

Begreifbare Interaktion mit Distributed Wearable User Interfaces

Jens Ziegler, Leon Urbas

Professur für Prozessleittechnik, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Technische Universität Dresden

Zusammenfassung

Mobile Interaktion ist heute geprägt von Berührungs- oder Stiftbedienung auf hochintegrierten Einzelgeräten. Dieses Interaktionsparadigma ist für Mobilgeräte zur Arbeitsunterstützung, zum Beispiel für Landwirte oder Anlagentechniker, kaum geeignet. Kontextspezifische Einschränkungen sowie vielfältige Anforderungen der Arbeitsaufgaben erfordern vielmehr spezifische, hochoptimierte und anpassbare Benutzungsschnittstellen, die hochgradig ergonomisch gestaltet sind. Dieser Beitrag stellt das Konzept der Distributed Wearable User Interfaces (DWUI) vor. DWUI sind Sammlungen von lose gekoppelten Eingabe- und Ausgabegeräten, die in einem körpernahen Netzwerk organisiert sind. Die Geräte werden verteilt am Körper des Nutzers befestigt und bilden eine integrierte und dennoch anpassungsfähige und flexible Benutzungsschnittstelle zu mobilen Systemen. Der Beitrag stellt die konzeptionellen Grundlagen sowie die Gestaltungsrationale für DWUI vor und demonstriert deren Anwendbarkeit anhand einer Beispielimplementierung im Bereich der industriellen Instandhaltung.

1 Einleitung

Mobile IT-gestützte Arbeit ist ein wesentlicher Wettbewerbsfaktor für Unternehmen. Der Zugriff auf Informationen und Dienste zu jeder Zeit an jedem Ort wird ein Hauptfaktor für Produktivitätssteigerungen und ökonomisches Wachstum werden. Mobile Arbeitsabläufe werden dazu mit mobiler Informationstechnologie (IT) unterstützt. Die Arbeitsabläufe werden dabei zunehmend komplexer, die Arbeitssituationen immer widriger. Derzeit verbreitete Interaktionsmechanismen sind dafür nicht mehr ausreichend. Je komplexer die primären Arbeitsaufgaben werden, desto begreifbarer muss die Interaktionen mit den Unterstützungssystemen werden. Im letzten Jahrzehnt wurden klassische Mensch-Maschine-Mediatoren wie Tastaturen, Joysticks oder Scrollräder vielfach durch direkte und multimodale Interaktionsmechanismen einschließlich berührungsempfindlicher Displays und Spracherkennung mit haptischem oder akustischem Feedback ersetzt (Natural User Interfaces). Heute stehen sehr leistungsfähige, für die Berührungsbedienung optimierte Benutzungsschnittstellen zur Verfügung für all jene Anwendungsfälle, für die sich Berührungsbedienung eignet. Für viele Anwendungsfälle, in denen sie sich nicht eignet, existieren heute jedoch kaum gebrauchstaugli-

che Alternativen. Dies ist besonders in Bereichen problematisch, in denen die bloßen Hände nicht nutzbar sind oder Eingaben ohne Sichtkontakt zum Eingabegerät oder unter ungünstigen Arbeitshaltungen erfolgen müssen.

Distributed Wearable User Interfaces (DWUI) schließen diese Lücke. Sie bieten die Möglichkeit zur flexiblen Zusammenstellung gebrauchstauglicher Benutzungsschnittstellen für komplexe Arbeitsabläufe in widrigen Arbeitssituationen. DWUI setzen sich zusammen aus einer Anzahl von Ein- und Ausgabegeräten, die in einem kabellosen körpernahen Funknetzwerk miteinander verbunden sind und in ihrer Kombination die Benutzungsschnittstelle zu einem mobilen System bilden. Die Geräte sind ergonomisch und funktional optimal am Körper des Nutzers verteilt, wobei jedes Gerät vollkommen eigenständig nutzbar ist. Das System integriert sich optimal in den Bewegungsraum des Nutzers. Jedes Gerät ist für eine bestimmte Aufgabe oder einen bestimmten Nutzungskontext optimiert. Das System kann entsprechend flexibel an den Nutzungskontext angepasst werden. Die Ein- und Ausgabebereiche der einzelnen Geräte werden harmonisiert und bilden zusammen einen integrierten Interaktionsraum für den Nutzer (Dvorak 2008). Somit ergibt sich eine für den jeweiligen Nutzungskontext optimale Gebrauchstauglichkeit des Systems.

Im folgenden Kapitel werden die konzeptionellen Grundlagen der DWUI näher erläutert. In Kapitel 3 werden diese Grundlagen anhand einer Beispielanwendung im Bereich der industriellen Instandhaltung praktisch umgesetzt. Dazu es werden grundsätzliche Gestaltungsregeln für DWUI vorgestellt, und es wird eine exemplarische Implementierung eines DWUI vorgestellt. Der Beitrag schließt mit einer kurzen Diskussion in Kapitel 4 und einer Zusammenfassung in Kapitel 5.

2 Distributed Wearable User Interfaces

Mobile Systeme stellen Informationen und Dienste zu jeder Zeit an jedem Ort bereit (Pernici 2006). Sie müssen daher transportierbar und während der Bewegung nutzbar sein, autark und kabellos arbeiten und in wechselnden, häufig widrigen Arbeitssituationen gleichbleibend hohe Gebrauchstauglichkeit gewährleisten. Dafür müssen sie verschiedene Ein- und Ausgabemechanismen für verschiedene Modalitäten bereitstellen und eine für diesen Anwendungszweck geeignete Größe und Form aufweisen (Gorlenko & Merrick 2003). Dvorak (2008) unterscheidet dabei zwischen einem mobilen System und einem Wearable System. Ein Wearable System wird derart gestaltet, dass es sich nahtlos in den natürlichen Bewegungsraum des Nutzers, in dessen Arbeitsaufgabe und dessen Sozialverhalten integriert. Im Gegensatz zu mobilen Geräten verfolgen Wearable Systems das Paradigma der impliziten Interaktion. Mann (1998) definiert acht Charakteristika für Wearable Systems. Sie schränken die Mobilität des Nutzers nicht ein. Sie monopolisieren nicht die Aufmerksamkeit des Nutzers, er kann neben der Interaktionsaufgabe also weitere Aufgaben durchführen. Sie sind stets beobachtbar, der Nutzer erkennt jederzeit den aktuellen Systemzustand und wird auf Ereignisse aufmerksam gemacht. Sie sind steuerbar durch den Nutzer, er kann jederzeit in die (Hintergrund-)Aktivitäten des Systems eingreifen und die Kontrolle über das System erlangen. Sie sind umgebungsintelligent, das System kann mit seiner Umgebung kommunizieren und interagieren und kommuniziert mit anderen Geräten und Systemen. Sie sind permanent

im Hinblick auf Verfügbarkeit und Einsatzbereitschaft. Wearable Systems sind personalisiert und privat für deren Nutzer.

Dvorak definiert darauf aufbauend die Klasse der *Distributed Wearable Systems*. Er beschreibt damit Sammlungen lose gekoppelter, aber stark integrierter, kollaborativer Komponenten unterschiedlicher Art und Größe. Diese sind kabellos miteinander vernetzt und häufig dezentral organisiert. Nutzer können diese Komposition jederzeit entsprechend ihrer Bedürfnisse ändern. Die flexible Organisation und die hohe Integration erlauben erweiterte System-Funktionen und neue System-Dienste. Ihre Ein- und Ausgaben sind derart harmonisiert, dass die Benutzungsschnittstelle stets konsistent, verständlich und gebrauchstauglich ist, auch wenn sich die Systemkonfiguration gelegentlich verändert (Dvorak 2008). Aufgrund der stetig steigenden Miniaturisierung und Konnektivität mobiler Komponenten sind Wearable Devices heute für den Nutzer häufig nur noch über ihre Benutzungsschnittstelle präsent. Die Größe und Form der Geräte folgt den ergonomischen und ästhetischen Bedürfnissen des Nutzers und nicht mehr primär den Anforderungen der Technik. Diese wird miniaturisiert oder wird entfernt vom Nutzer (*remote*) bereitgestellt. Die tatsächlich am Körper getragenen Komponenten stellen in ihrer Gesamtheit also die Benutzungsschnittstelle dar. Diese Komponenten stellen somit das *Distributed Wearable User Interface (DWUI)* dar und sind der tatsächlich am Körper getragene Teil des Distributed Wearable Systems. Ein DWUI kann entsprechend als eine Sammlung von Ein- und Ausgabegeräten definiert werden, die am Körper des Nutzers angebracht sind und nahtlos und unter ständiger Kontrolle des Nutzers miteinander kollaborieren, um eine konsistente, verständliche und gebrauchstaugliche Benutzungsschnittstelle für beliebige Nutzungskontexte bereitzustellen. Diese Geräte, einzeln oder zusammen, erzeugen geringe oder keine Operational Inertia. Sie sind proaktiv und unaufdringlich im Betrieb. Nutzer verwenden diese Geräte in einer fast unbewussten Weise und erkennen darin eine Erhöhung der Gebrauchstauglichkeit und des Nutzungskomforts mobiler IT.

Diese Definition führt das Konzept der *Operational Inertia* nach Dvorak (2008) als zentrale Metrik für die Gestaltung und Bewertung von DWUI ein. Operational Inertia beschreibt den Widerstand, den ein Gerät oder System der eigenen Nutzung allein durch die Art seiner Gestaltung entgegenbringt. Dafür gibt es drei Hauptquellen. Der *Einrichtungsaufwand* umfasst alle die Aktionen, die notwendig sind, um das System nutzbar zu machen. Die *Interaktionskomplexität* bemisst die Schwierigkeit der Nutzung eines nutzungsbereiten Geräts. Die *Beinträchtigung bei Nichtnutzung* wiederum umfasst alle Einschränkungen, die allein durch die Anwesenheit des Systems verursacht werden. Nach Dvorak (2008) ist die Minimierung der Operational Inertia in allen drei Kategorien das wesentliche Gestaltungsziel für DWUI mit dem Entwurfsideal des *Zero Operational Inertia Device (ZOID)*. Das DWUI-Konzept teilt wesentliche Ziele mit anderen Post-WIMP Konzepten wie Natural User Interfaces (NUI) oder Tangible User Interfaces (TUI), nämlich eine direktere, unmittelbare, leicht erlernbare und möglichst zugängliche Interaktion mit digitalen Systemen in der realen Welt. Das DWUI-Konzept unterscheidet sich jedoch wesentlich im Realisierungsprinzip für die dazu bereitgestellten Benutzungsschnittstellen.

3 DWUI für die Industrielle Instandhaltung

3.1 Nutzungskontext

Die industrielle Instandhaltung von verfahrenstechnischen Anlagen ist ein anspruchsvoller Anwendungsfall für DWUI. Das Instandhaltungspersonal arbeitet in der Anlage und inspiert, wartet, repariert und überholt eine Vielzahl von Geräten und Systemen und trägt dabei in der Regel persönliche Schutzausrüstung. Während dieser Arbeiten konsumiert und produziert das Personal unentwegt Information, die vor Ort durch mobile IT bereitgestellt bzw. verarbeitet wird. Diese mobile IT muss in teils ungünstiger Arbeitshaltung unter widrigen Umgebungsbedingungen parallel zu anderen Tätigkeiten genutzt und bedient werden. Studien haben gezeigt, dass DWUI in diesem Nutzungskontext erfolgreich eingesetzt werden können (Ziegler et al. 2011).

3.2 Gestaltungsregeln

DWUI können die Sicherheit und das Wohlbefinden des Nutzers erheblich beeinflussen. Eine systematische, kriterienbasierte Gestaltung auf Grundlage geeigneter Gestaltungsregeln ist daher unerlässlich für den erfolgreichen Entwurf eines DWUI. Das Konzept der Operational Inertia bietet dafür einen geeigneten Rahmen (Dvorak 2008). Sowohl die Komponenten eines Distributed Wearable Systems, also die Wearable Devices selbst sowie die darauf laufenden Dienste bzw. Anwendungen, als auch das System als Ganzes erzeugen Operational Inertia. Gemperle u.a. (1998) definiert 13 *Guidelines for wearability*, welche speziell die Auswahl geeigneter Anbringungsbereiche und die optimale Gestaltung von Anbringungslösungen unterstützen. Dabei werden die Faktoren Platzierung, Anbringung, Dimensionierung, Formsprache, menschliche Bewegung, Proxemik, Thermik, Einhausung, Gewicht, Zugänglichkeit, sensorische Interaktion, Ästhetik sowie Langzeitnutzung berücksichtigt. Dvorak (2008) erweitert diese Regeln und ordnet sie in das Konzept der Operational Inertia ein. Er entwickelt daraus die *Transparent Use Design principles* für die Gestaltung von Distributed Wearable Systems. Diese Gestaltungsregeln können für die Gestaltung von DWUI genutzt werden, wie die folgende Implementierung zeigt.

3.3 Implementierung

Das DWUI besteht aus vier Eingabegeräten: Ein Dreh-Drücksteller, der seitlich an der Hüfte auf Höhe des Hüftgelenks angebracht ist, ein Gestenerkennung und ein RFID-Lesegerät, jeweils integriert in einen Arbeitshandschuh sowie eine Tastatur, angebracht am Unterarm. Als einziges Ausgabegerät dient ein Smartphone vom Typ Samsung Galaxy Nexus, welches ebenfalls am Unterarm angebracht ist. Das Gerät kann auch über Berührbedienung oder Spracheingabe als Eingabemechanismus genutzt werden. Gestenerkennung, Tastatur und Dreh-Drücksteller bieten einen äquivalenten Eingaberaum zur Bedienung der Anwendung. Tastatur und RFID-Lesegerät bieten darüber hinaus Vokabulare zur Eingabe von Text bzw. von elektronischen Kennungen. Die Ein- und Ausgabegeräte sind kabellos über Bluetooth miteinander vernetzt. Die Geräte verarbeiten die Nutzereingaben dezentral und geben wohldefinierte Eingabevokabulare aus. Diese werden auf dem Smartphone harmonisiert und an die Anwen-

dung weitergegeben. Sämtliche Ein- und Ausgabegeräte wurden lauffähig prototypisch realisiert (Abbildung 1).

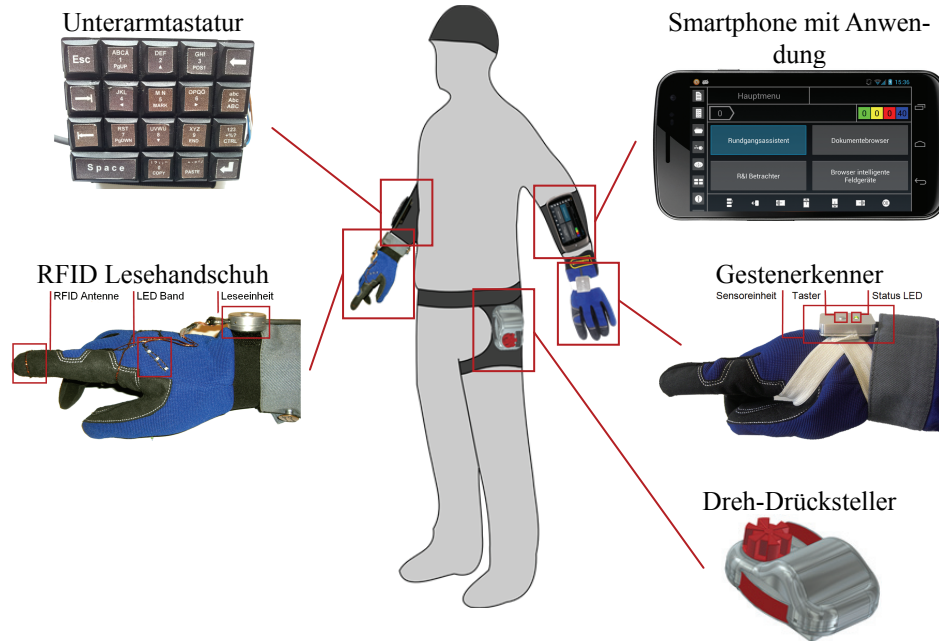


Abbildung 1: Aufbau und Anordnung des DWUI am Nutzer

4 Diskussion

Die vorgestellten Ein- und Ausgabegeräte erlauben eine einfache, unmittelbare, ungehinderte und damit – im direkten oder übertragenen Sinne – begreifbare Interaktion. Die beschriebene Anordnung ist vollständig auf eine Blindbedienung der Eingabegeräte ausgerichtet. Die Geräte unterstützen teils unterschiedliche Funktionen und teils dieselbe Funktion, jedoch optimiert für verschiedene Arbeitssituationen. Sie können demnach kombiniert werden, um den Funktionsumfang bzw. Eingaberaum zu vergrößern (*synergetische Nutzung*) oder um den Einsatzbereich des Systems zu vergrößern (*konkurrierende Nutzung*). Die vorgestellte Architektur erlaubt es, beide Ansätze bei entsprechender Konfiguration parallel zu nutzen. Weitgehend ungeklärt ist die Frage, wie Nutzer diese neuen Freiheitsgrade unter Einsatzbedingungen tatsächlich nutzen und inwieweit sich synergetische und konkurrierende Nutzung für den Nutzer transparent und begreifbar darstellen. Im aktuellen Stand der Realisierung erfolgt die Harmonisierung der Eingaberäume zudem noch manuell. Mit einer semantischen Beschreibung der Eingabevokabulare und einer entsprechenden Regelbasis könnte man die Harmonisierung auch automatisieren.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde das Konzept der Distributed Wearable User Interfaces (DWUI) vorgestellt. Dieses Konzept erlaubt es den Nutzern, die Benutzungsschnittstelle für ein mobiles System optimal und mit minimalem Aufwand an die aktuelle Aufgabe und Arbeitssituation anzupassen. Das Konzept der Operational Inertia ermöglicht eine zielgerichtete und kriterienbasierte Gestaltung entsprechender Geräte. Es wurde eine Beispielimplementierung vorgestellt, in der ein lauffähiges DWUI für ein Unterstützungssystem für die industrielle Instandhaltung realisiert wurde. Diese Implementierung demonstriert das Potenzial des vorgestellten Konzepts an einem realen Anwendungsfall.

Im nächsten Schritt wird das vorgestellte System unter realen Einsatzbedingungen summativ evaluiert werden, um die Gebrauchstauglichkeit der entworfenen Lösung empirisch zu belegen. Daneben wird der Fokus auf die Entwicklung von innovativen Ausgabegeräten gelegt werden. Weitere Studien werden nötig sein, um das Nutzungsverhalten von Nutzern bei Verfügbarkeit einer größeren Zahl an Geräten unter Einsatzbedingungen zu bewerten.

Danksagung

Diese Arbeit wurde teilweise aus Mitteln des 7. Rahmenprogramms der Europäischen Union (FP7-284928 ComVantage) gefördert.

Literaturverzeichnis

- Dvorak, J.L. (2008). *Moving Wearables into the Mainstream. Taming the Borg*. New York, NY, USA: Springer.
- Gemperle, F., Kasabach, C., Stivoric, J., Bauer, M., & Martin, R. (1998). Design for wearability. In: *Second International Symposium on Wearable Computers (ISWC)*. Pittsburgh, Pennsylvania, USA, 116-122.
- Gorlenko, L. & Merrick, R. (2003). No wires attached: Usability challenges in the connected mobile world. *IBM SYSTEMS JOURNAL*, 42(4), 639-651.
- Pernici, B. (2006). *Mobile Information Systems: Infrastructure and design for adaptivity and flexibility*. Berlin/ Heidelberg/New York: Springer.
- Ziegler, J., Pfeffer, J., & Urbas, L. (2011). A mobile system for industrial maintenance support based on embodied interaction. In *Proceedings of the fifth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction (TEI)*. Funchal, Portugal, 181-188.

Kontaktinformationen

Dipl.-Ing. Jens Ziegler, Prof. Dr.-Ing. habil. Leon Urbas
 E-Mail: jens.ziegler@tu-dresden.de; leon.urbas@tu-dresden.de
 Technische Universität Dresden
 Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
 Institut für Automatisierungstechnik, Professur für Prozessleittechnik

Workshop

Leichtgewichtige Werkzeuge zur Unterstützung von Kooperation und persönlichem Wissensmanagement

Svetlana Matiouk

Nils Jeners

Martin Christof Kindsmüller

