten und Interaktionsarten studieren und begreifen. Darauf basierend können wir Muster (Pattern) für verschiedene Interaktionen feststellen, die in einem Raum stattfinden. Ada und i-Land sind zwei Beispiele aus der Forschung, die versuchen die interaktive Technologie in die Räume und Raumeinrichtungen zu integrieren. Für eine Technologie, die noch nicht entwickelt wurde, können wir uns nur Szenarien vorstellen, welche lediglich eine Erweiterung der heutigen Technologien und der heutigen Lebensart darstellen.

Zusammenfassung

Ubiquitous Computing bietet eine neue Art der Mensch-Maschine-Interaktion, die unseren gesamten Lebensraum umfasst. Der allgegenwärtige Computer der Zukunft ist in der Lage, uns jederzeit und in jeder Situation zu unterstützen, jedoch ohne explizit von uns wahrgenommen zu werden, denn er wird vollständig in unserer Umgebung integriert sein. Voraussetzung für die Realisierung dieser Vision ist jedoch nicht nur eine ausgereifte Informations- und Netzwerktechnologie im klassischen Sinne. Sie erfordert darüber hinaus eine völlig neue Definition der Wechselwirkung zwischen Mensch und Computer. Die UIs müssen daher ganz anders entworfen werden. Designer müssen mehr Wissen über Raumeigenschaften und Menschenverhalten in ihr Design hineinfließen lassen. UbiComp kann zum Himmel oder zur Hölle werden je nach dem, ob die Technologie ausgereift auf den Markt kommt oder wie üblich mit erheblichen Mängeln.

Literaturverzeichnis

- [1] Weibel, P., Intelligente Wesen in einem intelligenten Universum. In Intelligente Ambiente, Ars Electronica, Festival für Kunst, Technologie und Gesellschaft, 1994, PVS Verleger Wien, Band 1, pp. 6-26
- [2] Gates, B., The disappearing computer. The Economist, special issue, Dec. 2002, p. 99
- [3] Weiser, M., Computer of 21 century. 1991,
<http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/WeiserPapers.html> (accessed 09.2008)
- [4] Erickson, T., From Interface to Interplace. 1993,
http://www.pliant.org/personal/Tom_Erickson/Interplace.html (accessed 10.2008)
- [5] <http://www.ipsi.fraunhofer.de/ambiente/projekte/projekte/roomware.html> (accessed 10.2008)
- [6] Ma, J., Yang, L. T., APDUHAN, B. O., Huang, R. ,Barolli, L., Takizawa, M.,
Towards a Smart World And Ubi Intelligence A Walkthrough From Smart Things To Smart Hyperspaces and UbiKids. Pervasive Computing and Communication, 1,1, TROUBADOR PUBLISHING LTD, March 2005
- [7] Weiser, M., Gold, R., Brown, J. S., The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s. 1999
<http://www.research.ibm.com/journal/sj/384/weiser.html> (accessed 10.2008)
- [8] Mattern, F., Ubiquitous Computing: Eine Einführung mit Anmerkungen zu den sozialen und rechtlichen Folgen. 2005 <http://people.inf.ethz.ch/mattern/publ.html> (accessed, 10.2008)
- [9] Mattern, F., Ubiquitous Computing: Schlaue Alltagsgegenstände – Die Vision von der Informatisierung des Alltags. 2004 <http://people.inf.ethz.ch/mattern/publ.html> (accessed, 10.2008)
- [10] Dourish, P., Where the Action is, MIT Press, Dec. 2001, p. 28
- [11] Worth, R., What Lou Gerstner could teach Bill Clinton, Lessons for government from IBM's dramatic turnaround. Washington Monthly, 31, 8, Sep. 1999
- [12] Gross, T., Koch, M., Computer-supported Cooperative work. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2007
- [13] Pering, T., Want, R., System Challenges for Ubiquitous & Pervasive Computing. In Proceedings of the 27 th International Conference on Software Engineering, St. Louis, MO, USA , 2005, SESSION: State of the art, p. 9 - 14
- [14] Stritz, N., Prante, T., van Alphen, D., Stenzel, R., Magerkurth, C., Designing smart artifacts for smart environments. <http://iis.ipsi.fraunhofer.de/ipsi/ambiente/Liste.asp> (accessed 10.2008)
- [15] Dourish, P., What we talk about when we talk about context. 2004 ,
<http://www.dourish.com/publications.html> (accessed 10.2008)

- [16] Mattern, F., Eingebettete Vernetzte Und Autonomhandelnde Computersysteme Szenarien Und Visionen. 2008 <http://people.inf.ethz.ch/mattern/publ.html> (accessed 10.2008)
- [17] Dustdar, S., Baldauf, M., A survey on context aware systems. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, 2, 4, (2007), Inderscience Publishers, Geneva, Switzerland, pp. 263-277
- [18] Schilit, B.N., Theimer, M.M., Disseminating active map information to mobile hosts. *Network, IEEE*, 8, 5, (Sep./ Oct. 1994), pp. 22-32
- [19] Biegel, G., Cahill, V., A Framework for Developing Mobile, Context-aware Applications. In *Proceedings of the Second IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, 2004 (PerCom'04)* published by IEEE Computer Society Washington DC, USA, p. 361
- [20] Dey, Anind K., Modeling and Adding Intelligibility to Human Activity. In *Proceedings of the International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality, (2008)*, pp.5-8
- [21] Soldatos, J., Pandis, I., Stamatias, K., Polymenakos, L., Crowley, J., L., Agent based middleware infrastructure for autonomous context-aware ubiquitous computing services. *Computer Communications*, 30, 3, Feb. 2007, Published by Butterworth-Heinemann Newton, MA, USA, pp. 577-591
- [22] Bardram, J.E. The Java Context Awareness Framework (JCAF) A Service Infrastructure and Programming Framework for Context-Aware Applications. In *Proceedings of the Third International Conference, Pervasive, Munich, Germany, May 8-13, Springer, 2005*, pp. 98-115
- [23] Abowd, G., D., Atkeson, C., G., Hong, J., Long, S., Kooper, R., Pinkerton, M., Cyberguide: a mobile context-aware tour guide. *Wireless Networks*, 3, 5, Oct. 1997, Special issue: mobile computing and networking: selected papers from MobiCom '96 pp. 421-433, published by Kluwer Academic Publishers Hingham, MA, USA, 1997
- [24] Helal, S., Mann, W., El-Zabadani, H., King, J., Kaddoura, Y., Jansen, E., The Gator Tech Smart House: A Programmable Pervasive Space. *IEEE, Computer*, 38, 3, Mar. 2005, pp. 50-605
- [25] Greenfield, A., *Everyware, The dawning age of ubiquitous computing*, New Riders, USA, 2006
- [26] Gustavsen, R. M., Condor - an application framework for mobility-based context-aware applications, *Workshop on Concepts and Models for Ubiquitous Computing, 2002 Goeteborg, Sweden, Position Papers*, <http://www.comp.lancs.ac.uk/~dixa/conf/ubicomp2002-models/papers-list.html> (accessed 10.2008)
- [27] Abowd, G. D., Mynatt, E. D., *Charting Past Present And Future Research In Ubiquitous Computing*. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*

- (TOCHI), 7, 1, March, 2000, Special issue on human-computer interaction in the new millennium, Part 1, published by ACM Newyork, USA, pp. 29-58
- [28] Intille S. S., Bao, L., Tapia, E., M., Rondoni, J., Acquiring in situ training data for context-aware ubiquitous computing applications. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, Vienna Austria, 2004, Published by, ACM, NY, USA, pp. 1-8
- [29] Norman, D., A., The Design of Future Things, Basic Books, 2007
- [30] Dey A. K., Context-Aware Computing: The Cyberdesk Project, Graphics, Visualization & Usability Center, Georgia Institute of Technology, 1998:
<http://www.cc.gatech.edu/fce/cyberdesk/pubs/AAAI98/AAAI98.html> (accessed 9.2008)
- [31] Hofer, T., Schwinger, W., Pichler, M., Leonhartsberger, G., Altmann, J., Retschitzegger, W., Context-Awareness on Mobile Devices - the Hydrogen Approach, In Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'03), 9, 9, published by IEEE Computer Society, Washington, DC, USA 2003, p. 292.1
- [32] Nanard, M., Nanard, J., Kahn, P., Pushing reuse in hypermedia design: golden rules, design patterns and constructive templates. In Proceedings of the ninth ACM conference on Hypertext and hypermedia, Pittsburgh, Pennsylvania, United States, 1998, pp. 11-20
- [33] Ducatel, K., Bogdanowicz, M., Scapolo, F., Leijten, J., Burgelman, J.C., Scenarios for Ambient Intelligence in 2010, IPTS, European Commission's Joint Research Centre, 2001
- [34] Pantic, M., Pentland, A., Nijholt, A., Huang, T., Human Computing and Machine Understanding of Human Behavior: A Survey. In Proceedings of the 8th international conference on Multimodal interfaces, Banff, Alberta, Canada, 2006, pp. 239 - 248
- [35] Turk, M., Robertson, G., Perceptual user interfaces (introduction). Communications of the ACM, 43, 3, published by ACM NY, USA, 2000, pp.32-34
- [36] Jaimes, A., Sebe, N., Multimodal human-computer interaction: A survey. Computer Vision and Image Understanding, 198, 1-2, Oct. published by Elsevier Science Inc., NY, USA, 2007, pp. 116-1347
- [37] Jaimes, A., Sebe, N., Gatica-Perez, D., Human-centered Computing: A Multimedia Perspective. In Proceedings of the 14th annual ACM international conference on Multimedia, Santa Barbara, CA, USA, published by ACM, NY, USA, 2006
- [38] Chavira, G., Nava, S.W., Hervas, R., Bravo, J., Sanchez, C, Towards Touching Interaction: A Simple Explicit Input. In Proceedings of the fourth annual international conference of Mobile and Ubiquitous Systems: Networking & Service, MobiQuitous 2007, pp. 1-5
- [39] Weis, S. A., Sarma, S. E., Rivest, R. L., Engels, D. W., Security and Privacy Aspects of Low-Cost Radio Frequency Identification Systems. In Proceedings of : Security in

- Pervasive Computing: First International Conference, Boppard, Germany, March 12-14, Springer, 2003
- [40] Hirasawa, N., Aizawa, N., Kasai, H., User interface concepts for post ubiquitous computing. In Proceedings of International Joint Conference, SICE-ICASE, 18-21 Oct. 2006, pp. 5454-5459
- [41] Vertegaal, R., Attentive user interfaces (Introduction), Communications of the ACM, 46, 3, SPECIAL ISSUE: Attentive user interfaces, March 2003, published by ACM, NY, USA, 2003
- [42] Vertegaal, R., Shell, J. S., Chen, D., Mamuji, A., Designing for augmented attention: Towards a framework for attentive user interfaces. Computers in Human Behavior 22, Elsevier, 2006, pp. 771-789
- [43] Turk, M., Kolsch, M., Perceptual Interfaces. Oct. 2003, <http://www.cs.ucsb.edu/research/trcs/docs/2003-33.pdf> (accessed 10.2008)
- [44] Hornecker, E., Buur, J., Getting a Grip on Tangible Interaction: A Framework on Physical Space and Social Interaction. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems, Montréal, Québec, Canada, published by ACM, NY, USA, 2006, pp. 437-446
- [45] Zigelbaum, J., Kumpf, A., Vazquez, A., Ishii, H., Slurp: tangibility spatiality and an eyedropper. In Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (extended abstracts, CHI 08), published by ACM, NY, USA, 2008, pp. 2565-2574
- [46] Robertson, T., Cooperative work and lived cognition: a taxonomy of embodied actions. In Proceedings of the fifth conference on European Conference on Computer-Supported Cooperative Work, published by Kluwer Academic Publishers Norwell, MA, USA, 1997, pp. 205-220
- [47] Koffka, K., Principles of Gestalt Psychology, Lund Humphries, London, 1935
- [48] Lewin, K., Werkausgabe, Bd.4, Feldtheorie, herausgegeben von Graumann, K. F., Klett-Cotta, Stuttgart: 1982
- [49] Richter, P., Architekturpsychologie, Pabst Science Publishers, Lengerich, 2004
- [50] Sharlin, E., Watson, B., Kitamura, Y., Kishin, F., Itoh, Y., On tangible user interfaces, humans and spatiality. Personal and Ubiquitous Computing, 8, 5, sep. published by Springer, 2004, pp. 338-346
- [51] Friedlander, L., Spaces for Experience. IEEE MultiMedia, 2, 1, Mar., 1995, pp. 6-11
- [52] Schwibbe G., Wahrgenommen, Die sinnliche Erfahrung der Stadt, Waxmann Verlag GmbH, Münster 2002
- [53] Roth, E., Persönlichkeitspsychologie, Kohlhammer, 1981
- [54] Chang, D., Dooly, L., Touvinen, J. E., Gestalt Theory in Visual Screen Design, A New Look at an Old Subject. In Proceedings of the Seventh world conference on computers in education conference on Computers in education: Australian topics - Volume 8, Copenhagen, Denmark, 2002 published by Australian Computer Society, Inc., Darlinghurst, Australia, pp. 5-12

- [55] Bannwart, E., Die Medialisierung der Städte. In *Intelligente Ambiente*, Ars Electronica, Festival für Kunst, Technologie und Gesellschaft, 1994, PVS Verleger Wien, Band 1, pp. 138-142
- [56] Hoffman, R.R., Roesler, A., Moon, B.M., What is design in the context of human-centered computing? *Intelligent Systems*, IEEE, 19, 4, Jul./Aug, 2004. pp. 89-95
- [57] N. A. Streitz, S. Konomi, H.-J. Burkhardt (Eds.), *Cooperative Buildings- Integrating Informations, Organization and Architecture*. In *Proceedings of the first international workshop on cooperative buildings (CoBuild, 98)* 1998, pp. 4-21
- [58] Chen, L. S., *Joint Processing of Audio-visual Information for the Recognition of Emotional Expressions in Human-computer Interaction*, PhD thesis, Univ. of Illinois at Urbana-Champaign, 2000.
- [59] Yoshitomi, Y., Kim, S., Kawano, T., Kitazoe, T., Effect of sensor fusion for recognition of emotional states using voice, face image, and thermal image of face. In *Proceedings of 9th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, Osaka, Japan, 2000, pp. 178-183
- [60] Go, H. J., Kwak, K. C., Lee, D.J., Chun, M, Emotion recognition from facial image and speech signal. In *Proceedings of The Society of Instrument and Control Engineers Conference (SICE)*, vol. 3, 2003, pp. 2890- 2895
- [61] Song, M., Bu, J., Chen, C., Li, N., Audio-visual based emotion recognition: A new approach, In *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2004*, vol. 2, pp. II-1020 - II-1025
- [62] Wang, J.J.L., Singh, S., Video analysis of human dynamics – A survey. *Real-Time Imaging*, 9, 5, Oct. 2003, pp. 321-346
- [63] Kirishima, T., Sato, K., Chihara, K., Real-time gesture recognition by learning and selective control of visual interest points. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 27, 3, Mar. 2005, pp. 351-364
- [64] Duchowski, A. T., A breadth-first survey of eye tracking applications. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computing*, 34, 4, 2002, pp. 455-470
- [65] Pantic, M., Sebe, N., Cohn, J., Huang, T.S., Affective multimodal human-computer interaction. In *Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Multimedia*, published by ACM NY, USA, 2005, pp. 669 - 676
- [66] Ekman, P., *Emotion in the Human Face*. Cambridge University Press, 1982.
- [67] Pantic, M., Rothkrantz, L.J.M., Automatic analysis of facial expressions: The state of the art. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22, 12, Dec. 2000, pp. 1424-1445
- [68] Fasel, B., Luettin, J., *Automatic facial expression analysis: A survey*. Pattern Recognition Society, Published by Elsevier B.V, 2002
- [69] Roman, M, Hess, C., Cerqueira, R., Ranganathan, A., Campbell, R.H., Nahrstedt, K., A middleware infrastructure for active spaces, *IEEE Pervasive Computing*, 1, 4, Oct/Dec 2002, pp. 74-83

- [70] Tandler, P., Architecture of Beach: The Software Infrastructure for Roomware Environments. ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work, CSCW 2000
- [71] Streitz, N., Tandler, P., Müller-Tomfelde, Konomi, C., Roomware: Towards the Next Generation of Human-Computer Interaction based on an Integrated Design of Real and Virtual Worlds. In: J. Carroll (Ed.): Human-Computer Interaction in the New Millenium, Addison Wesley, 2001. pp. 553-578
- [72] Soldatos, Agent based middleware infrastructure for autonomous context-aware ubicomp services. Computer Communications, Special Issue: Emerging Middleware for Next Generation Networks, 30, 3, published by Butterworth-Heinemann, Newton, MA, USA, Feb. 2007, pp. 577-591
- [73] Dey, A.K., Ljungstrand, P., Schmidt, A., Distributed And Disappearing User Interfaces. In Ubiquitous Computing. Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI 01 extended abstracts on Human factors in computing systems, Seattle, Washington, published by ACM, NY, USA 2001, pp. 487-488
- [74] Pousman, A Taxonomy Of Ambient Information Systems: Four Patterns Of Design. In Proceedings of the working conference on advanced visual interfaces, Venezia, Italy, published by ACM, NY, USA, 2006, pp. 67-74
- [75] Saponas, T.S., Prabaker, M. K., Abowd, G. D., Landay, J. A., The Impact Of Pre-patterns On The Design Of Digital Home Applications. Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive systems, University Park, PA, USA, published by ACM, NY, USA, 2006, pp. 189-198
- [76] Chung, E.S., Hong, J. I., Lin, J., Prabaker, M. K., Landay, J. A., Liu, A. L., Development And Evaluation Of Emerging Design Patterns For Ubiquitous Computing. Proceedings of the 5th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques, Cambridge, MA, USA, published by ACM, NY, USA, 2004, pp. 233-242
- [77] Landay, J. A., Borriello, G., Design Patterns for Ubiquitous Computing. IEEE Computer, 36, 8, Aug. 2003, pp. 93-95
- [78] Arvola, M., Interaction Design Patterns For Computers In Sociable Use Source. International Journal of Computer Applications in Technology, 25, 2/3, published by Inderscience Publishers, Geneva, Switzerland, Feb. 2006, pp. 128-139
- [79] Müller, S. M., Fallbeispiele und Konzepte interaktiver Kunst, Diplomarbeit, technische Universität, Wien, 1995
- [80] Crabtree, A., Hemmings, T., Rodden, T., Pattern-based Support for Interactive Design in Domestic Settings. In Proceedings of the 4th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques, London, England, published by ACM, NY, USA, 2002, pp. 265-276

- [81] Borchers, J. O., A Pattern Approach to Interaction Design. In Proceedings of the International Conference on Designing Interactive Systems, DIS , published by ACM Press, NY, USA, Aug. 2000
- [82] Streitz, N.A., Geißler, J., Holmer, T., Konomi, S., Müller-Tomfelde, C., Reischl, W., Rexroth, P., Seitz, P., Steinmetz, R., i-Land: An interactive Landscape for Creativity and Innovation. In Proceedings of the ACM on Human Factors in Computing Systems, CHI 1999
- [83] Delbrück, T., Eng, K., Bähler, A., Bernardet, U., Blanchard, M, Briska, A., Costa, M., Douglas, R., Hepp, K., Klein, D., Manzolli, J., Mintz, M., Roth, F., Rutishauser, U., Wassermann, K., Wittmann, A., Whatley, A.M., Wyss, R., Verschure, P.F.M.J., Ada, a playful interactive space. In Proceedings of the International Conference on Human-Computer Interaction INTERACT'03, Sep. 1-5 2003, Zurich, Switzerland. pp 989-992
- [84] Delbrück, T., <http://www.ini.uzh.ch/~tobi/floor/> (accessed 10.2008)
- [85] MIT: <http://oxygen.lcs.mit.edu/> (accessed 10.2008)
- [86] IBM Research: <http://www.lucente.us/career/natural/dreamspace/index.html> (accessed 10.2008)
- [87] Microsoft Research: <http://research.microsoft.com/easyliving/> (accessed 10.2008)
- [88] Philips Research-Technologies:
<http://www.research.philips.com/technologies/misc/homelab/> (accessed 10.2008)
- [89] Bizer, J., Dingel, K., Fabian, B., Günther, O., Hansen, M., Klafft, M., Möller, J., Spiekermann, S., Technikfolgen-Abschätzung Ubiquitäres Computing und Informationelle Selbstbestimmung, 2006, <http://www.taucis.hu-berlin.de/content/de/publikationen/index.php> (accessed 10. 2008)
- [90] Langheinrich, M., Gibt es in einer total informatisierten Welt noch eine Privatsphäre? In Mattern, F.,(Ed.): Die Informatisierung des Alltags, Leben in smarten Umgebungen. Springer, 2007, pp. 233-2647
- [91] Hubig, C., Ubiquitous Computing - Eine neue Herausforderung für die Medienethik, International Review of Information Ethics, 8, 12.2007
- [92] Leising, D., Macht der Räume, Psychologie Heute, Januar 2002
- [93] Harrison, S., Dourish, P. Re-Place-ing Space: The Roles Of Place And Space In Collaborative Systems. In Proceedings of the ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work, CSCW'96 , published by ACM, NY, USA, 1996, pp. 67-76
- [94] Lück, H.E., Kurt Lewin: Eine Einführung in sein Werk, Beltz, 2001
- [95] Eng, K., Douglas, R.J., Verschure, P.F.M.J., An Interactive Space That Learns To Influence Human Behavior, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 35, 1, Jan. 2005, pp. 66-77
- [96] <http://de.wikipedia.org/wiki/Gestaltpsychologie> (accessed 10.2008)