

Computer im Blaumann

Blue Collar Computing

Ingrid Rügge, Tom Nicolai, Dr. Michael Boronowsky, [wearLab]@tzi, Technologie-Zentrum Informatik der Universität Bremen

Erscheint in VDI-Bericht Nr. 1678, USEWARE 2002

Mobile Tätigkeiten wie die Inspektion von Industrieanlagen oder von Geräten an wechselnden Einsatzorten konnten mit herkömmlichen Computersystemen bisher nur unvollständig unterstützt werden. Mit der Entwicklung von kleinen, leistungsfähigen, am Körper tragbaren Rechnern, monokularen HMDs und mobiler Eingabemedien sind die Voraussetzungen geschaffen worden für die Herausbildung eines neuen Paradigmas der Computernutzung: „Wearable Computing“. In diesem Beitrag wird eine prototypisch realisierte Lösung für die Inspektion von Industriekranen vorgestellt.

So far, mobile work like e.g. the inspection of industrial plants or of equipment to be used at different locations could only be incompletely supported by conventional computer systems. The development of small and wearable computers and equipment, however, laid the foundations for the development of a new paradigm concerning the use of computers: "Wearable Computing". In this contribution, a solution for the inspection of industrial cranes is presented which has been realized as a prototype.

1. Motivation

Instandhaltung leistet einen wichtigen Beitrag im Betrieb und in der Benutzung technischer Anlagen, gewährleistet sie doch einen weitestgehend störungsfreien Ablauf. Instandhaltung besteht aus den Maßnahmen Inspektion, Wartung, und Instandsetzung sowie dem übergeordneten Prozess der Organisation und Planung dieser Maßnahmen, wobei die Erfassung und die Auswertung der Befunde, Schäden und Störungen eine besondere Rolle spielt. Informationstechnisch unterstützt wurde bisher nur der übergeordnete Prozess, da die Durchführung der Inspektion als hochgradig mobile Tätigkeit den Einsatz herkömmlicher IT nicht zuließ. Mobile Tätigkeiten, deren Gegenstand in der realen Welt liegt und die teilweise in der Bewegung ausgeführt werden, erfordern die volle Aufmerksamkeit der TechnikerIn und häufig den Einsatz beider Hände. Herkömmliche, auch mobile informationstechnische Endgeräte wie Notebooks, Smartphones und PDAs erfordern ihrerseits hohe Aufmerksamkeit, auch gerade bei der Benutzung.

Mit der Entwicklung so genannter Wearable Computer, Mikrodisplays und drahtloser Netzwerke steht nun ein Equipment zur Verfügung, das die informations- und kommunikationstechnische Unterstützung mobiler Tätigkeiten unter z. T. extremen Benutzungsbedingungen ermöglicht. Bereits seit den Anfängen des Wearable Computing wird daran gearbeitet, diese Technologie für die Instandhaltung einzusetzen, da hier der Zugriff auf Informationen (Handbücher, Schaltpläne, Reparaturanleitungen etc.), eine multimediale ExpertInnenkonsultation, eine papierlose Schadensberichtserfassung oder die systematische Steuerung des Work-

flows per interaktiver Checkliste sowohl eine Qualitätssteigerung als auch eine Kostenreduzierung erwarten lassen [8]. Das bekannteste Beispiel ist der VuMan [1], ein seit Anfang der 90er Jahre an der Carnegie Mellon University in mehreren Generationen partizipativ designed und auf die Durchführung von Inspektionen hin spezialisierter Wearable Computer. Inspiziert werden u.a. Amphibienfahrzeuge der U.S. Marines, die aus mehr als 600 einzelnen Komponenten bestehen. Auch in ARVIKA [5], einem Leitprojekt des bmb+f, ist Instandhaltung ein Thema. Das [wearLab] des Technologie-Zentrum Informatik der Universität Bremen entwickelt im Rahmen des Forschungsprojekts Winspect (Wearable Computing in Inspection) zusammen mit einem industriellen Partner, der Stahlwerke Bremen GmbH, einen Prototypen für die Inspektion von Kränen, der in diesem Beitrag vorgestellt wird.

2. Der Anwendungsfall

Die Produktion von Stahl erfordert ein großes Ausmaß an Transporten zwischen den verschiedenen Produktionsschritten; diese werden von Kränen durchgeführt. Der Ausfall eines Krans verzögert die gesamte Produktion und verursacht enorme Kosten, weshalb die Stahlwerke Bremen eine Null-Fehler-Strategie anstreben: Störungsbedingte Ausfälle sollen durch eine regelmäßige, qualitativ hochwertige Inspektion des technischen Zustands jedes Krans während der Produktion weitgehend vermieden werden. Bisher ist diese Inspektion noch ein manueller Prozess, der mit vielen administrativen Arbeiten verbunden ist. Zurzeit wird er nur mit Papier und Stift unterstützt, da die Evaluation herkömmlicher IT-Hardware ergeben hat, dass Handheld-Geräte wegen der erforderlichen Handhabung hier nicht eingesetzt werden können, da es keine Ablageflächen gibt und beide Hände gebraucht werden. Bei der Durchführung einer Inspektion erklettert die InspekteurIn den Kran, begutachtet jede relevante Komponente und dokumentiert die Befundung, dies häufig erst, wenn sie den Kran wieder verlassen hat (oder zu einem noch späteren Zeitpunkt).

Die handschriftlichen Notizen werden anschließend evtl. sogar von einer anderen Person in ein digitales Inspektionsprotokoll übertragen. Dieses Vorgehen hat sich in mehrerlei Hinsicht als sehr fehlerträchtig erwiesen: Die zeitliche Verzögerung zwischen Begutachtung und Aufschreibung sowie das „Abtippen“ lässt Informationen verloren gehen, u.a. weil aus Zeitmangel nur die kritischen Befunde in das IT-System übernommen werden. Darüber hinaus ergibt sich eine zu große zeitliche Lücke zwischen der Beobachtung einer Veränderung und ihrer Bekanntgabe im Informationssystem. Der Wunsch nach einer digitalen Just-in-time-Inspektionsdokumentation ging beim Anwender einher mit dem Wunsch, vor Ort auf eine umfassende technische Dokumentation jedes Krans zugreifen zu können, die sowohl technische Beschreibungen als auch Zeichnungen der verschiedenen Komponenten enthält.

3. Der Lösungsansatz

In enger Zusammenarbeit mit den Stahlwerken Bremen wurden die Anforderungen ermittelt, insbesondere an die Benutzung eines mobilen IT-Systems. Es muss folgende Charakteristika aufweisen:

- Die *primäre Aufmerksamkeit* der BenutzerIn muss den Gegenständen der realen Welt gewidmet sein. Da die kognitiven Ressourcen der InspektorIn begrenzt sind, darf sie nicht mit zusätzlichen visuellen und auditiven Informationen überladen werden.

- *Qualitative Zustände* von Teilen und Komponenten des inspizierten Krans sollen dokumentiert werden. Im Anwendungsbeispiel gibt es mehr als hundert unterschiedliche Großkrane an verschiedenen Orten, die jeweils ca. hundert Komponenten mit bis zu zehn Unterkomponenten haben. Dazu zählen z.B. Bremsen und Motoren. Eine Unterkomponente einer Bremse ist z.B. der Bremsbelag.
- Große, detailreiche, technische Zeichnungen müssen *dargestellt* und *navigiert* werden können. Bereits die Größe von Desktop-Bildschirmen reicht hierfür nicht aus. Das Problem verschärft sich noch, wenn technische Zeichnungen oder Blaupausen auf einem Wearable Device mit einer vergleichsweise niedrigen Auflösung benutzt werden.
- Die InspekteurIn muss während ihrer Tätigkeit *Sicherheitskleidung*, insbesondere Arbeitshandschuhe tragen. Sie sind aus festem Leder gefertigt und machen dadurch die Benutzung vieler kommerziell verfügbarer Eingabegeräte unmöglich.

3.1. Relevante Interaktionskonzepte

Mensch-Computer Interaktionstechniken können anhand der Art der erforderlichen kognitiven Kontrolle unterschieden werden: Zur *expliziten* Interaktion ist eine bewußte Eingabe der BenutzerIn erforderlich, implizite Interaktion erfolgt ohne besondere Aufmerksamkeit. Eine *implizite* Interaktion in diesem Sinne ist eine Handlung, die nicht primär der Interaktion mit einem Computersystem dient, die aber dennoch als Eingabe interpretiert werden kann [8]. Der mobile Einsatz von Computertechnik ist dafür prädestiniert, per Sensoren Kontextinformationen zu erfassen und als implizite Eingaben zu verwenden. Dieses Potenzial wird im vorliegenden Anwendungsbeispiel genutzt, um für die InspekteurIn den Aufwand der expliziten Interaktion zu minimieren.

Um während der Inspektion den Befund aufzuzeichnen oder die Dokumentation anzuzeigen, ist jedoch explizite Interaktion erforderlich. Spracheingabe ist eine denkbare Möglichkeit, allerdings hat sie auch gravierende Nachteile. U.a. ist sie schlecht geeignet für die direkte Manipulation von Objekten und sie bindet unverhältnismäßig viele Ressourcen, die gerade im mobilen Einsatz sehr begrenzt sind. Für die Bildschirmanzeige ist ebenfalls eine alternative Darstellungsform erforderlich, da das vom Desktop Computing her bekannte WIMP-Interface (Windows, Icons, Menus, Pointer) für den mobilen Einsatz nicht akzeptabel ist [9], u.a. weil bei der Gestaltung nach der Desktop-Metapher von der uneingeschränkten Aufmerksamkeit der BenutzerIn für die Interaktion ausgegangen werden konnte. Diese Voraussetzung gilt nicht mehr bei mobilen Tätigkeiten wie der Inspektion, da die primäre Aufgabe der BenutzerIn in der realen Welt situiert ist, und die Benutzung des Computersystems fast als Benutzung eines weiteren Werkzeugs aufgefasst werden kann, wie die Verwendung eines Messgeräts oder eines Schraubendrehers.

Bei der Suche nach einer angemessenen Lösung für die konkreten Anforderungen aus dem speziellen Anwendungsfall „Inspektion von Industriekranen“ konnten eine Vielzahl von Faktoren identifiziert werden. Die zentralen Aspekte sind die Aufgabenstellung, die BenutzerIn, das Arbeitsumfeld und der Arbeitsprozess. Für die informations- und kommunikationstechnische Unterstützung mobiler Tätigkeiten dieser Art gibt es (noch) keine Standard-Lösungen, so dass individuelle Lösungen gefordert sind.

3.2 Prototyp

Als aufgabenspezifischer Lösungsansatz wurde der Prototyp eines Inspektionsassistenten entwickelt, bestehend aus einem handelsüblichen Wearable Computer mit drahtloser Netz-anbindung und monokularem HMD (Head Mounted Display), einem um Sensorik und Eingabetechnologie erweiterten handelsüblichen Arbeitshandschuh sowie einem auf die „beiläufige“ und „freihändige“ Benutzung hin optimierten Interaktionskonzept. Der InspekteurIn wird eine mobile Computerunterstützung für die direkte elektronische Erfassung bei der Befundung angeboten, ohne dass sie einen Computer in die Hand nehmen muss und ohne dass ihr der Arbeitsablauf vorgegeben wird.

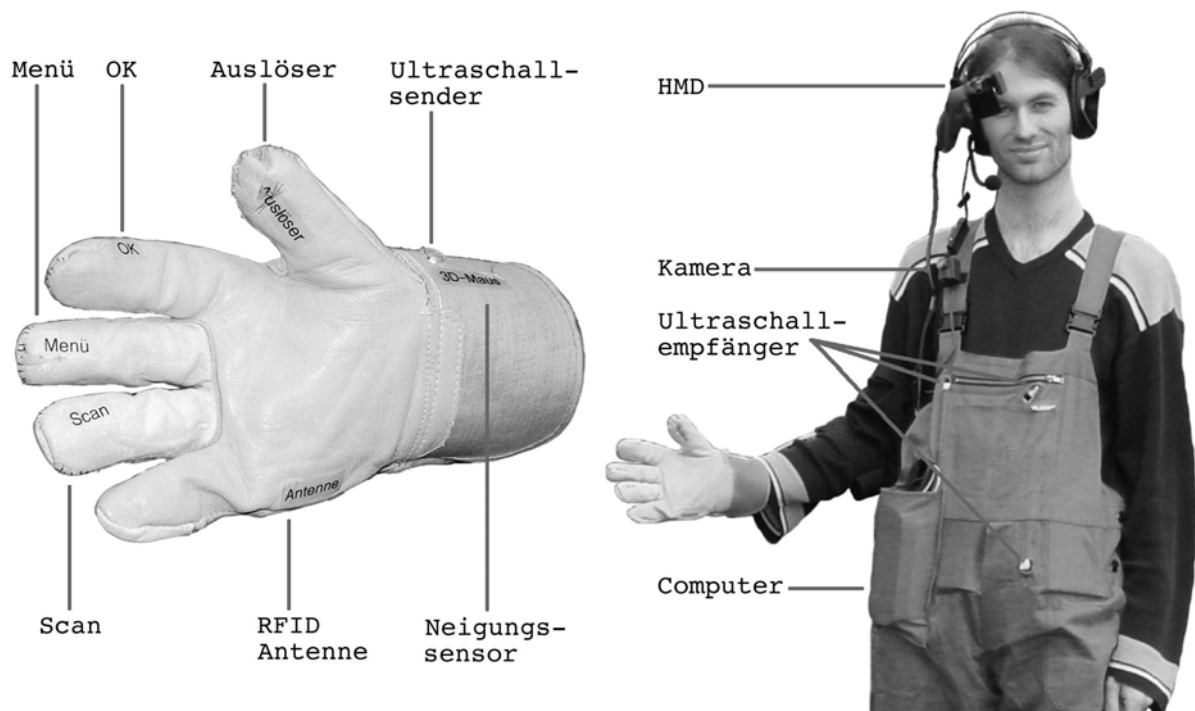


Abb.1: Komponenten des Winspect-Prototyp

3.3 Informationspräsentation und Interaktion

Die elektronische Erfassung eines Befundes vor Ort erfolgt in drei Schritten: Zuerst wird die zu inspizierende Komponente festgelegt, danach die Unterkomponente, und schließlich kann der qualitative Zustand elektronisch dokumentiert werden. Zur Auswahl der nächsten zu inspizierenden Komponente wurde eine implizite Interaktion gewählt: Sie wird mittels Transpondertechnologie elektronisch identifiziert. Aufgrund der räumlichen Entfernung zwischen den einzelnen inspektionsrelevanten Komponenten kann ein RFID-System (Radiofrequenz Identifikation) eingesetzt werden. Dazu wird jede Komponente mit einem sog. „Tag“ markiert und im Handschuh der InspekteurIn ein entsprechender Sensor installiert, der am Wearable Computer angeschlossen ist ([4], [10]). Das Computersystem identifiziert bei Annäherung die jeweilige Komponente, ohne dass eine explizite Eingabe erforderlich ist. Im HMD erscheint daraufhin eine Auswahlliste mit allen Unterkomponenten, geordnet nach Priorität, aus der die InspekteurIn durch explizite Eingabe ein beliebiges Element auswählt. Per

Neigungssensor wird durch Handdrehung der nächste Inspektionsschritt oder die gewünschte Subkomponente ausgewählt und dadurch im Display besonders markiert. Eine Taste in einer Fingerspitze des Handschuhs legt die Auswahl fest. Sie erfolgt durch ein explizites, nicht-mechanisches Auslöseprinzip, so dass bei der Arbeit am Kran keine versehentliche Auswahl möglich ist. Jede Eingabe erfolgt ausschließlich durch „beiläufige“ Gesten der behandschuhten Hand und ohne etwas in die Hand zu nehmen.

Das entwickelte Interaktionskonzept zielt auf die Minimierung der expliziten Interaktion ab. Für die Auswahl aus den Checklisten wurde kein expliziter Mauszeiger realisiert, sondern eine direkte Kopplung der Bewegung der Hand mit dem Inhalt der Checkliste. Die gleiche Interaktion gilt für die Befundung. Das Ergebnis steht dann sofort im Firmeninformationssystem zur Weiterverfolgung zur Verfügung. Zur Eingabe eines Befundes sind somit nur zwei Handdrehungen und zwei Tastendrücke nötig. Entfernt sich die InspektorIn von der aktuellen Komponente, verschwindet sie auch aus dem Display. Auch die Anzeige wurde auf ihre wesentlichen Elemente reduziert, da die InspekteurIn ihre Aufmerksamkeit primär den Komponenten des Krans widmet und nur hin und wieder das monokulare Display konsultiert. Durch die Minimalisierung der Anzeigeelemente wird einerseits ihre Aufmerksamkeit nicht abgelenkt, andererseits wird ihr Blick beim Benutzen des Informationssystems sofort auf den eindeutig gekennzeichneten Fokus geleitet.

3.4 Navigation in Dokumenten

Eine geeignete technische Dokumentation besteht im Allgemeinen aus einer Vielzahl von Dokumenten, die wie ein Hypertext mittels Verlinkung referenziert werden können. Dokumente können im vorliegenden Anwendungsbeispiel Texte, technische Zeichnungen, und Fotografien sein. Das Anzeigesystem muss die Beschränkungen des Bildschirms ausreichend kompensieren und eine Navigation über Links ermöglichen. Ein entsprechendes System zur Kompensation der relativ geringen Auflösung eines HMD wird in [6] beschrieben: Der Bildschirm zeigt nur einen Ausschnitt eines größeren Bildes an. Durch die Kopfbewegung wird dieses Sichtfenster über das gesamte Bild bewegt, so dass der betrachtete Ausschnitt intuitiv gewählt werden kann.

Für die Realisierung des Winspect-Prototypen wurde die Metapher vom beweglichen Sichtfenster zur Navigation in einem Dokument auf eine andere Art umgesetzt: Die dreidimensionale Position des Handschuhs relativ zum Körper der BenutzerIn wird mittels eines Ultraschallsensors vom Wearable-Computer-System erfasst und kontinuierlich beobachtet. Solange eine entsprechende Taste im Handschuh gedrückt ist, folgt das „Sichtfenster“ der Bewegung der Hand. So wird das Dokument vor dem Auge der BetrachterIn auf eine sehr direkte Art und Weise seitlich in alle Richtungen bewegt. Zusätzlich wird die Bewegung der Hand zum Körper hin, bzw. von ihm weg ebenfalls registriert. Diese wird als Verkleinerung bzw. Vergrößerung des Sichtfensters interpretiert. Für die BenutzerIn entsteht der Eindruck, sie halte das Dokument in der Hand: ein großer Abstand entspricht dem Überblickverschaffen, Nähe zeigt Details. Dadurch spielt die Auflösung und Größe des Bildschirms eine untergeordnete Rolle. Der Wechsel von einem Dokument zu einem anderen – das Navigieren in der Dokumentenstruktur – kann mit der gleichen Interaktionstechnik mittels eines Links bewerkstelligt werden.

4. Ausblick

Die oben beschriebene Lösung wurde in einem Projekt mit der Stahlwerke Bremen GmbH für die Inspektion von Industriekranen entwickelt. Vorausgesetzt wurde dabei, dass die Inspektionstabellen und Checklisten bereits vollständig im Informationssystem zur Verfügung stehen. Bei den weit über neunhundert verschiedenen Kranen der Stahlwerke Bremen ist das aber nicht der Fall und es würde ein ganzes Arbeitsleben kosten, um diese Voraussetzung zu erfüllen. Die Bereitstellung eines Teilekatalogs allein reicht als Inspektionsmodell nicht aus, da die Relationen zwischen den Komponenten und das Erfahrungswissen der Inspektoren das Wesentliche eines guten Assistenzsystems ausmachen. Darüber hinaus erzeugt die a priori-Modellierung in der Regel ein viel zu starres, unflexibles Modell. Eine dynamischere und auch ökonomischere Alternative ist die Erzeugung der benötigten Inspektionslisten vor Ort und während der Inspektionen, also ein „modelling by doing“.

Um das konkrete elektronische Modell eines speziellen Krans im praktischen Einsatz vor Ort auf der Grundlage eines generischen Modells zu erzeugen und zu verbessern, ist die Entwicklung und der Einsatz intelligenter Informatik-Technologien erforderlich. In der aktuellen Projektphase kommt deshalb eine ontologiebasierte Wissenserwerbskomponente zum Einsatz, die es aufgrund ihres objektorientierten Ansatzes ermöglicht, auch unbekannte Krantypen während der Durchführung einer Inspektion zu modellieren. Dieses Konzept ließe sich auch auf andere Domänen übertragen: zu entwickeln ist jeweils nur ein generisches Modell der Domainenobjekte, das während der Benutzung des Wearable-Computing-Systems durch explizite und implizite Interaktion zwischen Mensch und Computer konkretisiert und vervollständigt wird.

5. Literatur

- [1] Bass, L. et.al. (2001): Constructing Wearable Computers for Maintenance Applications. In: Barfield, W.; Caudell, T.: Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality. LEA Publishers. S. 663-694.
- [2] Boronowsky, M.; Herzog, O.; Ranze, K.C.; Visser, U. (1999): Winspect: Wearable Computing in Inspection. ICWC, Stuttgart, 1999.
- [3] Boronowsky, M.; Nicolai, T.; Schlieder, C.; Schmidt, A. (2001): Winspect: A Case Study for Wearable Computing-Supported Inspection Tasks. In: Proc. of ISWC'01, S.163-164.
- [4] Boronokwsky, M.; Werner, A. (2000): Applying Wearable Computers in an Industrial Context. ICWC, Fairfax.
- [5] <http://www.arvika.de>
- [6] Reichlen, B. (1993): One Hundred Million Pixel Display. In: Proc. of VRAIS '93, S.300-307
- [7] Rügge, I. (2002): Studie „Technologische und anwendungsorientierte Potenziale mobiler, tragbarer Computersysteme“. TZI-Bericht 24, Universität Bremen.
- [8] Schmidt, A. (2000): Implicit Human Computer Interaction Through Context. In: Personal Technologies Vol. 4(2), S.191-199.
- [9] Schmidt, A. Gellersen, H.W. Beigel, M. Thate, O. (2000): Developing User Interfaces for Wearable Computers – Don't Stop to Point and Click. IMC 2000, Rostock-Warnemünde, 9.-10. November.
- [10] Schmidt, A., Gellersen, H.W., Merz, C. (2000): Enabling Implicit Human Computer Interaction – A Wearable RFID-Tag Reader. In: Reader ISWC2000, S. 193-194.