

RWTH Aachen University  
Media Computing Group  
Prof. Dr. Jan Borchers

Proseminar: Human-Computer Interaction  
SS 2007

# Ubiquitous Computing und Virtuelle Realität

*Jan-Peter Krämer und Benjamin Grap*

12.07.2007

Tutor: Daniel Spelmezan

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ubiquitous Computing</b>	<b>3</b>
1.1	Einleitung . . . . .	3
1.2	Anwendungen und Features . . . . .	3
1.2.1	Erkennung von Umgebung . . . . .	4
1.2.2	Ereignisse aller Art speichern und verwalten . . . . .	5
1.3	Interaktion . . . . .	5
1.3.1	Eingabe . . . . .	5
1.3.2	Ausgabe . . . . .	6
1.4	Benutzererlebnis . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Virtuelle und erweiterte Realität</b>	<b>8</b>
2.1	Anwendungen . . . . .	8
2.2	Umsetzung . . . . .	9
2.3	Erweiterte Realität . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Daten Visualisierung</b>	<b>11</b>
3.1	Technische und numerische Daten . . . . .	11
3.2	Diskrete Merkmale . . . . .	11
3.3	Zeit und Visualisierung . . . . .	12
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>13</b>

# 1 Ubiquitous Computing

## 1.1 Einleitung

„Machines that fit the human environment instead of forcing humans to enter theirs will make using a computer as refreshing as a walk in the woods.“

Dieses Zitat Mark Weisers beschreibt welche Wirkung Ubiquitous Computing (oder kurz Ubicomp) auf den Menschen haben soll. Weisers Vision sieht die Ersetzung des herkömmlichen Desktop-PCs durch viele unterschiedliche Computer-Bausteine vor („from 1-inch displays to wall sized“), die die Menschen umgeben und mit denen sie interagieren. Weiser schließt dabei PDAs und ähnliche Handhelds aus und fordert unsichtbare Computer, die sich nicht als Gerät manifestieren. Eine allgemeinere Definition, an die auch wir uns von nun an halten wollen, umfasst jedoch alle von den üblichen Desktop-PCs unterschiedenen Geräte, also auch mobile Geräte wie PDAs oder Handys, interaktive Großbildschirme, kabellose Netzwerke und vieles mehr.

Wo liegen die Herausforderungen dieser Entwicklung? Wir möchten insbesondere folgenden Fragen nachgehen:

- Welche Anwendungen gibt es für Ubicomp? Welche Features machen Ubicomp-Geräte und Umgebungen attraktiv?
- Wie sollte die Interaktion der Benutzer mit dem Computer aussehen?
- Welches Benutzererlebnis wird angestrebt?

## 1.2 Anwendungen und Features

Es wurde und wird oft nach einer Anwendung gesucht, die Ubicomp zum Durchbruch verhelfen könnte. Sie sollte nicht nur an sich schon nützlich sein, sondern auch das Interesse der Menschen wecken und Investitionen in eine Infrastruktur anregen, die dann die Entwicklung weiterer allgegenwärtiger Computer-Technologien ermöglicht. Als eine solche „Killerapplikation“ war lange Zeit computergestützte Mensch-zu-Mensch-Kommunikation im Gespräch: Durch die Einführung von Handys, flächendeckendem GSM (bald UMTS) Netz, Zusatzfeatures wie Textnachrichten, mobilen Emails oder sogar der Positionsanzeige von Freunden im Handy erlangte diese Technologie tatsächlich weltweite Verbreitung. Es stellte sich allerdings heraus, dass eine Applikation wie z. B. Mensch-zu-Mensch-Kommunikation alleine nicht ausreicht, um den herkömmlichen PC (weitgehend) überflüssig zu machen. Es ist vielmehr die Kombination mehrerer Applikationen und Features, die Ubicomp weiter attraktiv macht (man sieht das schon an der immer weitergehenden Aufrüstung von Handys mit zusätzlichen Features).

In vielen möglichen Applikationen von Ubicomp taucht ein grundlegendes Feature, das es zu verbessern und zu erforschen gilt, immer wieder auf: die Möglichkeit, auf das physikalische und elektronische Umfeld reagieren zu können. Ein Gerät sollte sich nahtlos in den Alltag des Menschen einfügen, indem das Gerät erkennt, in welcher „Situation“ der Mensch sich gerade befindet. Ein einfaches Beispiel ist die automatische Helligkeitsregulierung mancher Displays, um gute Ablesbarkeit in allen Situationen zu gewährleisten.

Ein weiteres wichtiges Feature in Ubicomp Anwendungen ist die automatische Speicherung von Ereignissen: In vielen Situationen ist der Mensch mit der Menge auf ihn einwirkender Eindrücke überfordert, und es kommt der Wunsch auf, bestimmte Ereignisse, etwa ein Gespräch, nochmals zu betrachten oder zu erleben - etwa um diesmal einem anderen Aspekt des Gesprächs folgen zu können.

Diese beiden genannten Features, kontextsensitive Applikationen und automatische Datenerfassung, werden in Zukunft ein wichtiger Bestandteil weiterer Anwendungen für Ubicomp sein, die dann so alltäglich werden, wie es das Handy heute schon ist.

### 1.2.1 Erkennung von Umgebung

Die Umgebung beziehungsweise der Kontext, in dem eine Applikation abläuft, lässt sich durch 5 W-Fragen (Wo? Wer? Wann? Was? Warum?) beschreiben. Die computergestützte Beantwortung der Wo-Frage ist schon fast alltäglich geworden. GPS-Navigationssysteme oder automatische Anpassung von Einstellungen anhand von verfügbaren WLAN-Access-Points sind typische Anwendungen, die vor allem durch Beantwortung der Wo-Frage möglich werden. Wenn Positionsinformationen (von Personen) anderen zugänglich gemacht werden, sind auch andere Anwendungen denkbar. So könnten in einem Taxiunternehmen immer demjenigen Fahrer die Kunden zugeteilt werden, der sich am nächsten am Zielort befindet. Hierfür setzen wir implizit voraus, dass das System auch die Wer-Frage beantwortet, womit auch deren Bedeutung für Ubicomp Anwendungen klar wird.

Eine interessante Technik zur Beantwortung der Wo und Wer Fragen ist Radio Frequency Identification (kurz RFID). Das zu identifizierende bzw. zu trackende Objekt wird hierbei mit einem Transponder mit eindeutiger Kennung ausgestattet, das über ein Lesegerät geordnet und identifiziert werden kann. Der Transponder schickt auf Anforderung des Lesegeräts seine ID oder kann sogar beliebige Aktionen ausführen. Die Kommunikation funktioniert mittels Frequenzmodulation eines vom Lesegerät erzeugten elektromagnetischen Felds. Autoschlüssel für die sogenannte Keyless-Go Technik, die das Auto automatisch aufschließt, wenn sich der Fahrer (mit dem Schlüssel als Chipkarte im Portmone) dem Auto nähert, arbeiten oft mit RFID-Technik. Im oben als Beispiel angeführten Taxiunternehmen wäre RFID-Technik jedoch nicht einsetzbar: Die Reichweite der Transponder ist sehr gering; 10m stellen in etwa das Maximum der Reichweite dar.

Die Wann-Frage muss in den meisten Fällen nicht absolut beantwortet werden (also nicht mit Datum und Uhrzeit), sondern es reicht, eine Zeitspanne während der Benutzung zu erfassen. So kann z. B. ein elektronischer Museumsführer erkennen, wenn ein Besucher vor Exponaten zu einem bestimmten Themengebiet immer nur kurze Zeit verweilt; er wird ihm dann im Folgenden weniger Informationen zu diesem Thema anbieten.

Der Computer versucht in diesem Fall das Wann mit dem Was zu verbinden: Damit ein Computer umgebungsbezogen reagieren kann, ist es sehr hilfreich, wenn er weiss, was der Benutzer gerade tut. Im einfachsten Fall reicht es zu analysieren, wie der Benutzer mit dem Computer arbeitet, also z. B. welche Anwendung er nutzt oder welche Informationen er abrufen. Ein gutes Beispiel, das positive wie negative Seiten zeigt, sind Cookies im Internet. Hier wird auch ein anderer Effekt deutlich: Während Cookies kurz nach ihrer Einführung im Hinblick auf Datenschutz kontrovers diskutiert wurden, gehören sie heute wie selbstverständlich zur Konzeption vieler Webseiten. Neue Technologien (auch solche, die nicht aus dem Bereich des Ubicomp kommen) müssen oft erst die Skepsis überwinden, die die Benutzer ihr entgegenbringen.

Wenn der Nutzer nicht mit einem Computer arbeitet, ist es erstrebenswert zu erkennen, wo der Aufmerksamkeitsschwerpunkt des Benutzers in seiner Umgebung liegt. Diese Information ist auch nützlich, um die automatische Speicherung von Ereignissen zu verbessern.

Komplizierter noch als die Beantwortung der Was-Frage ist meistens die Beantwortung der Warum-Frage. Hierfür könnten medizinische Indikatoren wie Blutdruck, Blutzucker o.Ä. Ansatzpunkte sein. Die Beantwortung der Warum-Frage bleibt aber im Allgemeinen für einen Computer sehr schwer, falls sie überhaupt möglich ist.

Damit ist auf die generelle Schwierigkeit bei kontextsensitiven Anwendungen verwiesen: Es ist schwierig, sie wirklich allgegenwärtig (ubiquitous) zu gestalten. So funktioniert z. B. GPS (als Hilfsmittel, die Wo-Frage zu beantworten) nicht in Gebäuden und schlecht in innerstädtischen Häuserschluchten. Ebenso stehen verschiedene Techniken zum Orten von Personen indoor zur Verfügung, die jedoch außerhalb von Gebäuden nicht mehr funktionieren. Es genügt also keine einzelne Technologie, um den Kontext von Applikationen hinreichend genau zu bestimmen.

### 1.2.2 Ereignisse aller Art speichern und verwalten

Wie oben schon festgestellt, ist ein wichtiges Feature von Ubicomp-Anwendungen die automatische Speicherung von Ereignissen. Das Gespeicherte kann ein kurz auf ein Diktiergerät o. Ä. gesprochener Gedanke sein oder ein Foto. Nicht immer hat nur der Benutzer Interesse an beiläufiger Erfassung von Daten. So erfassen z. B. Mautbrücken in Deutschland jeden durchfahrenden LKW anhand seiner ID im Mautsystem und zusätzlich mit einem Foto. Die Nachbereitung des Fotos ist dabei nur in Problemfällen erforderlich (wenn die Übertragung der ID fehlerhaft war). Die Datenspeicherung erfolgt präventiv, da der Computer nicht selbst entscheiden kann, ob die Speicherung des Fotos notwendig ist. Die große Menge an Daten, die so gesammelt wird, erfordert ein durchdachtes Konzept zur Nachbereitung und Verwaltung der gespeicherten Eindrücke.

## 1.3 Interaktion

Die Vision, von den herkömmlichen Desktop PCs weg zu einem intuitiveren Umgang mit Computern zu kommen, macht es erforderlich, auch neue Wege im Bereich der Ein- und Ausgabe zu gehen.

### 1.3.1 Eingabe

Die Möglichkeiten zur Eingabe haben sich von der expliziten Eingabe von Befehlen über die Maus oder Tastatur zu „impliziter“ Interaktion entwickelt. So soll ein natürlicher Umgang mit dem Computer ermöglicht werden. Eine radikale Form dieses impliziten Umgangs mit dem Computer könnte so aussehen, dass der Computer auf einen Nutzer reagiert, wenn dieser den Raum betritt; er könnte ihm dann z. B. dessen Emails vorlesen. Der Nutzer interagiert also fast „zufällig“ mit dem Computer. Eine hilfreiche Voraussetzung für diese implizite Form der Interaktion zwischen Mensch und Computer ist eine einheitliche Schnittstelle zur Identifizierung des Nutzers. So können beispielsweise oben genannte RFID-basierte Autoschlüssel auch zur bargeldlosen Zahlung an Tankstellen genutzt werden, wenn sich der Fahrer einmalig bei der Tankstelle registriert hat [2]. Dieses System ist in den USA bereits im Einsatz. Auch in deutschen Reisepässen ist seit 2005 ein RFID-Chip integriert, mit dem Reisende am Flughafen identifiziert werden können.

Im Bereich der expliziten Interaktion mit Computern haben Interfaces, die den natürlichen Interaktionsformen des Menschen mehr entgegenkommen, an Bedeutung gewonnen. Hier sind z. B. stift- oder sprachbasierte Eingabemethoden zu nennen, die sich stetig verbessern.

Zwischenformen, wie die speziell für das Schreiben auf PDAs entwickelten Graffiti Symbole (s. Abb. 1), die der Handschrift ähneln, aber deutlich besser voneinander zu unterscheiden sind, helfen eine robuste Erkennung zu gewährleisten. Jedoch kann Eingabe von Sprache, Schrift oder Zeichnungen sowie Video auch schon ganz ohne Erkennung nützlich sein, wenn es z. B. darum geht, ein Gespräch zur nachträglichen Analyse zu speichern. [4]

Buchstabe	Strich	Buchstabe	Strich	Buchstabe	Strich	Buchstabe	Strich
A	Λ	B	β	C	⋈	D	∩
E	ε	F	⌈	G	⋈	H	h
I	i	J	J	K	⋈	L	L
M	m	N	N	O	⊙	P	p
Q	q	R	R	S	S	T	†
U	U	V	V	W	W	X	X
Y	y	Z	Z				

Abbildung 1: Graffiti Alphabet zur vereinfachten Erkennung von Handschrift auf PDAs ©Palm Inc.

Große interaktive Displays eignen sich besonders, um mehreren Personen gleichzeitig die Interaktion mit einem Computer zu ermöglichen. Diese kann entweder direkt am (in diesem Falle berührungssensitiven) Display erfolgen, oder über einen Laptop oder Tablet-PC.

Eine Technik zur Eingabe an berührungssensitiven Displays, die zunehmend an Bedeutung gewinnt, ist die Multitouch-Technologie. Diese durch die Vorstellung von Apples iPhone der breiten Öffentlichkeit bekannt gewordene Technologie erlaubt dem Benutzer die Interaktion mit seinem Gerät über ein berührungssensitives Display, das mehrere Eingaben gleichzeitig erkennt und verarbeitet. Das schließt die Bedienung mit mehreren Fingern einer Hand ebenso ein wie die zweihändige Bedienung oder sogar Arbeiten mit mehreren Nutzern. Obwohl den meisten Benutzern Multitouch erst mit der Einführung des iPhones bekannt wurde, ist die Technologie schon deutlich älter. Erste Pionierarbeit auf diesem Gebiet wurde schon 1985 geleistet. [5] Ende Mai 2007 stellte Microsoft die Technologie in einem Cafe-Tisch mit dem Namen „Surface“ vor. Durch die größere Display-Fläche stehen hierbei weitere Funktionen zur Verfügung. So erkennt der Tisch Objekte, die auf ihm abgelegt werden, und stellt eine drahtlose Verbindung zu ihnen her. Ein mögliches Nutzungsszenario wäre folgendes: Man trifft sich nach dem Familienurlaub mit Freunden im Cafe. Den PDA mit den Urlaubsfotos legt man auf den Cafe-Tisch, auf dem man dann die Fotos betrachten kann. Man kann sie größer und kleiner ziehen, sortieren, einen Film zeigen oder eine Diashow ablaufen lassen. Die besten Fotos zieht man einfach auf den PDA der Freunde, um sie weiterzugeben. Wenn man während des Gesprächs die leere Kaffeetasse auf den Tisch stellt, kann man mit einem Fingerzeig auf den Tisch einen neuen Kaffee bestellen. Von der aufwendigen Software, die im Hintergrund alle genutzten Dienste bereitstellt, bekommt man als Nutzer im Idealfall nichts mit. Die Interaktion mit dem Computer ist in diesem Szenario schon sehr nahe an Weisers Vision.

### 1.3.2 Ausgabe



Abbildung 2: Mehrere Nutzer stöbern an einem „Surface“ in einer virtuellen CD Sammlung ©Robert Sorbo/Reuters

Das große Display des „Surface“ verweist auf den nächsten Aspekt von Interaktion: die Ausgabe. Mark Weiser unterteilte die Displays nach Größe in Inch-, Foot- und Yard-Klasse. Hierbei repräsentieren normale Laptop- und Desktop-Monitore die Foot-Klasse. Inch-Displays finden wir in PDAs oder Handys, aber auch als Statusdisplays an Elektrogeräten wie Satellitenempfängern o. Ä. Und schließlich zählen oben genannte interaktive Großbildschirme zur Yard-Klasse der Displays.

Angesichts dieser Menge an verschiedenartigen Displays sind vor allem zwei Trends zu beobachten: Zunächst wächst der Wunsch, Informationen zwischen verschiedenen Bildschirmen verschieben zu können. Im oben genannten Beispiel des interaktiven Cafe-Tischs ist diese Funktion schon implementiert: Die Möglichkeit, Bilder über den Tisch zwischen

Geräten zu kopieren, entspricht genau dieser Anforderung. Zum anderen sollten die Displays nicht ständig unsere Aufmerksamkeit benötigen. Die von Weiser geforderte Unsichtbarkeit von Computern wird über das Design ihrer Ausgabe erzielt. Die Informationen des Computers sollen gegenwärtig sein, ohne bewusst unsere Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen. Dies führt zu so genannten Ambient-Displays. Das sind keine Displays im herkömmlichen Sinne, sondern eher Indikatoren für Daten. Als Beispiel sei hier die „Hello Wall“ vorgestellt (s. Abb. 3). Hierbei handelt es sich um ein knapp 2mx2m großes grobpixeliges Display (124 LEDs in 8 Reihen). Die LEDs sind einfarbig,

aber in der Helligkeit regulierbar. So lassen sich ästhetisch ansprechende Formen und Muster darstellen, so dass die Hello Wall auf Benutzer ohne Vorwissen wie ein Kunstwerk wirken könnte. In Wirklichkeit werden auf dem Display jedoch keine zufälligen Muster dargestellt, sondern Symbole, die die Anwesenheit von Personen in einem anderen Raum anzeigen. [8] Die Informationen werden so dezent und ohne zu stören verfügbar gemacht.

### 1.4 Benutzererlebnis

Viele immer verfügbare Displays und Computerinterfaces ebnen den Weg weg von ortsgebundenen Tools hin zu dauerhaft verfügbarem Zugriff auf Computer. Diese Form von alltäglichem Umgang sollte sich möglichst nahtlos in unser Leben und die gewohnten Abläufe einfügen. Moderne Ubicomp-Anwendungen haben, einmal im Betrieb, weder einen Anfang noch ein Ende, sondern stehen fortwährend zur Verfügung. Sie müssen auf Unterbrechungen im Arbeitsablauf genauso flexibel reagieren können wie ihre Benutzer. Auch mehrere parallel ablaufende Aktivitäten sind möglich. Sie müssen vom System flexibel koordiniert werden (so wie ein Mensch es auch tun würde). Der Nutzer darf nicht mehr mit der Koordinierung seiner Arbeit zu tun haben, als er es ohne Unterstützung durch Computer hätte. Ein weiteres Augenmerk gilt den zur Verfügung stehenden Daten. Wenn sie assoziativ gespeichert und zentral verfügbar sind, können sie in verschiedenen Kontexten verwendet werden.

Ein Adressbucheintrag wird z. B. nicht nur zum Kontaktieren der Person benötigt, sondern auch, um Meetings zu koordinieren, Reiserouten zu optimieren etc. Auf die Möglichkeit dieser assoziativen Datenspeicherung haben wir übrigens schon in anderen Beispielen wie selbstverständlich zurückgegriffen, wenn z. B. vom Bezahlen an der Tankstelle mit dem Autoschlüssel die Rede war. Wann immer assoziativ Daten gespeichert werden, muss freilich darauf geachtet werden, das Recht auf informationelle Selbstbestimmung nicht zu verletzen. Der Nutzer sollte die Kontrolle darüber behalten, wer wann auf welche seiner personbezogenen Daten zugreifen darf. Das ist ein in der Entwicklung hin zu ubiquitären Computersystemen bekanntlich oft diskutiertes Problem.

Es gibt 4 Aspekte, die bei der Entwicklung von Ubicomp Applikationen eine Rolle spielen.

- Im Sinne der **Aktivitätstheorie** besteht die Unterstützung des Nutzers durch Computer darin, ihm die (selbstgewählten) Arbeitsabläufe so einfach wie möglich zu gestalten. Die Leistungsfähigkeit des Nutzers wird von den Fähigkeiten seiner Tools mitbestimmt. Eine Minimierung von Einschränkungen des Benutzers hilft ihm, flexibel reagieren zu können, ohne dabei an Grenzen der Software zu stoßen. So wird z. B. die Heimfahrt von der Arbeitsstätte auch für einen routinierten Fahrer zur Herausforderung, wenn es zu unwetterartigen Regenfällen kommt. Das Auto kann hierbei durch Aktivierung der Scheibenwischer oder Einschalten des Abblendlichts den Nutzer unterstützen und einen einfacheren Arbeitsablauf gewährleisten. Die Aktivitätstheorie beschreibt also die Unterstützung der Aktivität des Nutzers durch den Computer.
- Zu den Grundformen menschlichen Handelns gehört die situationsbezogene Reaktion. In den



Abbildung 3: Die Hello Wall in einer Lounge. 2 Lounges sind verbunden, die Hello Walls zeigen die Anwesenheit von Nutzern in der jeweils anderen Lounge an. [8]

seltensten Fällen folgt die Handlung eines Menschen einem vorgegebenen Muster; sie passt sich vielmehr flexibel der Situation an. Diese Improvisationsfähigkeit des Menschen sollten Ubicomp Applikationen nutzen, indem sie keine Arbeitsabläufe vorgeben. Zudem haben sie aber auch die Möglichkeit, die Situationen, auf die der Nutzer reagieren muss, mitzubestimmen, indem sie ihm kontinuierlich Informationen liefern. So kann z.B. das o.g. Auto dem Fahrer die aktuelle vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeit auf einem Display anzeigen.

- Gemäß der Idee der **verteilten Wahrnehmung** erhält der Computer die Möglichkeit, die Situationseinschätzung des Nutzers zu verbessern oder zu prüfen. Dadurch ergeben sich Anwendungen, die nicht nur dem Nutzer der Anwendung, sondern auch anderen Menschen helfen. In einem Auto ist ein Beispiel für ein solches System eine adaptive Geschwindigkeitsregelung, die bei Unterschreitung des Sicherheitsabstands automatisch abbremst. Werden Gefahrenschwerpunkte über ein Ad-Hoc-Netzwerk zwischen den Autos ausgetauscht, liegt eine systeminterne verteilte Wahrnehmung vor. So werden auch andere Verkehrsteilnehmer geschützt.
- Ein anderer Ansatz führt über die Analyse des **kulturellen Umfelds** des Benutzers. In unterschiedlichen Kulturkreisen unterscheidet sich auch die Art der alltäglichen Abläufe, in die sich ein Ubicomp Gerät integrieren soll. Zu den nötigen Anpassungen zählt nicht nur die Übersetzung der Software in Landessprache, sondern auch z.B. die Rücksichtnahme auf Lese- und Sprechgewohnheiten. Der Computer soll sich in den Tagesablauf nahtlos einfügen.

## 2 Virtuelle und erweiterte Realität

### 2.1 Anwendungen

Der Begriff „Virtuelle Realität“ bezeichnet die Simulation einer Welt, in die der Nutzer eindringen kann. Er hat so die Möglichkeit, Situationen zu erleben, die in der „realen“ Realität zu gefährlich, zu teuer oder ganz und gar unmöglich wären.

Das Konzept der Virtuellen Realität kann benutzt werden, um Szenarien zu modellieren, die unserer Realität ähneln. Die populärsten Beispiele bieten hier Computerspiele, in denen die Spieler vom Autorennen über eine Fahrt mit einem Kreuzfahrtschiff (natürlich als Kapitän) bis hin zum Krieg der Sterne alles erleben können. Auch die Verknüpfung von Internet und Virtual Reality ist zuerst bei Multiplayerspielen gelungen. Den bisherigen Höhepunkt dieser Entwicklung stellen Spiele wie Second Life dar, eine vollständige, mit wenigen Einschränkungen von den Nutzern gestaltbare Abbildung unserer Welt, an der jeder teilhaben kann. Außerhalb dieser spielerischen Anwendungen haben sich virtuelle Realitäten im Internet jedoch noch nicht in größerem Maße durchsetzen können: Neben VRML (Virtual Reality Markup Language), einer Beschreibungssprache für 3D-Objekte im Web, hat sich nur das Shockwave-Format zur Darstellung von interaktiven 3D-Anwendungen im Internet etabliert. Shockwave-Applikationen werden oft auf Webseiten von Automobilherstellern genutzt, um die Wunschkonfiguration des Autos zu visualisieren.

Oft wird eine VR-Anwendung für eine spezifische Aufgabe erstellt: So kann ein Architekt schon vor Baubeginn mit den Bauherren durch ihr neues Eigenheim spazieren, und ein neues Auto kann schon vor dem ersten Prototyp hinsichtlich Übersichtlichkeit und Bedienergonomie überprüft werden. Doch auch sonst nicht sichtbare Elemente der Realität können in einer VR sichtbar gemacht werden. So können Akustiker die Auswirkungen eines Raums auf einen Lautsprecher nicht nur simulieren und hörbar machen, sondern auch sonst unsichtbar bleibende Phänomene visualisieren. Das Beispiel zeigt, dass Virtual Reality auch akustische Ereignisse simulierbar macht. Prinzipiell ist eine Simulation, die alle Sinne anspricht, möglich.

Zudem lässt sich VR auch als Trainingsgelände für Menschen einsetzen. Diese Möglichkeit entdeckten zuerst die Militärs, die ihre Truppen in virtuellen Kämpfen auf die echten Einsätze vorbereiten. Doch auch zivile Anwendungen, wie das Üben eines medizinischen Eingriffs oder das Trainieren



bestimmter Arbeitsabläufe sind durch VR realisierbar. Hierbei ist es von Vorteil, wenn die virtuelle Welt auch ein realistisches Gefühl vermittelt (z.B. einen Widerstand beim Ansetzen eines Skalpells). Diese Technik ist auch aus dem Bereich der Computerspiele unter dem Namen *force feedback* bekannt.

### 2.2 Umsetzung

Die Benutzer von VR müssen die virtuelle Umgebung vor allem sehen können. Dazu werden neben konventionellen Monitoren oft 3D-Brillen benutzt, die für jedes Auge ein eigenes Bild projizieren. Anstelle einer aktiven Brille, die selbst die Projektion übernimmt kann es unter Umständen kostengünstiger sein, passive Brillen zu verwenden. Hierbei werden die Bilder für das rechte und das linke Auge zugleich auf eine Leinwand projiziert (oder über einen Fernseher wiedergegeben) jedoch mit unterschiedlicher Polarisierung oder mit Grundfarben verschiedener Wellenlänge. Durch eine Brille mit Polarisations- oder Interferenzfiltern werden die Bilder für jedes Auge wieder getrennt. Insbesondere können so mehrere Menschen gleichzeitig eine 3D Projektion betrachten. Die Wahrnehmung der realen Welt (und damit die Interaktion mit den anderen Nutzern) bleibt, beim Einsatz eines Polarisationsfilters, weitgehend unbeeinträchtigt.

Um eine realistische Landschaft zu generieren, wird sehr viel Rechenleistung benötigt, so dass zu Gunsten einer Berechnung in Echtzeit oft auf gewisse Details verzichtet wird. Die Simulation einer 3D Umgebung benötigt ca. 25 Bilder pro Sekunde pro Auge für ein flimmerfreies Standbild. Bei schnellen Bewegungen müssen, um einem Übelkeitsgefühl im Simulator vorzubeugen, ca. 60 Bilder pro Sekunde in Stereo berechnet werden. Dennoch lassen sich heute durch zunehmenden Einsatz von dedizierten Grafikprozessoren sowie immer ausgefeilteren Physik-Engines überzeugende Ergebnisse realisieren. Wenn keine Interaktion erforderlich oder gewünscht ist können die 3D Filme selbstverständlich auch im Vorraus gerendert werden. Eine Berechnung in Echtzeit ist dann nicht notwendig.

Die Dateneingabe erfolgt oft über einen Datenhandschuh, der in der Lage ist, die Gestik des Nutzers zu erkennen. Außerdem kann der Datenhandschuh auch die Aufgabe des force feedback übernehmen, damit der Nutzer eine realistische Situation nicht nur sieht, sondern auch fühlt. Jedoch haben sich auch einfachere Eingabegeräte wie die Spacemouse etabliert. Die Spacemouse funktioniert wie ein Joystick, den man auch nach oben und unten ziehen bzw. drücken kann, um alle 3 Dimensionen abzudecken. Für Virtual Reality Anwendungen am PC werden oft auch Maus und Tastatur benutzt. Hierbei dient dann z.B. die Maus zur Änderung der Blickrichtung und die Tastatur zur Fortbewegung.

Wachsende Bedeutung bekommen Tracking-Techniken, die Menschen im Raum oder auch nur deren Augenbewegung erkennen. So kann man sich z.B. virtuelle Objekte näher ansehen, indem man sich der (realen) Projektionsfläche annähert und „genauer hinschaut“. Diese Art der Interaktion ist der natürlichen Interaktion des Menschen mit seiner Umwelt also sehr ähnlich.

Wichtig für einen realistischen Gesamteindruck ist auch die richtige Geräuschkulisse in der virtuellen Realität sowie die Möglichkeit, über Sprache mit dieser zu interagieren. Es gibt eine große Spanne möglicher Ausgestaltungen von virtuellen Realitäten. So ist eine VR mit nur einem Kopfhörer möglich (hier wird nur eine Geräuschkulisse, üblicherweise in einem Konzert o.ä. nachgebildet) oder eine von einem Ganzkörperanzug mit den Eigenschaften des Datenhandschuhs unterstützte. Eine weitere Form von Virtueller Realität verknüpft reale Kontroll- und Interaktionsmöglichkeiten mit Virtueller Realität. Überall dort, wo die Menschen die Welt nur über ein Fenster oder eine Videoübertragung sehen (im Flugzeugcockpit oder durch eine Videokamera), kann die echte Welt relativ einfach durch eine virtuelle ersetzt werden. So werden zum Beispiel Flugsimulatoren zum Pilotentraining gebaut, indem ein echtes Cockpit in eine geschlossenen Box montiert wird, die hydraulisch bewegt werden kann. Im Cockpit werden die Fenster durch große Bildschirme ersetzt. So können die Piloten virtuell gefährliche Situationen üben.

Die Form der Virtuellen Realität, bei der der Benutzer sich in einem Raum befindet, in dem die

virtuelle Welt erzeugt wird, nennt man auch CAVE-Technik. Hierbei wird ein computergeneriertes Bild (im Idealfalle) auf alle 6 Wände eines Raums projiziert.

### 2.3 Erweiterte Realität

Wenn die virtuelle Welt nicht komplett von der realen Welt abgeschottet ist, sondern sich mit der realen Welt vermischt, sprechen wir von „erweiterter Realität“ (augmented reality). Ein einfaches Beispiel sind Head-Up-Displays, wie sie Flugzeuge oder moderne Autos benutzen, um Informationen direkt in den Blick des Fahrers zu projizieren. Oft haben diese Informationen aber wenig oder keinen Bezug zu den sonstigen Objekten im Blick des Nutzers. Die Informationen auf dem Display und in der Realität vermischen sich also nicht. Eine bessere Vermischung von Realität und computergenerierten Bildern kann durch Einsatz von halbdurchsichtigen Brillen erzielt werden. Durch sie kann der Betrachter sowohl ein computergeneriertes Bild sehen als auch (gleichzeitig) die reale Welt. Natürlich können auch hier Informationen projiziert werden, die nichts mit der Realität zu tun haben, wie z. B. die Emails des Nutzers. Wenn jedoch die Realität mit einbezogen wird, ergeben sich Szenarien, in denen ein Nutzer z. B. einen virtuellen Ball gegen eine reale Wand werfen kann. Es ist leicht ersichtlich, dass hierfür auch der Computer die Umgebung kennen muss. Dieses Problem wird häufig mit bildanalysierenden Verfahren gelöst, also einer Kamera und einer entsprechenden Auswertung der Bilder im Computer.

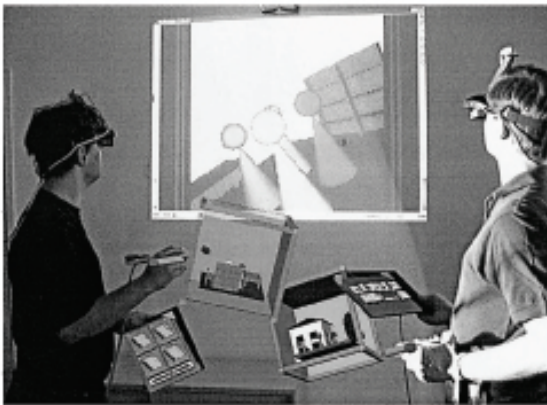


Abbildung 4: Zwei Benutzer des Studierstube Projekts bei der Erstellung eines Storyboards. Im Raum sind zwei Bühnenbilder zu sehen. [7]

Ein weiterer positiver Effekt erweiterter Realität ist, dass die Möglichkeiten zur Interaktion mit anderen Nutzern unverändert bleiben. Eine solche Anwendung wurde im Rahmen des „Studierstube Projekts“, das an der Universität Wien zur Erforschung von Anwendungsbereichen erweiterter Realität durchgeführt wurde, entwickelt. [7] Interface für alle Anwendungen des Projekts ist eine kleine Tafel und ein Stift. Auf die Tafel werden (mit Hilfe halbdurchsichtiger 3D-Brillen) die Steuerungen für die jeweilige Applikation projiziert. Das Objekt, das betrachtet werden soll, z. B. ein 3-dimensionaler Graph oder das Bild eines Computertomographen bei medizinischen Anwendungen schwebt hingegen frei im Raum und kann von allen Beteiligten betrachtet werden. Im genannten Beispiel kann die Kontrolle über die Applikation durch Weitergabe des Panels an Kollegen abgegeben werden. Es ist also Zusammenarbeit auf normaler sozialer Ebene möglich. Eine wei-

tere Anwendung der Techniken sieht man in Abbildung 4. Hier arbeiten zwei Personen gleichzeitig an einem Storyboard und haben dabei die Möglichkeit, die Bühnenbilder im Raum zu betrachten und zu bearbeiten.



### 3 Daten Visualisierung

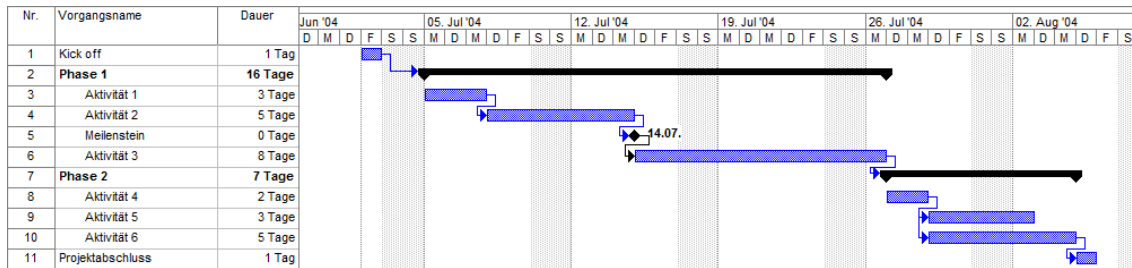


Abbildung 6: Ein Gantt-Diagramm erstellt in Microsoft Project (aus: Wikipedia)

### 3.3 Zeit und Visualisierung

Neben den bisher erwähnten Merkmalstypen kann auch Zeit als Merkmal in einem Datensatz auftreten. Doch für den Bereich der Visualisierung kann Zeit auch ein Hilfsmittel sein. Wenn Zeit als Datenmerkmal auftritt, wird in einem 2D-Diagramm oft eine Achse für den zeitlichen Verbrauch benutzt. So wird z. B. der Umsatz einer Firma pro Monat als Balkendiagramm visualisiert. Wenn die zeitlichen Größen selbst 2D-Bilder sind, benutzt man oft Abfolgen von Bildern in bestimmten Zeitabständen. Hierdurch wird vor allem die zeitliche Abfolge von Ereignissen deutlich, jedoch nicht immer der absolute Zeitaufwand einer Aktion. Diese Technik wird z. B. bei Comics oder Aufbauanleitungen für Möbel verwendet. Wenn die zeitlichen Vorgänge unregelmäßig sind oder unregelmäßig auftretende Ereignisse dargestellt werden sollen, benutzt man oft Zeitleisten (der englische Begriff Timelines ist auch im Deutschen gebräuchlich). Ereignisse und Zeitperioden werden als Punkte oder Leisten auf der Zeitleiste dargestellt. An diese Darstellung angelehnt sind die bekannten Gantt-Diagramme, die im Bereich des Projektmanagements eingesetzt werden, um zeitliche Abläufe, Meilensteine und Controllingaufgaben zu koordinieren (s. Abb. 6).

Die Zeit kann allerdings auch als Darstellungselement im Interface verwendet werden. Am einfachsten ist dies zu realisieren, wenn Ereignisse einfach in einer zeitlichen Abfolge wiedergegeben werden, wie z. B. in einem Film. Hierbei ist es durchaus üblich, die Wiedergabegeschwindigkeit anzupassen. So lässt sich die Umsatzentwicklung einer Firma in einem Jahr in weniger als einer Minute darstellen, wenn die Daten für jede Woche für je eine Sekunde angezeigt werden. Doch auch eine verlangsamte Wiedergabe kann von Interesse sein, z. B. wenn man einen Crashtest auswerten möchte. Hierbei ist darauf zu achten, bei der Datenerfassung hinreichend genaue Daten zu speichern (z. B. mit einer Zeitlupenkamera).

Doch auch wenn Zeit kein Merkmal der darzustellenden Daten ist, kann es im Interface als Visualisierungshilfe genutzt werden. Betrachten wir ein Beispiel aus der Medizin: Angenommen, es liegt ein komplettes 3D-Modell für einen Menschen vor. Man kann diesen nun von außen betrachten oder einzelne Schnittbilder aus dem Inneren (wie sie ein Computertomograph liefert). Um ein komplettes Bild zu erhalten, kann man eine Animation anschauen, die sich von oben nach unten durch den Körper bewegt und ständig das aktuelle Schnittbild zeigt. Diese Animation alleine ist jedoch wenig hilfreich, solange man sie nicht manipulieren kann, also anhalten und bestimmte Bilder in Ruhe betrachten.

Daran erkennt man, dass Interaktion auch bei der Visualisierung von Daten ein Schlüsselement ist. Oft werden Slider eingesetzt, um den Bereich der Daten zu beschränken. Auch Marker in Diagrammen sind üblich, um ein Fenster in einem Datensatz festzulegen und den Rest auszuklammern. Im virtuellen Windkanal (s. Kapitel 3.1) erfolgt die Interaktion sogar direkt mittels der im Kapitel Virtuelle Realität (2.2) kennen gelernten Methoden.

## 4 Zusammenfassung

Die Entwicklung weg von herkömmlichen Desktop-PCs zu allgegenwärtiger Unterstützung durch Computer bietet für die HCI-Forschung neue Herausforderungen. Obwohl es mittlerweile einige Anwendungen im Bereich UbiComp gibt, wie z. B. Kommunikation oder spontane Aufnahme von Informationen mit Kameras im Handy oder Audiorekordern, besteht hier noch viel Entwicklungsbedarf, wenn die Technologie der Desktop-PCs auf Dauer verschwinden soll. Dass noch nicht klar ist, wie die Zukunft dieses Bereichs aussieht, zeigen auch aktuelle Äußerungen der Computergiganten Steve Jobs und Bill Gates auf der „D5: All Things Digital“-Konferenz des Wall Street Journals. Bill Gates propagiert funktionsreiche Tablett-PCs, die als mobile Begleiter für alle Anwendungen dienen sollen. Steve Jobs hingegen sieht in Zukunft eher mehrere aufgabenspezifische Geräte. Die langfristige Entwicklung halten beide für schwer vorhersehbar. Es erscheint jedoch sicher, dass zukünftige UbiComp-Anwendungen darauf abzielen, den Nutzer besser bei seinen alltäglichen Aufgaben zu unterstützen. Hiermit steigen auch die Anforderungen an Tests, die die Software durchlaufen muss, da sich herkömmliche User-Interface-Labore nicht zur Überprüfung alltagstauglicher Technologien nutzen lassen.

Virtuelle und erweiterte Realität werden in vielen Bereichen immer wichtiger. Während die Virtuelle Realität nicht nur auf dem heimischen PC angelangt, sondern längst zu einer wirtschaftlich relevanten Technologie für die Entwicklung neuer Produkte in sehr vielen Branchen avanciert ist, hat die erweiterte Realität noch etwas mehr Entwicklung vor sich. Die vereinfachte Interaktion mehrerer Nutzer in augmented Realities ist jedoch ein Vorteil, der dieser Technologie sicherlich zu mehr Popularität verhelfen wird.

Die Vorteile von VR und alle Interaktionsparadigmen aus dem Bereich des UbiComp, aber auch die in den vorangegangenen Vorträgen der Reihe vorgestellten Technologien helfen im Bereich der Datenvisualisierung dem Nutzer ein tieferes Verständnis der Daten zu erlangen. Interaktive Repräsentation macht Daten in einer Weise erfassbar und nutzbar, die ohne diese Technik undenkbar wäre.

## Literatur

- [1] Alan Dix, Janet Finlay, Gregory D. Abowd, and Russel Beale. *Human-Computer Interaction*. Pearson Education Limited, third edition, 2004.
- [2] Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein und Institut für Wirtschaftsinformatik der Humboldt-Universität Berlin. Technikfolgenabschätzung - ubiquitäres computing und informationelle selbstbestimmung. Technical report, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Juli 2006.
- [3] Ivan Herman, Guy Melançon, and M. Scott Marshall. Graph visualization and navigation in information visualization: A survey. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 6(1):24–43, 2000.
- [4] Debby Hindus and Chris Schmandt. Ubiquitous audio: capturing spontaneous collaboration. In *CSCW '92: Proceedings of the 1992 ACM conference on Computer-supported cooperative work*, pages 210–217, New York, NY, USA, 1992. ACM Press.
- [5] SK Lee, William Buxton, and K. C. Smith. A multi-touch three dimensional touch-sensitive tablet. *SIGCHI Bull.*, 16(4):21–25, 1985.
- [6] George G. Robertson, Stuart K. Card, and Jack D. Mackinlay. Information visualization using 3d interactive animation. *Commun. ACM*, 36(4):57–71, 1993.
- [7] Dieter Schmalstieg, Anton Fuhrmann, Gerd Hesina, Zsolt Szalavári, L. Miguel Encarnação,

## *Literatur*

- Michael Gervautz, and Werner Purgathofer. The studierstube augmented reality project. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, 11(1):33–54, 2002.
- [8] Norbert A. Streitz, Carsten Rocker, Thorsten Prante, Daniel van Alphen, Richard Stenzel, and Carsten Magerkurth. Designing smart artifacts for smart environments. *Computer*, 38(3):41–49, 2005.