

# freihändig oder handgesteuert?

## Aktuelle Trends in der Gestaltung der Mensch-Computer Interaktion

**Dipl.-Inform. Ingrid Rügge, Technologie-Zentrum Informatik (TZI) der Universität Bremen**

Auf der technologischen Seite des Wegs in die Informationsgesellschaft ist die Gestaltung der Interaktion zwischen Mensch und Computer – die Entwicklung von Interfaces – eine der vorrangigen Aufgaben der Informatik, die in interdisziplinärer Kooperation mit der Psychologie, den Arbeitswissenschaften, den Kognitionswissenschaften, den Sozialwissenschaften aber auch der Elektrotechnik und in Zusammenarbeit mit den AnwenderInnen angegangen wird. Der Begriff Interface – Schnittstelle – meint hier die Berührungsfläche zwischen handelndem Menschen und (re)agierender Maschine:

“Ein Interface ist die Kontakt-Oberfläche zu einer bestimmten Sache. Unsere Welt ist voll davon. Ein Türgriff ist das Interface zwischen einer Person und einer Tür. Lenkrad, Gaspedal, Kupplung und die Instrumente im Amaturenbrett sind Interfaces zwischen Fahrer und Auto. Ein Raumanzug ist das Interface zwischen Astronauten und dem All.”<sup>1</sup>

Die Schnittstelle zur Informations- und Kommunikationstechnik umfasst in einem weiteren Sinne alle zur Kommunikation zwischen Mensch und Computer verwendeten Ein- und Ausgabegeräte sowie die Metaphern und Leitbilder<sup>2</sup>, nach denen die Benutzung des Hard/Software-Systems gestaltet ist. Die bekannteste Realisierung einer Schnittstelle ist der PC mit Bildschirm, Maus, Tastatur, der graphischen Bildschirmdarstellung und der Handhabung des Softwaresystems durch die so genannte direkte Manipulation von Ikonen, gestaltet nach der *Desktopmetapher*. Die Hände bedienen die Eingabegeräte und die Augen – im Multimedia-Zeitalter auch die Ohren – nehmen die Ausgaben des Computers auf. Es gibt jedoch eine Vielzahl von Situationen, in denen das Leitbild “Schreibtisch” nicht passt, die Desktop-Hardware stört und die Software ungeeignet ist, z.B. in einigen Bereichen der Produktion, in Wartung und Instandhaltung, in Medizin, Kunst, im häuslichen Leben und in hochgradig kommunikativen Situationen oder mobilen, räumlich weitläufigen Anwendungen.

Mit dem Fokus auf diese Bereiche wird schon seit den Anfängen der Computerentwicklung an entsprechenden Technologien gearbeitet. Mittlerweile ist hier ein Stand erreicht, der Relevanz für die Praxis hat. Ich werde in diesem Beitrag Schlaglichter auf die wichtigsten Konzepte werfen – mit der Gewissheit, dass das Gesagte schon bald wieder veraltet sein wird.

## Virtual Reality

Eine nicht nur unter Fachleuten bekannte Schnittstelle – mancheiner spricht von einem neuen Paradigma der Mensch-Computer Interaktion – ist die “immersive Virtual Reality (VR)”. Eingesetzt werden Ein-/Ausgabegeräte wie Datenhandschuhe, evtl. sogar Datenanzüge, Trackingsysteme zur Positionsermittlung, Mikrofon, Kopfhörer und Head-Mounted-Displays<sup>3</sup> (Abb.1) sowie eine dreidimensionale Visualisierung und u.U. eine Bewegungsplattform<sup>4</sup> oder ein anderes Equipment zur haptischen Rückkopplung<sup>5</sup>. Als Metapher wird das komplette Eintauchen der BenutzerIn in eine

---

<sup>1</sup>Brenda Laurel, *The Art of Computer Interface Design* (1990), zitiert in: Manfred Waffender (Hg.), *Cyberspace: Ausflüge in virtuelle Wirklichkeiten*, Reinbeck bei Hamburg (Rowohlt) 1993, 47.

<sup>2</sup>Zum Wandel des Begriffs der Interaktivität in der Geschichte der Computertechnologie siehe Jörg Pflüger, *Konversation, Manipulation, Delegation. Zur Geistesgeschichte der Interaktivität*, in: Hans-Dieter Hellige (Hg.), *Visionen, Paradigmen und Leitmotive in der Geschichte der Informatik*. Berlin et al. (Springer) 2001 (im Erscheinen).

<sup>3</sup>Head-Mounted-Displays, kurz HMDs, werden auch “Datenhelme” genannt.

<sup>4</sup>José Dionísio, Udo Jakob, Rolf Ziegler, *Haptische Rückkopplung als Interaktionsverbesserung mit Virtuellen Umgebungen*, in: Ingrid Rügge, Bernd Robben, Eva Hornecker, Friedrich Wilhelm Bruns (Hg.), *Arbeiten und begreifen: Neue Mensch-Maschine-Schnittstellen*, Münster (Lit-Verlag) 1998, 56.

<sup>5</sup>Unterschieden werden *force*, *touch* und *temperature feedback*. Es wird mit Hilfe entsprechender Ausgabegeräte ein computergenerierter Eindruck von Kraft, Berührung und Temperatur vermittelt. Vgl. Dionísio et al., *Haptische Rückkopplung*, 51-61.

computergenerierte künstliche und in allen Parametern vollständig steuerbare Welt verwendet, bei dem die physische Welt “ausgeschaltet” wird. Abhängig vom Anwendungsszenario und von den eingesetzten Ein-/Ausgabegeräten wird der gesamte Körper in die Interaktion mit einbezogen. Die Hände werden beispielsweise zur Navigation im virtuellen Raum eingesetzt und können beim “Kontakt” mit einem virtuellen Gegenstand ein entsprechendes computergeneriertes Gefühl verspüren. Diese Idee des vollkommenen Eintauchens in die virtuelle Welt ist bisher nur in Teilen realisiert worden. Entgegen stehen der Umsetzung u.a. eine Vielzahl technischer Einschränkungen, z.B. die unvermeidbare zeitlich Verzögerung zwischen Ein- und Ausgabe, die sich in Effekten wie der sogenannten “Simulatorkrankheit” negativ bemerkbar macht. In breiter Front durchgesetzt hat sich eine abgeschwächte Variante von Virtual Reality: computergenerierte 3D-Bildwelten, dargestellt auf 2D-Bildschirmen, navigierbar mit Maus und Tastatur sowie Spielekonsolen z.T. mit Krafrückkopplung.

Abb.1: Ein-/Ausgabegeräte der NASA für immersive VR (Datei: Virtual\_Reality.tiff)

Gerade bei den technischen Entwicklungen für den Einsatz von immersiver VR wurde festgestellt, dass die menschliche Wahrnehmung nicht auf das Sehen reduziert werden kann. Ein deutliches Signal setzte hier die Diagnose der bereits erwähnten Simulatorkrankheit<sup>6</sup>. Dieses Phänomen wurde erstmals bei BenutzerInnen von Flugsimulatoren beobachtet. Es wird dadurch hervorgerufen, dass die menschlichen Sinne in der vollständig computererzeugten Welt des Simulators widersprüchliche Wahrnehmungen haben, dass z.B. den Augen eine Bewegung des eigenen Körpers vermittelt wird, der Gleichgewichtssinn aber keinen entsprechenden Reiz erhält, oder dass der Kopf gedreht wird, das computergenerierte Bild aber nur zeitlich verzögert angezeigt wird.

Technisch ist die Ursache ein Ressourcenproblem: Im letztgenannten Szenario ist es erforderlich, dass der Kopf mittels eines Trackingsystems – das sind Sensoren, die Bewegungs-, Positions- und Richtungsänderungen im dreidimensionalen Raum erfassen – “beobachtet” wird. Die Messwerte werden laufend an einen Rechner übertragen und dort ständig ausgewertet. Im Computer muss ein möglichst vollständiges geometrisches Modell, inkl. der physikalischen Eigenschaften der Umgebung, in der sich die BenutzerIn befinden soll, vorgehalten werden. Anhand der Ergebnisse der Sensorauswertung muss das computerinterne Modell der realen Szene angepasst und der Ausschnitt, den die BenutzerIn “sehen” kann, für beide Augen getrennt berechnet und angezeigt werden – und das in Echtzeit. Ein bisher trotz immer schneller werdender Rechner ungelöstes Problem. Um derartige beeinträchtigende Phänomene vermeiden zu können, muss die menschliche Wahrnehmung noch wesentlich besser verstanden werden. Die Wahrnehmungsforschung setzt genau für diesen Zweck VR-Technologie erfolgreich ein<sup>7</sup>.

Nicht nur aufgrund der Simulatorkrankheit hat die Informatik die Bedeutung der “anderen” Sinne für die Interaktion zwischen Mensch und Computer erkannt. Es gibt bereits zahlreiche Forschungsansätze zur Integration der verschiedenen Modalitäten in ein Interface. “Multimedia” und haptische Rückkopplung sind dabei eindeutig auf der Seite der Ausgabemedien anzusiedeln. Die Kombination von gesprochener Sprache und Zeigegesten<sup>8</sup> – und andere so genannte “multimodale” Interaktion – sowie die Integration von Umgebungssensoren oder Körperfunktionssensoren<sup>9</sup> sind der Eingabeseite zuzuordnen. Unter Verwendung neu entwickelter, sehr spezialisierter Sensoren werden in jüngster Zeit verstärkt Interaktionskonzepte und Interfaces entwickelt, die den Menschen weitgehend in seiner gewohnten stofflich gegenständlichen (realen) Umgebung belassen, diese aber um “Computerfunktionalität” ergänzen. Auf diese Ansätze werde ich im folgenden eingehen.

---

<sup>6</sup> Eine umfassende Literatur-Recherche zu diesem Thema ist zu finden in: Eugenia M. Kolasinski, Simulator Sickness in Virtual Environments, U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences, 1995, Technical Report 1027.

<sup>7</sup> Hartwig Distler, Hendrik-Jan van Veen, Stephan Braun, Heinrich Bülthoff, Untersuchung komplexer Wahrnehmungs- und Verhaltensleistungen des Menschen in virtuellen Welten, in: Rügge et al. (Hg.), Arbeiten und begreifen, 159-172.

<sup>8</sup> Sharon Oviatt, Antonella DeAngeli, Karen Kuhn, Integration and Synchronization of Input Modes during Multimodal Human-Computer Interaction, in: Proceedings of CHI '97 (Conference on Human Factors and Computing Systems), (ACM) 1997, 415-422.

<sup>9</sup> Rosalind W. Picard, Affective Computing, Cambridge, London (MIT Press) 1997.

## Augmented Reality

(Computer) Augmented Reality (kurz: AR) steht nicht nur wegen der Namensverwandtschaft in einem direkten Zusammenhang mit Virtual Reality: In AR-Anwendungen kommt die so genannte VR-Technologie ebenfalls zum Einsatz (z.B. halbdurchsichtige Head-Mounted-Displays oder Shutterbrillen, 3D-Eingabemedien, fotorealistische Grafik, Trackingsysteme, ...). Der wesentliche Unterschied liegt nicht auf der technischen Ebene, sondern in der Zielrichtung: "... AR brings information into the user's real world rather than pulling the user into the computer's virtual world."<sup>10</sup> Der Mensch wird also in seiner gewohnten Umgebung belassen, ihm werden in Relation zu dieser Umgebung sonst nicht unmittelbar wahrnehmbare Informationen computergeneriert und zumeist visuell angeboten. Die Hand kann in AR-Anwendungen frei und ohne Funktion für die Computersteuerung bleiben, wird aber häufig zur Bedienung z.B. einer 3D-Maus oder eines anderen Eingabegeräts einbezogen.

Ein spannendes haptisches Interface ist das "Personal Interaction Panel (PIP)"<sup>11</sup> des Instituts für Computergraphik der TU Wien (Abb.2/3): Die BenutzerIn ist mit einem halbdurchsichtigen HMD und Tracking-System am Kopf sowie mit einem mit Tracking-Sensor versehenen Brett und einem Stift in der Hand ausgestattet. Über das HMD wird die visuelle Information scheinbar auf dem Brett angeboten, die Eingabe erfolgt mit dem Stift per Hand auf dem Brett (und nicht im leeren Raum). Die reale Umgebung bleibt dabei sichtbar und berührbar.

Abb.2 und 3: Das "Personal Interaction Panel". Links: die Ein-/Ausgabegeräte, rechts: die Sicht der BenutzerIn (Datei: PIP.PPT)

Ein gut erforschter und damit "klassischer" Anwendungsbereich für Augmented Reality ist die Architektur. Beispielsweise lassen sich in bestehenden Gebäuden die Lage der in den Wänden gelegenen, nicht sichtbaren Versorgungsleitungen oder auch die für die Statik relevanten Bauelemente z.B. für Wartungsarbeiten durch AR sichtbar machen<sup>12</sup>. Ein anderes Beispiel ist die Projektion eines geplanten Neubaus in die noch unberührte Landschaft, um vor jeder baulichen Maßnahme einen visuellen Eindruck von den zu erwartenden Veränderungen auch für nicht-Fachleute zu ermöglichen<sup>13</sup>.

Technisch erforderlich ist auch hier eine Synchronisierung zwischen virtueller und realer Welt und damit die Bereitstellung eines computerinternen Modells der realen Welt. Allerdings muss kein vollständiges Modell vorgehalten und ständig aktualisiert werden.

## Ubiquitous Computing

Ebenfalls in die Kategorie neuer Interfaces und Interaktionsmetaphern gehören Entwicklungen, deren wesentliches Charakteristikum ihr Fokus auf physisch vorhandene Gegenstände als Schnittstellen zum Computer ist. Handhabbare Gegenstände und insbesondere ganze Räume<sup>14</sup> werden mit Sensoren zur "Umgebungswahrnehmung" ausgestattet und mit einem Computersystem (auch untereinander) verbunden, so dass eine Veränderung im Realen die Anpassung der virtuellen, computerinternen Welt bewirkt, ohne dass der Mensch explizit einen Computer "benutzt". Auch hier ist die Zielrichtung nicht, die Welt in den Rechner zu bringen und die Wahrnehmungen der BenutzerIn auf den computergenerierten Output zu reduzieren, sondern im Gegenteil: Ziel ist es, die

---

<sup>10</sup> IGD-Projektgruppe "Augmented Reality" am ZGDV in Darmstadt: <http://www.igd.fhg.de/www/igd-a4/flyers/ar>

<sup>11</sup> Zsolt Szalavári, Michael Gervautz, Interaktion mit virtuellen Informationen in realen Umgebungen – das "Personal Interaction Panel", in: Rügge et al. (Hg.), Arbeiten und begreifen, 133-146.

<sup>12</sup> Anthony Webster, Steven Feiner, Blair MacIntyre, William Massie, Theodore Krueger, Augmented Reality in Architectural Construction, Inspection, and Renovation. In: Proc. of ASCE '96, New York (ASCE Press) 1996, 913-919.

<sup>13</sup> Gudrun Klinker, Didier Stricker, Dirk Reiners: Augmented Reality for Exterior Construction Applications, in: Woodrow Barfield, Thomas Caudell (Hg.) Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality, Mahawah, NJ (Lawrence Erlbaum Ass.) 2000 (im Erscheinen) oder Steven K. Feiner, Blair MacIntyre, Tobias Höllerer, Anthony Webster, A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality System for Exploring the Urban Environment, in: Proc. of ISWC '97 (International Symposium on Wearable Computing), Cambridge, MA (IEEE) 1997, 74-81.

<sup>14</sup> Norbert A. Streitz, J. Geißler, T. Holmer, Roomware for Cooperative Buildings: Integrated Design of Architectural Spaces and Information Spaces, in: Proc. of CoBuild '98 (International Workshop on Cooperative Buildings), Berlin et al. (Springer) 1998 (LNCS 1370).

gewohnte Umgebung mit Computerfunktionalität zu ergänzen (Ubiquitous Computing<sup>15</sup>), sie möglichst weitreichend mit Computern zu durchdringen (Pervasive Computing<sup>16</sup>) und den Computer als benutztes Gerät möglichst vollständig aus dem Wahrnehmungsbereich des Menschen verschwinden zu lassen (Invisible Computer<sup>17</sup>).

Das Konzept des Ubiquitous Computing geht zurück auf ein gleichnamiges Projekt des Xerox PARC (Palo Alto Research Center) aus dem Jahr 1988<sup>18</sup>. Es wurde u.a. motiviert von den Forschungsergebnissen der Anthropologin Lucy Suchman<sup>19</sup>, die zur gleichen Zeit am PARC den Bereich "Work Practices and Technology" leitete und beobachtete, wie Menschen *wirklich* mit Technologie umgehen (im Gegensatz zu dem, was sie meinen, wie sie mit ihr umgehen). Das Projekt sollte eine Antwort finden auf die Mängel des Desktop-Computers: "too complex and hard to use; too demanding of attention; to isolating from other people and activities; and to dominating as it colonized our desktop and our lives."<sup>20</sup>

Heute gibt es eine Vielzahl von Antworten. Im MediaLab des MIT<sup>21</sup> werden beispielsweise Puppen und andere Spielzeuge mit Sensoren und Computerfähigkeiten ausgestattet<sup>22</sup>. Bisher am bekanntesten geworden ist im Kontext des "allgegenwärtigen Computers" wohl das "Schlaue Haus"<sup>23</sup> und insbesondere das Szenario des "intelligenten Kühlschranks", der "weiss", was er enthält, "selbständig" im Internet einkauft, wenn etwas fehlt, und Rezeptvorschläge macht für die Lebensmittel, die vorhanden sind. Hierbei handelt es sich um ein altbekanntes, weitverbreitetes Gerät, das um Sensoren zur Umgebungswahrnehmung und um Computerfähigkeiten erweitert wird und so zu einer Funktionalität gelangt, die in einem gewissen Sinne als Intelligenz (artificial intelligence) gelten kann. Umgebungswahrnehmung meint hier eine von expliziten Eingaben des Menschen unabhängige Aufnahme von Daten der physikalischen Umgebung und eine kontextabhängige Interpretation dieser. Die Intelligenz liegt in der Software, die die Daten der verschiedenen Sensoren auswertet (interpretiert) und miteinander in Beziehung setzt, um aufgrund der erkannten (berechneten) Zusammenhängen automatisch Aktionen auszulösen.

Im Idealfall wird die virtuelle mit der realen Welt auf eine Weise verbunden, die der BenutzerIn "natürlich" erscheint und ihr einen intuitiven Umgang mit den Dingen ermöglicht, ohne Aufmerksamkeit für die Benutzung des Computers zu erfordern. Sie soll vollkommen frei in ihren Bewegungen, Handhabungen und Handlungen bleiben und dennoch in den Genuss einer intensiven Computerunterstützung kommen. Gearbeitet werden muss aus Sicht der Informatik noch an der Verbesserung der Sensoren, an der Intelligenz der Software sowie an den "intuitiven" und "natürlichen" Interaktionsmechanismen.

## Tangible Media und Graspable User Interfaces

Der Bedeutung der Hand für das Denken und Handeln im Umgang mit Computern nimmt an anderer Stelle eine ganz zentrale Rolle ein. Die Hand wird auf existentielle Weise in die Interaktion einbezogen, so dass sie nicht mehr das Eingabegerät bedient, sondern integraler Bestandteil des Interfaces ist. Die Integration erfolgt aus zwei Richtungen, die ich unten erläutern werde. In beiden Fällen wird die implizite Konnotation realweltlicher Gegenstände zur Erleichterung des Umgangs

---

<sup>15</sup> Mark Weiser, Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing, in: Communications of the ACM, 36, 7/1993, 74-83.

<sup>16</sup> siehe Themenheft "Pervasive Computing", IBM Systems Journal, Vol. 38, No. 4, 1999.

<sup>17</sup> Donald Norman, The Invisible Computer, Cambridge, MA (MIT Press) 1998.

<sup>18</sup> Mark Weiser, R. Gold, J.S. Brown: The Origins of Ubiquitous Computing Research at PARC in the late 1980s, in: IBM Systems Journal, Vol.38, No.4, 1999. Reprint Order No. G321-5702.

<sup>19</sup> Lucy A. Suchman, Plans and Situated Actions: the Problem of Human-Machine Communication, Cambridge (Cambridge University Press) 1987.

<sup>20</sup> Mark Weiser, R. Gold, J.S. Brown, Origins of UbiComp.

<sup>21</sup> Das Massachusetts Institute of Technology (MIT) ist international führend auf dem Gebiet neuer (Computer-)Technologien, siehe: <http://www.mit.edu>.

<sup>22</sup> Marina Umaschi, Soft Toys with Computer Hearts: Bulding Personal Storytelling Environments, in: Proc. of CHI '97. 1997, ACM Electronic Publications, <http://www.acm.org/sigchi/chi97/proceedings/paper/mu.htm>.

<sup>23</sup> siehe z.B. in konr@d – Der Mensch in der digitalen Welt, Dezember/Januar 1998/99, "Das digitale Nest", 42-47 und "Schlaues Haus", 48.

mit dem Computersystem herangezogen, d.h. durch die gegenständliche Referenz auf Bekanntes wird Virtuelles begreifbar gemacht (Graspable User Interfaces)<sup>24</sup>.

Die Tangible Media Group<sup>25</sup> des MIT arbeitet beispielsweise an der Umsetzung verschiedener derartiger Schnittstellen<sup>26</sup>. Sensorisiert – und damit beobachtet – wird *der Gegenstand*, z.B. ein Klotz<sup>27</sup> oder auch jeder andere Gegenstand, der im entsprechenden Anwendungskontext ein Bedeutungsträger ist. Gearbeitet wird mit der Hand, d.h. die Hand verändert die Gegenstände – in ihrer Position und Ausrichtung oder auch in ihrer Form. Durch die Vermittlung über den Gegenstand wird die computerinterne Modellwelt verändert und gleichzeitig soll der Umgang mit komplexen computerinternen Modellwelten erleichtert werden. Darüber hinaus erlaubt die Verlagerung des Interaktionsraums in den physischen Raum, z.B. an einen Planungstisch, eine angemessene Computerunterstützung für die Arbeit in Gruppen.

Genau dies ist auch eines der Ziele des “Real Reality”-Ansatzes des Forschungszentrums Arbeit, Umwelt, Technik (artec) der Universität Bremen. Real Reality<sup>28</sup> ist eine gegenständliche, grifforientierte Mensch-Computer Schnittstelle für den Einsatz in Werkstatt und Produktion. Anders als im oben beschriebenen Ansatz steht hier die real formende, zeigende und manipulierende *Hand*<sup>29</sup> im Zentrum. Sie wird sensorisiert, z.B. mittels eines Datenhandschuhs, eines am Finger getragenen Tracking- und Berührungssensors oder auch durch den Einsatz von Kameras und Bildverarbeitungs- und -erkennungsprogrammen. Die Daten der Hand – ihre Bewegung im Raum, ihre Gestik und ihre Berührung von Gegenständen – werden interpretiert, um Rückschlüsse auf die Umgebung<sup>30</sup> zu machen. Physisch vorhandene Gegenstände, die einen direkten Bezug zur Anwendung haben, werden als sinnlich wahrnehmbare, greifbare Modellelemente verwendet. Veränderungen an und mit den gegenständlichen Objekten durch Aktionen der Hand werden an einen Computer übermittelt, der das virtuell vorhandene Modell der Umgebung mit der Realität synchronisiert. Die BenutzerIn kann ihre Aufmerksamkeit ganz den Manipulationen im Gegenständlichen widmen, der Rechner verschwindet im Hintergrund, kann aber weiterhin für systematische Variationen, Analysen und zur Archivierung genutzt werden sowie für Rückprojektionen in das gegenständliche Modell. Die Machbarkeit dieses Konzepts wurde bereits nachgewiesen<sup>31</sup>.

Abb.4: Arbeiten an einem Real Reality Modell (Datei: artec.jpg)

Der Ausgangspunkt von Real Reality ist die These, dass *begreifen* nicht nur als Wort etwas mit *greifen* zu tun hat. Für die Entwicklung von Kindern ist dies seit langem eine anerkannte Tatsache, für Erwachsene spielt sie bisher höchstens in pathologischen Fällen eine Rolle. Es gibt allerdings wissenschaftlich fundierte Belege für den hohen Stellenwert einer komplexen sinnlichen Wahrnehmung, die sich über sämtliche Sinne (Hören, Sehen, Fühlen etc.) sowie körperliche Bewegungen vollzieht. Die Untersuchungen von Fritz Böhle u.a. zum Konzept des *subjekti-*

---

<sup>24</sup> siehe u.a. die Dissertation von George W. Fitzmaurice, 1996: Graspable User Interfaces

(<http://www.dgp.toronto.edu/people/GeorgeFitzmaurice/thesis/Thesis.gf.html>) oder die Arbeiten des Forschungsverbunds “Things That Think” im MediaLab des MIT (<http://www.media.mit.edu/ttt/>)

<sup>25</sup> <http://tangible.www.media.mit.edu/groups/tangible/>

<sup>26</sup> Hiroshi Ishii, Brygg Ulmer, Tangible Bits: Toward Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms, in: Proc. of CHI '97, (ACM) 1997, 234-241.

<sup>27</sup> George W. Fitzmaurice, Hiroshi Ishii, William Buxton, Bricks: Laying the Foundations for Graspable User Interfaces, in: Proc. of CHI '95, (ACM) 1995, 442-449.

<sup>28</sup> Bernd Robben, Ingrid Rügge, Mit den Händen beGreifen: Real Reality, in: Rügge et al. (Hg.), Arbeiten und begreifen, 133-146.

<sup>29</sup> Eine ausführliche Analyse der vielseitigen Funktionalität der menschlichen Hand sowohl aus biologischer als auch aus computertechnischer Sicht liefert: Christine L. MacKenzie, Thea Iberall, The Grasping Hand, Amsterdam et al. (North-Holland) 1994. Mit dem Zusammenhang zwischen Sehen und Greifen beim Menschen und bei Robotern befassen sich die Beiträge in: Melvan A. Goodale (Hg.), Vision and Action: The Control of Grasping, Norwood, NJ (Ablex Publishing) 1990.

<sup>30</sup> Mit “Umgebung” sind hier Gegenstände auf dem Planungstisch gemeint sowie ihre Positionen zueinander.

<sup>31</sup> Kai Schäfer, Volker Brauer, Friedrich Wilhelm Bruns, A new Approach to Human-Computer Interaction – Synchronous Modelling in Real and Virtual Spaces, in: Proc. of DIS '97 (Symposium on Designing Interactive Systems), (ACM) 1997, 335-344.

vierenden Arbeitshandelns weisen nach, dass derartige Informationen nicht unzuverlässig sind, dass sie sogar im Hinblick auf die Bewältigung von Arbeitsanforderungen und im Umgang mit Technik unverzichtbar sind, weil sie unabhängig von der verstandesmäßigen Leistung über eine eigene kognitive Kompetenz verfügen<sup>32</sup>.

## Wearable Computing

Die Miniaturisierung leistungsstarker Rechnern und die drahtlose Vernetzung von Computern liefern die grundlegenden technischen Voraussetzungen für einen mobilen, ortunabhängigen Einsatz von Informationssystemen. Ich meine damit nicht die immer kleiner werdenden Laptops, sondern so genannte "Wearable Computer" (kurz: Wearables), wie sie beispielsweise von den Firmen Xybernaut oder IBM hergestellt werden. Ein Wearable Computer wird nach B. J. Rhodes<sup>33</sup> wie folgt charakterisiert:

- *Portable while operational*: Ein Wearable wird in der Bewegung benutzt.
- *Hands-free use*: Der Wearable kann z.B. durch gesprochene Sprache kontrolliert werden, so dass beide Hände frei sind für andere Aufgaben.
- *Sensors*: Ein Wearable ist mit Sensoren zur Wahrnehmung der physikalischen Umgebung ausgestattet.
- *"Proactive"*: Auch wenn der Wearable nicht aktiv benutzt wird, versorgt er die BenutzerIn doch mit Informationen.
- *Always on, always running*: Der Wearable nimmt kontinuierlich Daten auf und ist immer "im Einsatz".

Steve Mann, der bereits seit den 70er Jahren einen Wearable Computer trägt und ihn seither ständig weiterentwickelt, stellt noch weitreichende Anforderungen<sup>34</sup> an einen Wearable Computer:

- "The computational apparatus is situated in a manner that makes it part of what the highly-mobile user considers himself or herself, and in a manner that others also regard as part of the user."<sup>35</sup>
- "The computational capability is controllable by the user. The control need not require conscious thought or effort, but the locus of control must be such that it is within the user's domain. In this way it may behave as an extension of the user's mind and body ..."<sup>36</sup>
- "Interactional constancy: ... One or more output channels ... are known (e.g. visible) to the user at all times..."<sup>37</sup>

An der Aufzählung dieser Merkmale wird deutlich, dass eine Eigenschaft des Wearable Computing eine sehr weitreichende Personalisierung bzw. Individualisierung des Computersystems ist. Es bietet sich an, die Umgebungssensorik um Sensoren zur "Beobachtung" der TrägerIn zu ergänzen, so dass als Kontext zur Auswahl der angebotenen Informationen die Befindlichkeit der BenutzerIn mit einbezogen werden kann. Unter dem Stichwort "Affective Wearable"<sup>38</sup> wurde am MIT bereits ein entsprechender Prototyp entwickelt, eine Kombination aus einem Wearable und einem Bio-monitoring-System.

Das Leitbild des Wearable Computing ist die Assistenz. Ähnlich wie Software-Agenten im Desktop- und Internetbereich, an die einfache aber langwierige Aufgaben delegiert werden<sup>39</sup>, soll

---

<sup>32</sup> Fritz Böhle, Neue Anstöße für die Technikentwicklung aus der Perspektive subjektivierenden Arbeitshandelns, in: Rügge et al. (Hg.), Arbeiten und begreifen, 22.

<sup>33</sup> Bradley J. Rhodes, The Wearable Remembrance Agent: A System for Augmented Memory, in: Personal Technologies, Vol. 1, No. 1, 1997, 218-219.

<sup>34</sup> Steve Mann, An historical account of the 'WearComp' and 'WearCam' inventions developed for applications in 'Personal Imaging', in: Proc. of ISWC '97 (International Symposium on Wearable Computing), (IEEE) 1997.

<sup>35</sup> ebd.

<sup>36</sup> ebd.

<sup>37</sup> ebd.

<sup>38</sup> Rosalind W. Picard, J. Healey, Affective Wearables, in: Personal Technologies, Vol. 1, No. 4, 1997, 231-240.

<sup>39</sup> siehe Jörg Pflüger, Konversation, Manipulation, Delegation.

die Software des Wearables der BenutzerIn kontextabhängige Informationen anbieten: die richtige Information, zum richtigen Zeitpunkt, am richtigen Ort. Als Anwendungen bieten sich alle Bereiche an, in denen die Beteiligten mobil sind bzw. sein müssen und in denen eine Computerunterstützung bisher aufgrund der unhandlichen Hardware-Eigenschaften nicht verwendbar war z.B. in der Wartung und Instandhaltung von technischen Anlagen<sup>40</sup>, bei der vor-Ort-Analyse bei Störfällen im Umweltbereich, in der Notfallmedizin, bei Sicherung und Bewachung, aber auch im Tourismus.

Abb.5: Wearable Computing in einer industriellen Anwendung<sup>41</sup> (Datei: Xybernaut\_com\_p00374.jpg).

Um die Hände frei zu halten, wird der Computer z.B. am Gürtel getragen und die Ein-/Ausgabegeräte sowie die Sensoren werden in die Kleidung<sup>42</sup> oder in den Schmuck integriert, das Display in die Brille. Noch ungeklärt ist, welche Interaktionskonzepte sinnvoll und anwendbar sind, denn das ständig am Körper getragene proaktive Equipment erfordert es, Fragen nach der Interaktion zwischen Mensch und Computer und der Gestaltung des Interfaces neu zu stellen.

## Zum Schluß

Ich habe einige neue Computertechnologien skizziert, die in den letzten Jahren bzgl. der Mensch-Computer Interaktion immer mehr an Bedeutung gewonnen haben. Sie unterscheiden sich wesentlich vom allseits bekannten PC/Laptop und seiner Gestaltung nach der Desktopmetapher, insbesondere bzgl. der Leitbilder. Welche Technologie sich in Zukunft durchsetzen wird und welche Synergieeffekte zu erwarten sind, wage ich nicht vorherzusagen. Deutlich geworden ist hoffentlich, dass der Einzug der Computertechnologie in die Arbeits- und Lebenswelt in der Informationsgesellschaft noch lange nicht abgeschlossen ist und wir mit weiteren handfesten Veränderungen zu rechnen haben. Die Hand wird dabei für die Computernutzung eine wesentliche Rolle spielen, ob allerdings freihändig oder handgesteuert, bleibt weiterhin eine offene Frage.

## Literatur

- Böhle, Fritz, Neue Anstöße für die Technikentwicklung aus der Perspektive subjektivierenden Arbeitshandelns, in: Rügge et al. (Hg.), Arbeiten und begreifen, 19-28.
- Boronowsky, Michael, Applying Wearable Computers in an Industrial Context, in: Proceedings of ICWC '2000 (International Conference on Wearable Computing), McLean, VA, USA, 16./17. Mai 2000.
- Dionísio, José, Jakob, Udo, Ziegler, Rolf, Haptische Rückkopplung als Interaktionsverbesserung mit Virtuellen Umgebungen, in: Rügge et al. (Hg.), Arbeiten und begreifen, 51-61.
- Distler, Hartwig, van Veen, Hendrik-Jan, Braun, Stephan, Bühlhoff, Heinrich, Untersuchung komplexer Wahrnehmungs- und Verhaltensleistungen des Menschen in virtuellen Welten, in: Rügge et al. (Hg.), Arbeiten und begreifen, 159-172.
- Feiner, Steven K., MacIntyre, Blair, Höllerer, Tobias, Webster, Anthony, A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality System for Exploring the Urban Environment, in: Proc. of ISWC '97 (International Symposium on Wearable Computing, Cambridge, MA (IEEE) 1997, 74-81.
- Fitzmaurice, George W., Ishii, Hiroshi, Buxton, William, Bricks: Laying the Foundations for Graspable User Interfaces, in: Proc. of CHI '95 (Conference on Human Factors and Computing Systems), (ACM) 1995, 442-449.
- Goodale, Melvyn A. (Hg.), Vision and Action: The Control of Grasping, Norwood, New Jersey (Ablex Publishing) 1990.
- Ishii, Hiroshi, Ulmer, Brygg, Tangible Bits: Toward Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms, in: Proc. of CHI '97, (ACM) 1997, 234-241.
- Klinker, Gudrun, Stricker, Didier, Reiners, Dirk: Augmented Reality for Exterior Construction Applications, in: Woodrow Barfield, Thomas. Caudell (Hg.) Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality. Mahawah, NJ (Lawrence Erlbaum Ass.) 2000 (im Erscheinen).
- Kolasinski, Eugenia M., Simulator Sickness in Virtual Environments, U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences, 1995 Technical Report 1027.
- Laurel, Brenda, The Art of Computer Interface Design (1990), zitiert in: Manfred Waffender (Hg.), Cyberspace: Ausflüge in virtuelle Wirklichkeiten. Reinbeck bei Hamburg (Rowohlt) 1993, 47.
- MacKenzie, Christine L., Iberall, Thea, The Grasping Hand, Amsterdam et al. (North-Holland) 1994.

---

<sup>40</sup> Michael Boronowsky, Applying Wearable Computers in an Industrial Context, in: Proc. of ICWC '2000 (International Conference on Wearable Computing), McLean, VA 2000.

<sup>41</sup> Quelle Xybernaut: <http://www.xybernaut.com>

<sup>42</sup> Steve Mann, Smart Clothing: The Wearable Computer and WearCam, in: Personal Technologies, Vol.1, No.1, 1997.

- Mann, Steve, Smart clothing: The Wearable Computer and WearCam, in: Personal Technologies, Vol.1, No.1, 1997.
- Mann, Steve, An historical account of the ‚WearComp‘ an ‚WearCam‘ inventions developed for applications in ‚Personal Imaging‘, in: Proc. of ISWC '97, Cambridge, MA (IEEE) 1997..
- Norman, Donald, The Invisible Computer, Cambridge, MA (MIT Press) 1998.
- Oviatt, Sharon, DeAngeli, Antonella, Kuhn, Karen, Integration and Synchronization of Input Modes during Multimodal Human-Computer Interaction, in: Proceedings of CHI '97, (ACM) 1997, 415-422.
- Pflüger, Jörg, Konversation, Manipulation, Delegation. Zur Geistesgeschichte der Interaktivität, in: Hans-Dieter Hellige (Hg.), Visionen, Paradigmen und Leitmotive in der Geschichte der Informatik, Berlin et al. (Springer) 2001 (im Erscheinen).
- Picard, Rosalind W., Affective Computing, Cambridge, London (MIT Press) 1997.
- Picard, Rosalind W., Healey, J., Affective Wearables, in: Personal Technologies, Vol. 1, No. 4, 1997, 231-240.
- Robben, Bernd, Rügge, Ingrid, Mit den Händen beGreifen: Real Reality, in: Rügge et al. (Hg.), Arbeiten und begreifen, 133-146.
- Rhodes, Bradley J., The Wearable Remembrance Agent: A System for Augmented Memory, in: Personal Technologies: Special Issue on Wearable Computing, Vol.1, No.1, 1997, 218-224.
- Rügge, Ingrid, Robben, Bernd, Hornecker, Eva, Bruns, Friedrich Wilhelm (Hg.), Arbeiten und begreifen: Neue Mensch-Maschine-Schnittstellen, Münster (LIT-Verlag) 1998.
- Schäfer, Kai, Brauer, Volker, Bruns, Friedrich Wilhelm, A new Approach to Human-Computer Interaction – Synchronous Modelling in Real and Virtual Spaces, in: Proc. of DIS '97 (Symposium on Designing Interactive Systems), (ACM) 1997, 335-344
- Streitz, Norbert A., Geißler, J., Holmer, T., Roomware for Cooperative Buildings: Integrated Design of Architectural Spaces and Information Spaces, in: Proc. of CoBuild '98, Berlin et al. (Springer) 1998 (LNCS 1370).
- Suchman, Lucy A., Plans and Situated Actions: the Problem of Human-Machine Communication, Cambridge (Cambridge University Press) 1987.
- Szalavári, Zsolt, Gervautz, Michael, Interaktion mit virtuellen Informationen in realen Umgebungen – das “Personal Interaction Panel”, in Rügge et al. (Hg.), Arbeiten und begreifen, 133-146.
- Umaschi, Marina, Soft Toys with Computer Hearts: Bulding Personal Storytelling Environments, in: Proc. of CHI '97 ACM Electronic Publications, 1997. <http://www.acm.org/sigchi/chi97/proceedings/paper/mu.htm>.
- Webster, Anthony, Feiner, Steven K., MacIntyre, Blair, Massie, William, Krueger, Theodore, Augmented Reality in Architectural Construction, Inspection, and Renovation. In: Proc. of ASCE '96, New York (ASCE Press) 1996, 913-919.
- Weiser, Mark, Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing, in: Communications of the ACM 36, 7/1993, 74-83.
- Weiser, Mark, Gold, R., Brown, J. S.: The Origins of Ubiquitous Computing Research at PARC in the late 1980s, in: IBM Systems Journal, Vol.38, No.4, 1999, 677. Reprint Order No. G321-5702.

## Bildnachweis

- Abb.1: Plate I.16, in: James D. Foley, Andries van Dam, Steven K. Feiner, John F. Hughes, Computer Graphics: Principles and Practice, Reading, MA (Addison Wesley) 1990.
- Abb.2: Der Aufbau des Personal Interaction Panels, in: Zsolt Szalavári, Michael Gervautz, Interaktion mit virtuellen Informationen in realen Umgebungen – das “Personal Interaction Panel”, in: Rügge et al. (Hg.), Arbeiten und begreifen, 149.
- Abb.3: Die Überlagerung der realen Welt mit zusätzlicher Information, in: ebd., 150.
- Abb.4: Arbeit an einem *Real Reality* Modell, in: Bernd Robben, Ingrid Rügge, Mit den Händen beGreifen: Real Reality, in: Rügge et al. (Hg.), Arbeiten und begreifen, 135.
- Abb.5: Quelle Xybernaut, <http://www.xybernaut.com/p00374.jpg>.