

Erscheint in: Industrie Management 6/2003

Vorspann: In diesem Beitrag wird das Konzept des „Wearable Computing“ erläutert und diskutiert, welche Ideen und Technologien sich dahinter verbergen. Dazu gehören u.a. der Einsatz von Wearable Computern und mobilen Ein- und Ausgabemedien, die eine „beiläufige“ Benutzung ermöglichen, bei der das System per Sensorik erfasste Kontextinformationen zur Reduzierung der erforderlichen Interaktion sowie zur Präsentation der richtigen Information zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort nutzt. Zentrales Merkmal einer Wearable-Computing-Lösung ist der Charakter eines intelligenten Unterstützungssystems, das dem qualifizierten Benutzer als informationstechnisches Werkzeug bei seiner „mobilen Tätigkeit“ vor Ort zur Verfügung steht. Einsatzbereiche sind z.B. die Wartung großtechnischer Anlagen, die Pflege von Kranken oder Reiseführer. In diesem Beitrag liegt der Fokus auf Innovationen im industriellen Bereich.

Schlüsselwörter: Wearable Computing, mobile Tätigkeit, mobile Assistenzsysteme, mobile Arbeitsprozesse, mobiler Wissensarbeiter

Wearable Computing für die Industrie

Ingrid Rügge, Michael Boronowsky, Otthein Herzog
Technologie-Zentrum Informatik (TZI), Universität Bremen, Universitätsallee 21-23, 28359 Bremen
[ruegge, mb, herzog]@tzi.de
www.wearlab.de, www.tzi.de

Neuartige, mobile und am Körper tragbare – wearable – Computersysteme bringen die Informations- und Kommunikationstechnik (IT) tiefer in die Arbeits- und Geschäftsprozesse und näher an den Menschen heran, als das bisher möglich war. Wearable Computing wird zur Unterstützung von „mobilen Tätigkeiten“ entwickelt, also beispielsweise für die Inspektion von Straßen, die Distribution bzw. Kommissionierung von Waren, die Instandhaltung großtechnischer Anlagen, die Inbetriebnahme von Maschinen oder auch für handwerkliche Tätigkeiten. Diesen Arbeitsprozessen ist gemeinsam,

- dass sie nicht am Schreibtisch, sondern in der Bewegung oder an verschiedenen Einsatzorten durchgeführt werden,
- dass die primäre Aufgabe der Ausführenden im Handhaben von realen Objekten besteht,
- dass nur eine sehr begrenzte Aufmerksamkeit für die Bedienung des Computersystems zur Verfügung steht, und
- dass sie Teil eines umfassenden computergestützten Arbeitsprozesses sind.

Der Einsatz von Wearable-Computing-Technologien dient der Minimierung von Medienbrüchen, der Überbrückung vorhandener informationstechnischer Lücken und der Effektivierung mobiler Tätigkeiten. Die Branchen mit entsprechenden Tätigkeitsprofilen sind vielfältig, z.B. Logistik, Produktion, Handwerk, Gesundheitswesen, Sicherheit oder auch Tourismus, Journalismus und der Konsumenten-Bereich.

Bisher wurden Computer sehr erfolgreich zur Unterstützung von Bürotätigkeiten und zur Automatisierung gleichförmiger, ständig wiederkehrender Arbeiten eingesetzt. Gemeinsam ist diesen beiden sonst so unterschiedlichen Bereichen, dass sie stationär d.h. ortsgebunden sind, denn auch das Büro hat einen bestimmten Ort, sei es in der Firma oder zu Hause. Das gilt gleichfalls für das mit Notebook und Mobiltelefon ausgestattete, so genannte „mobile Büro“, das mindestens eine feste Ablage benötigt. Der Arbeitsplatz wird sozusagen *in den Computer* verlegt. Alle Informationen und Arbeitsmittel sind im Computer, die Arbeit wird an und mit ihm durchgeführt, die Benutzung erfordert die volle Aufmerksamkeit. Man spricht vom *Computer als Medium*. Verbesserungen und Verfeinerungen dieser Systeme sind möglich, doch der nächste große Innovationsschritt liegt in der Unterstützung von Tätigkeiten, die jenseits der Büroarbeit liegen, nicht an einen festen Platz gebunden sind und die die volle Aufmerksamkeit des Benutzers für die physikalische Welt und z. T. die Benutzung beider Hände erfordern. Wearable Computing bedeutet jedoch nicht, den Desktop PC am Gürtel zu tragen. Das wäre nur eine der vielfältigen Möglichkeiten und hieße, nur einen Bruchteil des Potenzials zu nutzen.

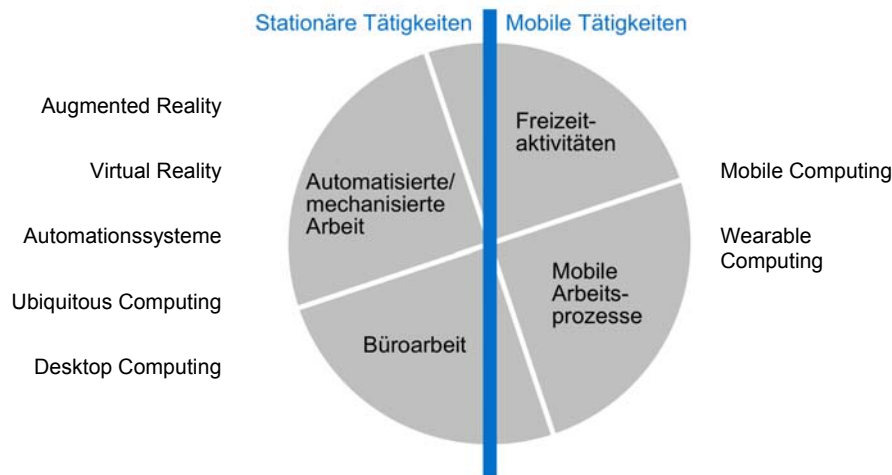


Bild 1: Einsatz von IT für stationäre und mobile Tätigkeiten

Bei der Gestaltung von Computersystemen für mobile Tätigkeiten steht deshalb die *Unterstützung des Menschen* durch Informationsverarbeitung im Vordergrund. Im Mittelpunkt steht der Arbeiter, der mit Wearable-Computing-Technologien in seinen Fähigkeiten unterstützt und von unproduktiven Handlungen entlastet werden soll. Verwendete Metaphern sind der *Handlanger*, der *Tutor* oder der persönliche *Assistent*. Die dafür eingesetzte mobile Technologie muss sich nahtlos in die bestehende betriebliche oder persönliche IT-Infrastruktur einpassen, damit das vorhandene gespeicherte Wissen auch im mobilen Einsatz verfügbar wird. Und umgekehrt: Die mobil erfassten Daten werden zeitnah und automatisch in vorhandene Informationssysteme integriert. Diese „Unterstützungsperspektive“ beinhaltet gerade für den europäischen Wirtschaftsraum ein enormes Potenzial, denn die Facharbeiterkultur hier unterscheidet sich deutlich z.B. vom amerikanischen oder japanischen System. Der europäische Facharbeiter hat eine hohe Grundqualifikation in seinem Arbeitsbereich und ist in der Lage, die ihm gestellten Aufgaben mit geeigneten Werkzeugen weitgehend selbstständig zu lösen. Wearable-Computing-Technologien sind genau für diesen Fall die mobilen informationstechnischen Werkzeuge, die das versierte Fachpersonal entweder von Routinearbeiten entlasten (z.B. bei der Dokumentation) oder bei neuen Aufgaben unterstützen (z.B. durch eine multimediale Reparaturanleitung). Das denkbare Repertoire ist vielfältig und wird von den konkreten Anforderungen des jeweiligen Anwendungsfalls determiniert.

Es werden hohe Anforderungen an diese Technologie gestellt: Ein Wearable-Computing-System darf den Benutzer nicht in seiner Bewegungsfreiheit einschränken und darf seine kognitiven Ressourcen nicht überfordern. Die Handhabung sollte sich nahtlos in den Arbeitsprozess einfügen und den primären Arbeitsfluss nicht unterbrechen. das heißt zum Beispiel, dass nur die Eingaben erfragt werden, die eine menschliche Beurteilung erfordern, und mit Eingabedevices, die der Arbeitssituation angepasst sind. Das Computersystem sollte einen Großteil der erforderlichen Daten mittels Sensorik automatisch erheben und die relevanten Informationen mit intelligenten Methoden aus dem aktuellen Kontext ermitteln. Die Benutzung sollte einfach und beiläufig erfolgen, so wie man blind in die Tasche greift, einen Phasenprüfer hervorholt und die Spannung prüft. Kommerziell verfügbar sind bisher nur Hard- und Softwarekomponenten, keine Komplettlösungen, doch es liegen einige Prototypen und Anwendungsbeispiele¹ vor, die in ihrer Vielfalt das Potenzial des Wearable Computing eindrucksvoll veranschaulichen.

Erste Ansätze und Schlüsseltechnologien

In jüngster Zeit stehen in zunehmendem Maße Hard- und Softwarekomponenten für Wearable Computing auch kommerziell zur Verfügung:

- Wearable Computer z.B. von Firmen wie Panasonic, Symbol, ViA oder Xybernat sowie Rechner in der Größe einer Armbanduhr.
- Wearable Eingabemedien, z.B. Einhandtastaturen oder Arm-Mounted Touchscreens mit entsprechenden virtuellen Tastaturen, drahtlose miniaturisierte Lautsprecher/Mikrofon-Systeme mit umgebungsgeräuschunabhängiger Spracherfassung, robuste Spracherkennung, insbesondere für Schlüsselwörter, Beschleunigungsmäuse, Intelligentes Papier, Barcode- und Transponderleser, kleinste GPS-Module.

¹ Schematische Beschreibungen aller in diesem Beitrag genannten Produkte, Prototypen, Projekte und Anwendungsbeispiele mit entsprechenden Verweisen auf die Quellen sind zu finden in [1].

- Wearable Ausgabemedien, insbesondere Head-Mounted Displays (HMDs) und Unterarmdisplays, aber auch Sprachgeneratoren und Tactile Displays
- Es werden Tragesysteme verkauft, die vom patentierten Gürtel bis hin zu Kleidung mit integrierter Informations- und Kommunikationstechnologie (von Reima, Philips usw.) reichen.

Intensiv erforscht werden derzeit langlebige Batterien und neue mobile Energiequellen. Sensoren aller Art werden schon lange in Regelkreisen verwendet oder stehen als separate Geräte zur Verfügung. Ihre Integration in mobile Computersysteme steht noch aus. Wearable-Computing-Lösungen benötigen in vielen Fällen eine permanente drahtlose Netzinfrastruktur. Durch die so gut wie flächendeckende Netzabdeckung mittels GSM, den zügigen Ausbau des UMTS-Netzes, durch Satellitenfunk und die mittlerweile ausgereifte Ausbaustufe der WLAN- und Bluetooth-Technologie sind diese grundlegenden Voraussetzungen heute bereits erfüllt.

Mobile Lösungen werden derzeit auf zwei Ebenen angeboten: Im kommerziellen Bereich werden Programme, die sich als Desktop-Computing-Lösungen bewährt haben, und Dokumente auf mobile Endgeräte portiert. Entweder wird die Software einfach auf einem entsprechend leistungsfähigen Wearable Computer installiert, oder es erfolgt eine Adaption an die Hardware, wie z.B. bei der Entwicklung von funktionsreduzierten Office-Anwendungen für PDAs oder Smartphones. Doch ist damit das Potenzial des Wearable Computing noch lange nicht ausgeschöpft. Das Aufgreifen der speziellen Erfordernisse mobiler Tätigkeiten und ihre Umsetzung verspricht eine substantielle Effizienzsteigerung, das zeigen – in den meisten Fällen erst prototypisch – realisierte Anwendungsbeispiele.

Anwendungsbeispiele

Transport und Logistik ist eine Branche, in der Gegenstände und Materialien bewegt werden, die alle von Dokumenten begleitet werden. Datenströme und Prozesskoordinierung sind hier überaus wichtig und schon lange computerunterstützt. Für den Lagerarbeiter, die Kommissioniererin oder den Paketboten bedeutet die Erfassung von Daten jedoch eine zusätzliche Arbeit, die völlig anders geartet ist, als die primäre Aufgabe – das Bewegen von Gütern von einem Ort zum anderen. Und sie erfordert einen Zeitaufwand, der zu Lasten der produktiven Arbeit geht. Die Firma Symbol Technologies, eines der führenden Unternehmen im Bereich Scannerkassen und mobilen Computer- und Kommunikationssystemen, hat frühzeitig die Vorteile einer mobilen Unterstützung dieser mobiler Tätigkeiten erkannt [2]. Die Evaluation von Handheld-Lösungen führte dort zur Entwicklung eines ergonomisch gestalteten „Wearable Scanning Systems“, das an einem Finger und am Unterarm getragen wird und die freihändige Erfassung von Barcodes durch Drücken einer Taste am Fingerring ermöglicht. Es wird u. a. in der Paketverteilung, in der Kommissionierung und in der Lagerbewirtschaftung eingesetzt und ist das bisher erfolgreichste kommerziell eingesetzte Wearable Computing System. Symbol ist zz. dabei, diese mobile Komponente als Kommunikations- und Kooperationsystem auszubauen.

Die industrielle Produktion, Montage und Konstruktion beinhaltet, trotz eines hohen Automatisierungsgrads in Deutschland, eine Vielzahl mobiler Arbeitsprozesse, die nicht automatisiert werden können und von Menschen mit hoher technischer Kompetenz ausgeführt werden müssen. Das am häufigsten zitierte Anwendungsbeispiel in der Produktion ist ein Projekt, das bereits Anfang der 90er Jahre von und bei Boeing durchgeführt wurde [3]. Ein mobiles Augmented-Reality-System wurde zur Unterstützung beim Verknüpfen der meterlangen Kabelbäume eingesetzt, um positionsabhängig Informationen in das Sichtfeld des Benutzers projiziert. Die angestrebte Produktivitätssteigerung wurde nicht erreicht, da im Test die Benutzung des Wearable-Computing-Prototypen nur genauso gut und schnell war wie die herkömmliche Methode. Als Ursachen wurden die Ungenauigkeit der Sensoren und Mängel im Interaktionsdesign angesehen. In Deutschland wird im Projekt ARVIKA [4] an dieser Thematik gearbeitet: Dem Arbeiter werden aufgabenbezogen und kontextabhängig visuelle Informationen ins Blickfeld projiziert. Die Anwendungsszenarien stammen aus dem Maschinen-, dem Anlagen-, dem Fahrzeug- und dem Flugzeugbau. Man kann auf die endgültigen Ergebnisse gespannt sein.

Beispiel „Inspektion großtechnischer Anlagen“

Ein vielfältiges Einsatzgebiet der Wearable-Computing-Technologie ist die Instandhaltung. Vor Ort wird der Gegenstand in Augenschein genommen, untersucht, vermessen, getestet und bewertet. Für diese Tätigkeit sind umfangreiche Informationen erforderlich, z.B. die Montage- oder Bedienungsanleitung, die Inspektionscheckliste, Detailinformationen über einzelne Komponenten oder Zeichnungen und Pläne. In schwierigen Fällen sind Rücksprachen mit Experten an anderen Orten notwendig, wobei diese Konsultation durch den gemeinsamen Zugriff auf aussagekräftige Informationen vereinfacht wird. Die Ergebnisse jeder Inspektion werden dokumentiert und bei der nächsten Inspektion als Zusatzinformation herangezogen.

Instandhaltung ist ein gutes Beispiel für das Potenzial des Wearable Computing, da sie bereits eine hohe Informationsdurchdringung hat, die Arbeitsvorbereitung zumindest im industriellen Bereich elektronisch erfolgt und auch die nachgelagerten Prozesse computerunterstützt ablaufen. Eigentlich fehlt nur noch die mobile IT-Unterstützung der Inspektion selbst und ihre Integration in die bestehende Prozesskette. Doch ist die Instandhaltung auch ein gutes Beispiel dafür, dass dieses Potenzial nicht allein im Einsatz eines mobilen

Endgerätes zu finden ist, sondern eine Modellierung des Inspektionsprozesses und eine angemessene Gestaltung der Interaktion erfordert.



Bild 2: Die Anzeige im HMD des Winspect-Prototypen.

Das TZI hat im Projekt „Winspect“ den Prototyp eines Inspektionsassistenten für die Unterstützung der Inspektion von Großkränen in einem Stahlwerk entwickelt [5]. Aufgabe war es, eine Befundsdokumentation zu realisieren, den Zugriff auf Zeichnungen zu ermöglichen und dabei die erforderliche Schutzkleidung, die u.a. aus derben Arbeitshandschuhen bestand, beibehalten zu können. Es wurden Standard-Hardwarekomponenten in herkömmliche Arbeitskleidung integriert (siehe Bild 3) und ein Interaktionskonzept entwickelt, das aus der Vorselektion per Transponderleser und aus einer Eingabe per Handgesten bestand.

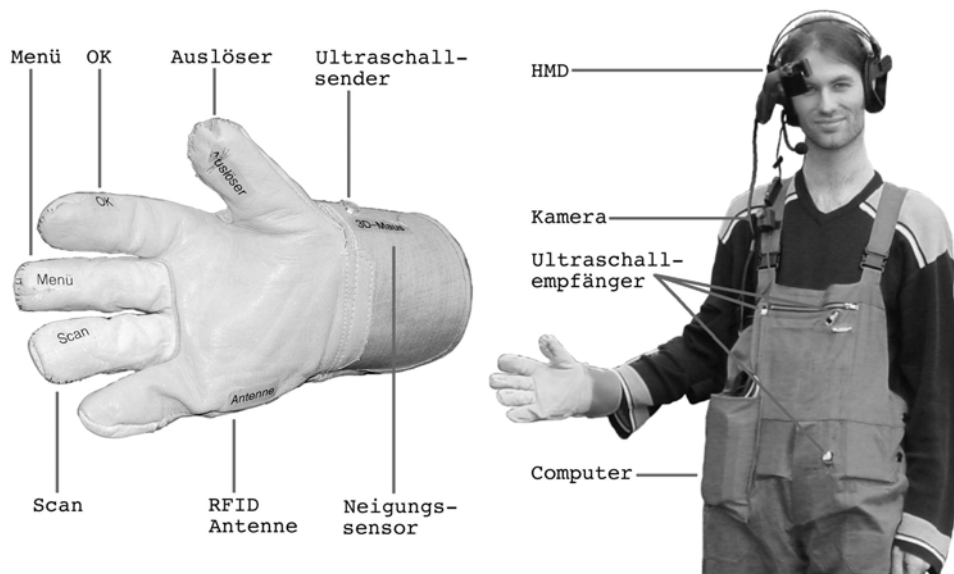


Bild 3: Die Komponenten des Winspect-Prototypen.

Die Anwender waren begeistert vom Ergebnis. Dennoch wurde der Prototyp nie produktiv eingesetzt. Zum einen, weil die Hardwarekomponenten den Einsatzbedingungen nicht dauerhaft standhalten, andererseits aber konnten die Anwender aufgrund des hohen Aufwands nicht für jeden der bei ihnen eingesetzten Krane ein qualitatives Inspektionsmodell formulieren. Diese erforderliche Modellierung von technischen Systemen ist nun Gegenstand der Forschung am TZI.

Ausblick

Das Paradigma „Wearable Computing“ braucht noch einige wenige Entwicklungsschritte, bis es auf breiter Front in kommerzielle Produkte und Dienstleistungen übergehen kann. Viele der erforderlichen Komponenten stehen einzeln bereits zur Verfügung, ihre Integration zu Systemlösungen steht noch aus. Es ist erforderlich, die verschiedenen Anwendungsbereiche genauer zu analysieren, um einerseits die Spezifika der mobilen Tätigkeiten dieser herauszuarbeiten und andererseits, um Gemeinsamkeiten für die Entwicklung einer Lösung für eine ganze Klasse von Anwendungsfällen zu finden.

Aufgrund des hohen Qualifikationsniveaus der Industriearbeiter in Europa kann eine partizipative Zusammenarbeit zwischen Technologie-Entwicklern und Anwendern bereits in der frühen Phase der Entstehung einer neuer Technologien ein Garant für eine hohe Anwendungsrelevanz der entstehenden Lösungen sein. Durch

ein derartiges Zusammenwirken sind Wettbewerbsvorteile hinsichtlich der Akzeptanz durch die Benutzer zu erwarten. Unternehmen tun also gut daran, frühzeitig die mobilen Anteile ihrer Arbeitsprozesse und die vor Ort benötigten Informationen und Interaktionen zu identifizieren und aktiv Einfluss auf die Richtung der Technologieentwicklung zu nehmen.

Die USA sind heute führend bei der Entwicklung der Hardware von Wearable Computern, doch haben sie noch keinen nennenswerten Vorsprung bei der Herstellung integrierter Lösungen wie z.B. im Bereich „Smart Clothing“. Hier spielen europäische Institutionen und Firmen wie das Klaus-Steilmann-Institut, Philips, Reima u.a. eine wesentliche Rolle. Bei der Entwicklung geeigneter Software-Lösungen bzw. -Komponenten steht Europa mit Projekten wie ARVIKA, SmartCom, 6WINIT, Xmotion u.a. sehr gut da. Das 6. EU-Rahmenprogramm sieht einen eigenen Förderschwerpunkt für „Applications and Services for Mobile User and Worker“ vor, so dass in absehbarer Zeit mit einer Anzahl kommerziell verfügbarer Wearable-Computing-Lösungen zu rechnen ist.

Literatur

- [1] Rügge, I.: Studie "Technologische und anwendungsorientierte Potenziale mobiler, tragbarer Computersysteme". Universität Bremen, TZI-Bericht Nr. 24/2002. Aktualisierte Fassung: <http://www.wearlab.de/DOCS/studie/studie.html>
- [2] Stein, R.; Ferrero, S.; Hetfield, M.; Quinn, A.; Krichever, M.: Development of a Commercially Successful Wearable Data Collection System. In: ISWC'98, IEEE Computer Society, 1998, S.18-24.
- [3] Mizell, D.: Boeing's Wire Bundle Assembly Project. In: Barfield, W.; Caudell, Th. (Eds.): Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality. Lawrence Erlbaum: Mahwah, NJ, London, 2001, S. 447-467.
- [4] <http://www.arvika.de>
- [5] Herzog, O. et al: Potenziale des Wearable Computing in der Industrie - am Beispiel der Inspektion. In: J. Gausemeier, M. Grafe (Hrsg.): Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, 2. Paderborner Workshop Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, 4. und 5. Juni 2003, Heinz Nixdorf MuseumsForum, S. 21-39.

AutorInnen

Dr. Michael Boronowsky ist Geschäftsführer des Technologie-Zentrums Informatik (TZI) an der Universität Bremen. Er ist Gründer der Forschungsverbunds [wearLab]. Sein Arbeitsschwerpunkt ist der Transfer von Informatik-Technologien in die Praxis.

Prof. Dr. Otthein Herzog ist Hochschullehrer im Fachbereich Mathematik/Informatik der Universität Bremen. Er ist Gründer und Sprecher des TZI und verantwortlich für den Bereich „Intelligente Systeme“ sowie für das Leitthema “Mobile & Wearable System Solutions”.

Dipl.-Inform. Ingrid Rügge ist Projektmanagerin des Leitthemas “Mobile & Wearable System Solutions” am TZI und Koordinatorin des [wearLab]. Ihre Arbeitsschwerpunkte sind Wearable Computing und Mensch-Computer Interaktion.

Engl. Titel: Wearable Computing for Industrial Purposes

Keywords: wearable computing, mobile activities, mobile assistant systems, mobile work processes, mobile knowledge worker

Abstract: This contribution explains the concept of „Wearable Computing“ and the underlying ideas and technologies. These include, among others, the application of wearable computers and mobile input and output devices for a “casual” use: By means of sensors, the system gathers context information in order to reduce the necessary interaction for the user and to present the right information at the right time, and at the right location. A crucial feature of such a solution is that it is an intelligent assistant system supporting the qualified user on site during his mobile work. Areas of application include the maintenance of large industrial plants, health care, and tourism. In the present contribution, the focus is on industrial innovation.