



Technical Report 59

**Sichere Wearable-Systeme zur
Kommissionierung industrieller Güter sowie für
Diagnose, Wartung und Reparatur**

Schlussbericht im Verbundprojekt SiWear

**Michael Lawo
Hendrik Iben
Hannes Baumann
Günther Diederich
Mehmet Kus
Carmen Ruthenbeck**

TZI, Universität Bremen

TZI-Bericht Nr. 59
2011



Universität Bremen

TZI-Berichte

Herausgeber:
Technologie-Zentrum Informatik und Informationstechnik
Universität Bremen
Am Fallturm 1
28359 Bremen
Telefon: +49-421-218-7272
Fax: +49-421-218-7820
E-Mail: info@tzi.de
<http://www.tzi.de>

ISSN 1613-3773



Schlussbericht im Verbundprojekt SiWear

Sichere Wearable-Systeme zur Kommissionierung industrieller Güter sowie für Diagnose, Wartung und Reparatur

Michael Lawo, Hendrik Iben, Hannes Baumann, Günther Diederich, Mehmet Kus, Carmen Ruthenbeck

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

DOKUMENTINFORMATIONEN				
TYP		Schlussbericht (öffentlich)		
TITEL		Schlussbericht im Verbundprojekt SiWear		
DATUM		19.07.2011		
FÖRDERKENNZEICHEN		01MB07033 : SiWear – Sichere Wearable-Systeme zur Kommissionierung industrieller Güter sowie für Diagnose, Wartung und Reparatur		
DOKUMENTSTATUS				
AKTION		DURCH	DATUM	
EINGEREICHT		Prof. Dr. Michael Lawo	31.5.2011	
PROJEKTLEITER		Dr. Christian Schmidt/DLR		
ÄNDERUNGSSHISTORIE				
DATUM	VERSION	AUTOR	KOMMENTAR	
3.11.2010	0.1	Michael Lawo	Initiales Dokument.	
16.11.2010	0.2	Michael Lawo, Hannes Baumann, Hendrik Iben	Günther Diederich (HSHB), Mehmet Kus (IKOM), Carmen Ruthenbeck (BIBA)	
16.11.2010	0.3	Michael Lawo	Berücksichtigung der Kommentare von Jörg Rett (SAP),	
17.11.2010	0.4	Michael Lawo	Änderung auf Seite 4 Lokalisierung	
17.11.2010	0.5	Michael Lawo	Vervollständigung Abschnitt 4.5	
9.3.2011	0.8	Michael Lawo	Überarbeitung	
17.3.2011	0.9	Michael Lawo	Korrektur	
31.5.2011	1.0	Michael Lawo	Finale Version	
KONTAKTINFORMATIONEN				
NAME		ORGANISATION	EMAIL	TEL
Michael Lawo		Universität Bremen	mlawo@tzi.de	0421-218-7824
Meinecke, Christian		BIBA	mei@biba.uni-bremen.de	0421/218-9788
Ruthenbeck, Carmen		BIBA	rut@biba.uni-bremen.de	0421/218-9792
Günther Diederich		Hochschule Bremen	Guenther.Diederich@hs-bremen.de	0421/5905-5483
Mehmet Kus		Universität Bremen	kus@tzi.de	0421-218 -4439
Hendrik Iben		Universität Bremen	hiben@tzi.de	0421-218 – 2447
Hannes Baumann		Universität Bremen	hannes@tzi.de	0421-218 – 8746

Inhalt

1	ALLGEMEINE INFORMATIONEN	2
2	KURZE DARSTELLUNG	3
2.1	AUFGABENSTELLUNG	3
2.2	VORAUSSETZUNGEN, UNTER DENEN DAS VORHABEN DURCHGEFÜHRT WURDE	5
2.3	PLANUNG UND ABLAUF DES VORHABENS	6
2.4	WISSENSCHAFTLICHER STAND, AN DEN ANGEKNÜPFT WURDE.....	6
	<i>Wearable Computing, Ubiquitous Computing und Augmented Reality</i>	<i>6</i>
	<i>Robuste Kommunikation über drahtlose lokale Netzen.....</i>	<i>7</i>
	<i>Sicherheitsmechanismen und -richtlinien</i>	<i>9</i>
	<i>Wearable Hardware.....</i>	<i>9</i>
2.5	ANGABEN BEKANNTER INSTITUTIONELLER KONSTRUKTIONEN DIE FÜR DIE DURCHFÜHRUNG DES VORHABENS BENUTZT WURDEN	10
2.6	ANGABEN DER VERWENDETEN FACHLITERATUR UND SONSTIGEN QUELLEN	10
2.7	ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN STELLEN	12
3	EINGEHENDE DARSTELLUNG	13
3.1	ERZIELTE ERGEBNISSE UND VERWENDUNG DER ZUWENDUNG IM EINZELNEN.....	13
3.2	WICHTIGSTE POSITIONEN DES ZAHLENMÄßIGEN NACHWEISES	23
3.3	NOTWENDIGKEIT UND ANGEMESSENHEIT DER GELEISTETEN ARBEIT	23
3.4	VORAUSSICHTLICHER NUTZEN UND VERWERTBARKEIT DES ERGEBNISSES	23
3.5	WÄHREND DER DURCHFÜHRUNG DES AUFTRAGS DEM ZE BEKANNT GEWORDENER FORTSCHRITT AUF DEM GEBIET DES AUFTRAGS BEI ANDEREN STELLEN	24
3.6	ERFOLGTE ODER GEPLANTE VERÖFFENTLICHUNGEN DER ERGEBNISSE NACH NR. 11	24
	<i>Veröffentlichungen</i>	<i>24</i>
	<i>Vorträge</i>	<i>26</i>

1 Allgemeine Informationen

Zuwendungsempfänger	Universität Bremen
Auftragnehmer	Mobile Research Center Bremen
Verbundprojekt	SiWEAR
Förderkennzeichen	01MB07033
Vorhabenbezeichnung	SiWEAR – Sichere Wearable-Systeme zur Kommissionierung industrieller Güter sowie für Diagnose, Wartung und Reparatur
Laufzeit	36 Monate, 01.09.2007 - 31.08.2010
Berichtszeitraum	01.09.2007 – 31.08.2010

2 Kurze Darstellung

2.1 Aufgabenstellung

Aufgabe des Projektes war es, mobile Informations- und Kommunikationssysteme für serviceorientierte Dienstleistungen industrieller Güter am Beispiel zweier Szenarien („Kommissionierung“ sowie „Service“) bei der Daimler AG einzusetzen. Dabei fiel dem Projektpartner MRC (Mobile Research Center) mit seinen Arbeitsgruppen aus der Produktionstechnik, der Sicherheitsforschung an der Hochschule Bremen und am TZI sowie der Wearable Computing Gruppe die Rolle des wissenschaftlichen Partners zu.

Das Projekt verknüpfte erstmals und integral Produktionstechnik mit nutzerangepasster mobiler IKT für nebenläufige Mensch-Computer-Interaktion („Wearables“). Dabei kamen auf der Hardwareseite Standardkomponenten zum Einsatz. Diese waren teilweise für den Einsatz als Wearable Komponenten im produzierenden Unternehmen zu modifizieren.

Softwareseitig wurden prototypische Lösungen entwickelt, die auf Standard -Unternehmenssoftware zugreifen können. Die angestrebten Systemlösungen waren an ihrer Umsetzbarkeit am Markt orientiert. Verwertungshorizont der Ergebnisse ist 12 Monate nach Projektende.

Die Akzeptanz der innovativen mobilen Anwendungen hängt neben der eigentlichen Funktionalität im Wesentlichen von der Benutzbarkeit und der Sicherheit ab. Daher sollten in diesem Projekt diese Themen eine hohe Gewichtung erlangen. Ein weiteres spezielles Ziel war die Erforschung des Potentials von Technologien zur Lokalisierung von Objekten und Personen.

Das Vorhaben zielte auf einen Durchbruch für den Einsatz von mobiler IKT im produzierenden Unternehmen am Beispiel der Daimler AG.

Sicherheitsarchitektur

Bei der informationstechnischen Verknüpfung von produktionstechnischen Anlagen mit mobilen Endgeräten müssen die Datenübertragung und -zugriff angemessen abgesichert werden. Mit der weitgehenden Integration in den Arbeitsprozess sind zudem datenschutzrechtliche Aspekte am Arbeitsplatz berücksichtigt werden. Im Projekt soll ein umfassendes Konzept für eine Sicherheitsarchitektur erarbeitet werden. Dieses Konzept soll auf vorhandene IT-Sicherheitsstandards aufsetzen und bereits entwicklungsbegleitend umgesetzt werden können. Es soll projektbegleitend entsprechenden Gremien vorgestellt und im Dialog mit diesen nachjustiert werden.

Wearable User Interface

Ein bedeutendes Hemmnis für den Einsatz mobiler Endgeräte im produzierenden Unternehmen liegt in der oft mangelnden Benutzbarkeit vorhandener Lösungen. Die Geräte sind für viele Einsatzzwecke unhandlich, die Mensch-Maschine-Schnittstelle ist nicht an die besondere Situation im produzierenden Unternehmen angepasst. Integral auf die Sicherheitsarchitektur aufsetzend wurden im Projekt Lösungen für den Einsatz mobiler IKT („Wearables“) im produzierenden Unternehmen erarbeitet. Fokus hierbei war die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle, die in der besonderen Form des nutzerangepassten **„Wearable Interface“** ausgelegt wurde. Anhand konkreter Pilotanwendungen wurde untersucht, wie Wearable-Lösungen vorhandene und neue Prozesse in Unternehmen effizienter gestalten können.

Robuste und sichere Kommunikation

Der Aufbau einer robusten und sicheren Kommunikation mit Wearables in rauen Umgebungen war eines der zentralen Ziele des Projektes. Ein möglicher Ansatz war hierbei die Adaptierung von Protokollen und Verfahren, die auf Mehrantennentechnologien (u.a. IEEE 802.11n) basieren. Implementierungen der Multiple Input Multiple Output (MIMO) Technologie in Verbindung mit Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) bei künftigen Wireless Local Area Networks (WLAN) zeigen im Vergleich zu bisherigen WLAN-Systemen eine deutliche Steigerung des Durchsatzes sowie der spektralen Effizienz. Da im Rahmen des Projektes im Wesentlichen auf WLAN-Infrastrukturen zurückgegriffen wurde, konnte die drahtlose Kommunikation durch 802.11n und Mehrantennentechnologie robuster gestaltet werden. Ein wichtiges Merkmal der SiWear-Szenarien ist, dass sich die Benutzer kontinuierlich bewegt (Mobilität) und daher zwangsläufig zu Handover im Netz führt. Durch diese Positionsänderungen kann es zu einem Abbruch oder einer Verzögerung der Datenübertragung führen. Auch Störungen und Interferenzen können zu einem Abbruch der Kommunikation führen. Der drahtlose Überhang zwischen dem Access Points (AP) ist eines der relevanten Themen bei der WLAN Kommunikation. Im Rahmen des Projektes wurden detaillierte Analysen zum IEEE 802.11 Handover durchgeführt. Durch Konfiguration von Netzwerkparametern und Optimierung von Schwellenwerten lassen sich Paketverluste während des Handovers reduzieren. Die Analysen wurden mit Hilfe des OPNET Simulators durchgeführt. Hierbei werden die beiden wichtigsten Parameter Receiver_Power_Threshold und Transmit_Power mit berücksichtigt. Im Rahmen des Projektes wurden zwei heuristische Algorithmen realisiert, die zur Optimierung des WLAN Handovers dienen.

Lokalisierung

Ein großes Potenzial zur weiteren Automatisierung und zur dezentralen Datenerfassung bietet die

Möglichkeit der örtlich und zeitlich präziseren Lokalisierung von Personen, Objekten und / oder Artikeln. Innerhalb des Projektes wurde dazu eine WLAN Ortung (Ekahau) realisiert und getestet. Diese zeigte jedoch – in der getesteten industriellen Arbeitsumgebung mit vielen metallischen Gegenständen – keine ausreichend präzise und zuverlässige Lokalisierung. Eine auf Ultra-Wideband (Ubisense) basierende Ortung zeigte in Tests eine im Durchschnitt auf 1m genaue Lokalisierung. Die Kosten sind jedoch im Vergleich zu dem Nutzen eines solchen Systems als zu hoch betrachtet worden. Neben den eigentlichen funktionalen Anforderungen wurden datenschutzrechtliche Fragestellungen (Privatsphäre der Mitarbeiter) geklärt.

Auf all diesen Gebieten verfügte das MRC über wissenschaftliche Vorarbeiten und konnte über das Projekt seine Kompetenz erheblich ausbauen.

2.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Auf der Basis vorhandener Systeme (Hardware und Software) sollten Systemlösungen erstellt und erprobt werden.

Die mangelnde Nutzerakzeptanz dieser Technologie ist bekanntermaßen das Haupthindernis zur Erreichung der notwendigen Nutzenpotenziale, da der Einsatz der Technologie völlig neue Nutzergruppen für die I&K Technologien erschließt. Vergleichbar ist diese Entwicklung mit ähnlichen Problemen wie bei der Einführung des Computer Aided Design (CAD) im Bereich der Konstruktion vor ca. 20 Jahren. Deshalb sollte neben der anwendungsspezifischen Systemintegration unter Verwendung von COTS¹ Komponenten in Benutzbarkeitsstudien evaluiert werden, inwiefern mittels Wearable Computing eine Steigerung der Nutzerakzeptanz hinsichtlich Wearable Computing Lösungen erreicht werden kann.

Ausgangspunkt ist das dem Konsortium verfügbare Ergebnis des durch die EU geförderte seinerzeit weltweit größte Projekt zum Wearable Computing (**wearIT@work**²). Die dort entwickelte offene vierschichtige **Hardware Systemarchitektur** und das ebenfalls dort entwickelte offene **Wearable Computing Software Framework** sollte als Ausgangspunkt für die Modellierung der SiWear Systemarchitektur verwendet werden, um Doppelarbeit zu vermeiden. Darauf aufbauend sollten die im SiWear System einzusetzenden Komponenten und Schnittstellen detailliert spezifiziert werden. .

¹ COTS = Commercial-off-the-shelf

² www.wearitatwork.com

2.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Ausgangspunkt waren die aus dem Technologie Repository des EU Projektes wearIT@work verfügbaren Konzepte, Methoden, Verfahren und Komponenten. Anwendungsspezifisch erfolgte unter Verwendung von **COTS** Komponenten die Systemintegration. Evaluert wurde in mehrstufigen Benutzbarkeitsstudien im Labor und Feld. Soweit verfügbar wurden die entwickelten Demonstratoren auch für den Test und die Evaluierung der softwareseitigen Anwendungskomponenten genutzt. Dieser iterative Prozess mündete in das Gesamtsystem. Nur die für die beiden Szenarien auf dieser Basis nicht verfügbaren Hardware- und Softwarekomponenten wurden wie das Sicherheitskonzept im Rahmen des Projektes entwickelt, ins Gesamtsystem integriert und evaluiert.

2.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Wearable Computing, Ubiquitous Computing und Augmented Reality

Unter „Mobile Computing“ wird hauptsächlich der Softwareeinsatz auf Notebooks, Handhelds und Smartphones mit entsprechend angepasstem Betriebssystem verstanden. „Wearable Computing“ hingegen steht für eine Entwicklung, die ein echtes Tragen von Rechnersystemen am Körper ermöglicht. Es unterstützt die Nutzer bei Arbeiten wie Inventur, Inspektion und Wartung oder bei der Aufnahme von Daten im Gelände, also in Bereichen, in denen herkömmliche (mobile) Computersysteme unhandlich und schlecht zu nutzen sind und daher keinen Mehrwert bringen (vgl. [1]).

Der Einsatz von Wearable- Computing- Lösungen ist insbesondere dann produktivitätssteigernd, wenn auf der einen Seite die Nutzer beide Hände zum Arbeiten frei haben müssen, keine Abstellflächen zur Verfügung haben und die primäre Aufmerksamkeit bei der eigentlichen Aufgabe in der realen, gegenständlichen Welt liegen muss, auf der anderen Seite aber die Aufnahme und die Bereitstellung von Informationen für eine effiziente Ausführung der Tätigkeit erforderlich ist.

Es gibt unterschiedliche Lösungsansätze für diese Problemstellung, die verschiedene Schwerpunkte behandeln. Dazu gehören vor allem Ansätze wie „Ubiquitous Computing“, „Augmented Reality“ und „Agenten und Assistenten“. Das Paradigma des Wearable Computing kann auf eine gewisse Art und Weise als Integration dieser Ansätze aufgefasst werden. Wearable Computing fokussiert dabei auf eine anwendungsorientierte Lösung, so dass sich dieser Ansatz für den Technologietransfer von der Wissenschaft in die Praxis hervorragend eignet. Das Vorhaben nimmt die aktuellen Entwicklungen zum Thema Wearable Computing auf, insbesondere aus dem EU IP 004216 wearIT@work mit dessen

Standardisierungsaktivitäten zu den Bereichen Hardwarearchitektur, Software-Middleware (Framework) und User Centred Design (www.wearitatwork.com, www.ifawc.org, www.owcg.org).

Mit dem Paradigma „Ubiquitous Computing“ verbindet sich der Wunsch nach einer „allgegenwärtigen elektronischen Unterstützung“, die in die Umgebung oder in Gegenstände des täglichen Gebrauchs integriert und für den Menschen weitgehend unsichtbar ist. Basistechnologien sind Sensoren und stationär verteilte Rechnersysteme (vgl. [2], [3]). Der Mensch bewegt sich „ganz normal“ und unbelastet in seiner gewohnten physikalischen Umgebung und geht seinen üblichen Tätigkeiten nach. Die Umgebung ist technisch so ausgestattet, dass sie Nutzer wahrnimmt, ihre Intentionen erkennt und entsprechend aktiv werden kann. Beispielhaft sei hier das Konzept der „Roomware“ genannt (siehe [4]), das entsprechende Ansätze für die Unterstützung der Zusammenarbeit von Gruppen in Büroarbeitsumgebungen bereitstellt. Neben der stationären Verteilung der Rechnersysteme wird im Ubiquitous Computing auch die Ausstattung von beweglichen Alltagsgegenständen mit Computertechnologie untersucht. So wird z.B. an den „Smart-Its“ [5] gearbeitet; das sind kleine Gegenstände, die informations- und kommunikationstechnische Eigenschaften haben und in ad-hoc Netzwerken miteinander kommunizieren können. Diese Smart-Its lassen sich in Wearable Computing Lösungen integrieren. Darüber hinaus werden in der zu entwickelnden Lösung Ansätze zur Auswertung der physikalischen Umgebung auf der Basis multisensorischer Kontextwahrnehmung ([6], [7], [8], [9], [10]) berücksichtigt. „Augmented Reality (AR)“ ist ein Forschungsbereich, der eng mit Wearable-Computing- Lösungen verbunden ist. Der Forschungsbereich kann als Weiterentwicklung der Virtual Reality aufgefasst werden (vgl. [11]). Die reale Sicht der Nutzer wird punktgenau mit virtuellen Informationen überlagert. Boeing war einer der ersten Anwender, der 1990-93 AR Technologie für eine Anwendung in der Produktion – das Binden von Kabelbäumen für Flugzeuge – getestet hat [12]. Insbesondere die eingesetzten Hardwarekomponenten verhinderten damals eine dauerhafte Überführung in den produktiven Betrieb. Ähnliche Beobachtungen wurden auch im BMBF Leitprojekt ARVIKA gemacht. Eine zentrale technische Herausforderung besteht in der Echtzeitanforderung einer punktgenauen Registrierung der Darstellung im Sichtbereich des Anwenders. Innerhalb des Forschungsprojekts „SiWear“ wurden AR Ansätze überprüft. Die ortsbezogene multimediale

Robuste Kommunikation über drahtlose lokale Netzen

Vor allem im Umfeld der produktionstechnischen Anlagen ist ein hohes Maß an Sicherheit, Zuverlässigkeit, QoS-Unterstützung (Quality of Service-Unterstützung) und Skalierbarkeit gefordert. Diese

Anforderungen ergeben sich u.a. auf Grund häufig auftretender Interferenzen, Abschattungen oder Fading bei der drahtlosen Datenübertragung.

Um eine deutliche Steigerung der Effizienz von mobilen Systemen zu erreichen, muss eine Vielzahl von Herausforderungen betrachtet werden. Zu den Herausforderungen zählen u. a.:

Hohe Flexibilität der Kommunikation (Anpassung an verschiedene Dienste), Konvergenz der Netze (verschiedene drahtlose und drahtgebundene Netze), hohe Zuverlässigkeit der Datenübertragung, Datensicherheit, Komplexität der Dienste, Systemintegration und Energieeffizienz.

Im Rahmen von SiWear sollten Mechanismen und Protokolle zur Unterstützung robuster und sicherer Datenübertragungen in drahtlosen lokalen Netzen untersucht und weiterentwickelt werden, um dadurch eine transparente und sichere Nutzung der verfügbaren Kommunikationskanäle zu ermöglichen. Die mobilen Anwendungen sollten auf Verzögerungen, Verzögerungsschwankungen, Datenverfälschungen und Verluste adäquat reagieren können.

Durch eine Erhöhung der Effizienz am Sender und am Empfänger (adaptive Mehrantennensysteme zur Nutzung der räumlichen Diversität, wie MIMO-Systeme [30,31]) kann eine Reduzierung der Störungen (z.B. Interference Cancellation) erreicht werden. WLAN, Bluetooth sowie spezielle Industriefunktechnologien wie Trusted Wireless erfüllen hohe industrielle Anforderungen. Erste Produkte und Dienstleistungen zur drahtlosen Übertragung im CAN-BUS stehen bereits zur Verfügung.

Vor allem im Umfeld der produktionstechnischen Anlagen ist ein hohes Maß an Sicherheit, Zuverlässigkeit, QoS- Unterstützung und Skalierbarkeit gefordert. In diesem Zusammenhang ist auch eine IPv6 Einführung von Bedeutung. In IPv6 ist IPsec integriert, wodurch die Verbindungen vor Abhörversuchen oder Störungen durch Dritte automatisch abgesichert wären. Das Protokoll bietet auch Quality of Service, also die Priorisierung der Datenpakete nach Wichtigkeit. Durch einfachere Installationsroutinen konfigurieren sich Endgeräte nach RFC 2461 (Neighbor Discovery) und RFC 2462 (Stateless Autoconfiguration) weitgehend selbstständig. Die Priorisierung von Datenpaketen/Steuerungsinformationen sind bei Anwendungen im produzierenden Gewerbe sehr von Interesse, da die Interaktion und Kommunikation der Produktionsanlagen nicht gestört werden darf.

Das MRC arbeitete in unterschiedlichen Projekten an Mobilfunksystemen der nächsten Generation (z.B. BMBF Scalenet), Standardisierung von Ad-hoc und Internetprotokollen (AODV, DYMO, Mobile IP in der IETF (MANET), EU Projekte NOMAD, wearIT@work), der Leistungsbewertung von Mobilfunksystemen (direkte Industrieförderung) und der Anwendung von Kommunikation in heterogenen Netzen (EU:

wearIT@work, DFG: SFB 637 Selbststeuerung in der Logistik: Ein Paradigmenwechsel und seine Grenzen) [32,33].

Sicherheitsmechanismen und -richtlinien

Sicherheitsrisiken existieren in jedem Netz. Zusätzlich gibt es bei mobilen Lösungen die Risiken auf der Funkstrecke und resultierend aus einem Verlust des mobilen Endgerätes. Diese Risiken sind durch Sicherheitsprinzipien zu minimieren. Entscheidend ist das Bewusstsein zu stärken für die Aussage: „Sicherheit ist kein Produkt, sondern ein Prozess“. Dieser Prozess muss in die Anwendung integriert sein. Der Prozess sollte folgende Maßnahmen enthalten und entscheiden, in welcher Form bzw. mit welcher Sicherheitsstufe diese implementiert werden.

Mobile und Wearable Security

Um mobile Netze und Anwendungen abzusichern, gibt es bereits verschiedene Lösungen. Diese sind aber meist auf eine Plattform (SymbianOS, BlackBerryOS oder Windows Mobile) beschränkt. So existiert zwar eine Nokia-Lösung für mobile VPNs, welche aber nicht die anderen Plattformen unterstützt. Ähnliches gilt für Personal Firewall- Lösungen. Die Firma Research in Motion stellt umfangreiche Sicherheitsmechanismen (von der Verschlüsselung bis hin zu Aspekten der Fernadministration) für die BlackBerry- Plattform zur Verfügung³. Für andere Plattformen gibt es solche Sicherheitsmechanismen in vergleichbarer Durchgängigkeit nicht. Da das EU -Projekt wearIT@work nicht primär das Ziel hatte, Sicherheitskonzepte für Wearable- Systeme bereitzustellen, sollten Sicherheitsmechanismen im Rahmen des SiWear- Projektes entwickelt werden.

Wearable Hardware

Mobile Unternehmensanwendungen, insbesondere solche, die den Nutzer bei Aufgaben unterstützen, die nur eine eingeschränkte, nebenläufige Interaktion mit dem Computer gestatten (z.B. Produktion, Service), zählen derzeit noch immer zur Gruppe der Spezialanwendungen, die einen vergleichsweise hohen Aufwand bei Einführung und Wartung erfordern. Obwohl das Rationalisierungspotenzial theoretisch sehr wohl darstellbar ist, z.B. Reduzierung der unproduktiven Zeiten um 30-50% bei der Flugzeugwartung, ist es jedoch sehr schwierig, die Technologie an Nutzer heranzubringen, die bisher

³<http://www.blackberry.com/knowledgecenterpublic/livelink.exe?func=ll&objId=1199150&objAction=browse&sort=name>

keine Computernutzer sind bzw. nur das Desktop Paradigma kennen. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn neue, noch wenig am Markt etablierte Technologien zum Einsatz kommen sollen.

Neben den Arbeitsprozessen spielen Umgebung und Zielhardware eine große Rolle. Die Umgebung entscheidet im Wesentlichen über die Einsatzmöglichkeit verschiedener Mensch-Maschine-Interaktionen, und die Konfiguration des Wearable Computers bestimmt über die Verfügbarkeit von Ein- und Ausgabemedien. Nur durch einen ganzheitlichen Systementwurf kann die Entwicklung von anwenderfreundlichen, nützlichen Wearable Computer Systemen gelingen.

Kommerziell erhältliche Wearable Computer Hardware war bisher ein Nischenmarkt, der nur von wenigen Anbietern besetzt ist, wie z.B. Xybernat, Via, Charmed. Daneben gab es auch einige Entwicklungen, die aus Forschungslaboren und Universitäten stammen, wie z.B. ein IBM-Prototyp oder der QBIC der ETH Zürich. Bisher konnte sich – abgesehen von rein audio-basierten Geräten, kein Gerät als Standard etablieren. Gründe hierfür sind vor allem der zu hohe Preis und die fehlende Nutzerakzeptanz.

2.5 Angaben bekannter institutioneller Konstruktionen die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden

Das **Mobile Research Center (MRC)** brachte mit seinen Partnern *Hochschule Bremen*, *BIBA* und *TZI* (siehe Abbildung 3) zahlreiche einschlägige Erfahrungen aus nationalen und europäischen Projekten ein.

Das IIA (Institut für Informatik und Automation) an der **Hochschule Bremen** hat im Rahmen der MobilMedia Begleitforschung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit BMWA die fünf Leitprojekte technisch evaluiert und aus den dort gemachten Erfahrungen Anleitungen zum Einsatz mobiler Techniken entwickelt [34]. Das Bremer Institut für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaft **BIBA** hatte als Vorarbeit die Eignung der RFID- Technologie in Kombination mit mobilen Datenerfassungsgeräten in der Automobillogistik untersucht. Das **TZI** hatte zu Beginn des Projektes schon acht Jahre Erfahrungen auf dem Gebiet des Wearable Computing und gehört mit dem aus ihm hervorgegangenen **MRC** zu den weltweit führenden Forschungseinrichtungen auf diesem Feld.

2.6 Angaben der verwendeten Fachliteratur und sonstigen Quellen

Folgende Quellen wurden u.a. im Projekt verwendet:

- [1] M.Boronowsky, T.Nicolai, C.Schlieder, A.Schmidt: WINSPECT: A Case Study for Wearable Computing-sSupported Inspection Tasks, Proceedings ISWC 2001
- [2] M.Weiser: Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing. In: Communication of the ACM Vol. 36, No.7, S.74-84.
- [3] D.A. Normann: The Invisible Computer, MIT Press, 1998.
- [4] <http://www.ipsi.fraunhofer.de/ambiente/projekte/projekte/interspace.html>

- [5] L.E. Holmquist, u.a.: Smart-Its Friends: A Technique for Users to Easily Establish Connections between smart artefacts. Proc. Ubicomp 2001, Springer LNCS 2201 pp. 273-291, 2001.
- [6] H.-W. Gellersen, A. Schmidt, M.Beigl: Multi-Sensor Context-Awareness in Mobile Devices and Smart Artefacts. In: Journal on Mobile Networks and Applications, Special Issue on Mobility of systems, Users, data and Computing in Mobile Networks and Applications (MONET), 785, Imrich Chlamtac (ed.), S.341-351; 2002.
- [7] D. Roggen, N.B. Bharatula, M. Stäger, P. Lukowicz and G. Tröster: From Sensors to Miniature Networked Sensor Buttons, INSS 2006: 3rd International Conference on Networked Sensing Systems, pages 119-122
- [8] Nagendra B. Bharatula, M. Stäger, P. Lukowicz, G. Tröster: Power and Size Optimized Multisensor Context Recognition Platform In Proc. of ISWC 2005 , 9 th IEEE International Symposium on Wearable Computers, Osaka, Japan, 18.-21. Oct 2005, pages 195-196
- [9] U. Anliker, J. Beutel, M. Dyer, R.ENZler, P. Lukowicz, L. Thiele, G. Tröster: A Systematic Approach to the Design of Distributed Wearable Systems, IEEE Transactions on Computers, Vol. 53, No. 8, Aug. 2004, pages:1017 - 1033
- [10] Nagendra B. Bharatula, P. Lukowicz, G. Tröster: Functionality-Power-Packaging Considerations in Context Aware Wearable Systems, Journal of Personal and Ubiquitous Computing, Springer , 2006-2007, pp 1-30
- [11] I. Rügge: Alternativen zum Desktop: Virtual, Augmented und Real Reality. In: frauenarbeit und Informatik, 19/1999, S.17-22.
- [12] W.Barfield, T. caudell (Eds.): Augmented Reality and Wearable Computers. Lawrence Erlbaum Press, Mahawah, NJ, 2001.
- [13] Th. Kirste u.a.: Die Zukunft interaktiver Systeme: Herausforderungen an die Usability-Forschung. It+ti 1/2002, S.40-48.
- [14] Th. Kirste: A reference model for situation-aware assistance. In: Workshop „Mebisch-Computer-Interaktion in allgegenwärtigen Informationssystemen“. Konferenz Mensch & Computer 2001 in Bad Honnef (www.teco.edu/mc2001/ 17.2.03)
- [15] <http://www.topsystem.de/de/logistik.htm>, letzter Zugriff am 24.08.2006
- [16] SNOW-Projekt, <http://www.snow-project.org/>, letzter Zugriff am 24.08.2006
- [17] WearIT@work-Projekt, <http://www.wearitatwork.com/>, letzter Zugriff am 24.08.2006
- [18] MICA-Projekt, <http://www.fit.fraunhofer.de/projekte/mica/index.xml>, letzter Zugriff am 24.08.2006
- [19] EMODE-Projekt, <http://emode.tk.informatik.tu-darmstadt.de/index.html>, letzter Zugriff am 24.08.2006
- [20] RFID: Uncovering the Value - Applying RFID within the Retail and Consumer Goods Value Chain, Metro Group Future Store Initiative White Paper, Januar 2004
- [21] James H. Garrett, Jr.; Jirapon Sunkpho: „Issues in Delivering Mobile IT Systems to Field Users“; Internationales Kolloquium über die Anwendung Informatik und der Mathematik in Architektur und Bauwesen, Weimar, Juni 2000
- [22] Bill Manaris; Valanne MacGyvers; Michail Lagoudakis: „Universal Access to Mobile Devices through Speech Input“, 12th International Florida AI Research Symposium (FLAIRS-99), Orlando, Florida, USA 1999
- [23] Christian Bürgy; James H. Garrett, Jr; Markus Klausner; Jürgen Anlauf; Günter Nobis: „Speech-controlled Wearable Computers for Automotive Shop Workers; Proceedings to SAE World Congress, Detroit, MI, USA 2001.
- [24] Jan Reinhardt, Raimar J. Scherer: „Requirements for navigation through drawings on wearable computers by using speech commands“; ECPPM 2000, Lisabon, Portugal
- [25] Axel Hildebrand, Vitor Sá, EMBASSI: Electronic Multimedia and Service Assistance, IMC 2000, Intelligent Interactive Assistance & Mobile Multimedia Computing. Proceedings Rostock: Neuer Hochschulschriftenverlag
- [26] Bürgy, Christian. 2002. An Interaction Constraints Model for Mobile and Wearable Computer-Aided Engineering Systems in Industrial Applications. Thesis, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, USA.
- [27] Petzold, Frank and Bürgy, Christian. 2005. *Hands Free: A Wearable Surveying System for Building Surveying*; Computer Aided Architectural Design Futures 2005, Proceedings of the 10th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures [ISBN 1-4020-3460-1] Vienna (Austria) 20–22 June 2005, pp. 351-360.
- [28] Stübbe, Kai Marcus 2005. Softwaregestützte Vor-Ort-Erstellung von Energiepässen mittels Mobile Computing und integrierter Sprachsteuerung. Studienarbeit. Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen, TU Darmstadt.
- [29] Bürgy, Christian; Vogt, Edwin; Komljenovic, Ilija: "Speech-Controlled Wearables: Are We There, Yet?"; Proceedings of the 2nd International Forum on Applied Wearable Computing (IFAWC 2005), Zürich, Switzerland, March 17-18, 2005, VDE Verlag; pp. 17-28.
- [30] G. J. Foschini und M. J. Gans: On Limits of Wireless Communications in a Fading Environment When Using Multiple Antennas. In: Wireless Personal Communications. Vol. 6, No. 3, März 1998, S. 311 - 335
- [31] J. Rinas, R. Seeger, L. Brötje, S. Vogeler, T. Haase and K.D. Kammeyer: A Multiple-Antenna System for ISM-Band Transmission, EURASIP Journal on Applied Signal Processing - Special Issue on Advances in Smart Antennas, Volume 2004, No.9, 1 August 2004; 1407-1419
- [32] A.Timm-Giel, K. Kuladinithi, C. Görg, Self-configuring Communication Service Module for Wearable Computers . WWRF15 Meeting, Paris, December 2005, pp. 1-7. (2005)
- [33] M. Becker, R. Jedermann, A. Sklorz, C. Behrens, D. Westphal, A. Timm-Giel, C. Görg, W. Lang, R. Laur Sensoren und RFIDs für selbststeuernde logistische Objekte und deren mobile Vernetzung. Berichtskolloquium des SFB 637. (2006)
- [34] MobilMedia- Projekt: Task Force - Sicherheit in mobilen Anwendungen
[http://www.mobilmedia.de/files/documents/14 Sethmann - Sicherheit.pdf](http://www.mobilmedia.de/files/documents/14_Sethmann_-_Sicherheit.pdf), letzter Zugriff am 14.03.2007

2.7 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das MRC hat intensiv mit SimoBIT bei Sicherheitsfragen und Mobilen Lösungen mit den anderen Konsortien innerhalb des SimoBIT Verbundes kooperiert. An der aus einer EU Initiative entstandenen international aktiven Open Wearable Computing Group (OWCG) hat sich das MRC beteiligt wie an einem geplanten ZIM Netzwerk zum Thema Wearable Computing.

3 Eingehende Darstellung

3.1 Erzielte Ergebnisse und Verwendung der Zuwendung im Einzelnen

AP 2.1 – Benutzeranforderungen:

Im AP 2.1 Benutzeranforderungen wurden Gespräche und Ortsbegehungen mit den Endanwendern der beiden Szenarien durchgeführt, um die Anforderungen der Anwender zu identifizieren und zu dokumentieren. Für das Szenario „Kommissionierung“ wurde zunächst eine Begehung im Werk Mannheim durchgeführt. Dabei begleiteten zwei Projektteilnehmer einen Werker des Werks einen halben Tag lang bei seiner Arbeit. Um die Prozesse und Aufgaben des Werkers besser zu verstehen, konnten Fragen gestellt werden. Zusätzlich wurden Interviews mit den verantwortlichen Bereichsleitern geführt, um auch die Zusammenhänge im Unternehmen zu verstehen. Aus den so gewonnenen Informationen wurden die relevanten Stakeholder, Geschäftsprozesse und Benutzeranforderungen gewonnen und dokumentiert.

Für das Szenario „Service“ wurden ähnliche Aktivitäten durchgeführt. Als End-Anwender konnten hier einige Auszubildende und ihr Ausbilder einer Mercedes-Benz Niederlassung in Bremen gewonnen werden. Auch hier wurde eine Begehung vor Ort durchgeführt. Die Auszubildenden wurden bei der Reparatur eines Steuergeräts beobachtet und konnten zwischendurch befragt werden. Zusätzlich wurden die Prozesse mit Fotos und Videos dokumentiert. Es folgten Gespräche mit den internen Abteilungen der Daimler AG, die für die Ausstattung der Werkstätten verantwortlich sind. Hier wurde das Service-Szenario zusätzlich konkretisiert und besser an den Anforderungen der Endanwender ausgerichtet.

Es wurden verschiedene Studien zu den Benutzeranforderungen durchgeführt. Die Benutzeranforderungen an das Design und die Hardware wurden jeweils aufgenommen und dokumentiert. Es wurden Versuchsaufbauten für das Kommissionierungsszenario im BIBA und dem TZI in Bremen installiert. Mit Hilfe von zweimal fünfundzwanzig Probanden wurden entsprechende Tests durchgeführt und dokumentiert. Den Probanden wurde zunächst ein Kommissionierauftrag zugeteilt. Im Anschluss wurde dieser Auftrag schrittweise im Versuchsaufbau mit Hilfe der zu testenden Systeme abgearbeitet. Die einzelnen Positionen der zu kommissionierenden Teile mussten aufgesucht, das Bauteil ausgewählt und hinsichtlich der geforderten Qualität überprüft werden. Anschließend musste der Kommissionierprozess dieser Auftragsposition abgeschlossen und der Auftrag mit der Bearbeitung der folgenden Position weiter bearbeitet werden. Nach Abarbeitung des gesamten Auftrags wurden die

Erfahrungen des Probanden mit dem eingesetzten System mittels eines Fragebogens (NASA – TLX) dokumentiert und die Ergebnisse aller Befragungen statistisch ausgewertet.

AP 2.2 – Geschäftsprozessanalyse:

Im AP 2.2 Geschäftsprozessanalyse wurden die bestehenden Geschäftsabläufe im Szenario "Kommissionierung" in der Motorenfertigung im Daimler Werk Mannheim dokumentiert. Die Geschäftsprozesse wurden in Vorort-Terminen gemeinsam mit Schichtmeistern und Kommissionierwerkern aufgenommen und als Ist-Prozesse in der Notation ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK) mit Hilfe des ARIS Toolsets von IDS Scheer dokumentiert. Auf dieser Basis wurde eine detaillierte Schwachstellenanalyse durchgeführt und Verbesserungspotenziale identifiziert. Die Ist-Prozesse sowie die Schwachstellenanalyse bildeten die Grundlage für die Entwicklung der Soll-Modelle. Die SiWear-Soll-Modelle wurden ebenfalls mithilfe der ARIS Software dokumentiert.

Für das Szenario „Service“ wurden ähnliche Aktivitäten durchgeführt. Hier wurden zunächst die bestehenden Geschäftsabläufe in der Service-Werkstatt der Mercedes Benz Niederlassung Weser-Ems in Bremen durch Beobachtung des Prozessablaufs und Interviews mit dem Ausbildungsleiter und Mitarbeitern erhoben. Anhand der in der Schwachstellenanalyse identifizierten Verbesserungspotenziale wurden Ansätze für ein Soll-Modell erarbeitet.

AP 2.5 – Bedrohungsanalyse:

Anhand der generischen SiWear-Modelle für die Anforderungsszenarien wurden potentielle Gefährdungen für das zu entwickelnde Wearable-Computing-System identifiziert und dokumentiert. Die Bedrohungsanalyse für COTS-Komponenten wurde unter Verwendung der IT-Grundschutz-Kataloge des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik durchgeführt, für nicht COTS-Komponenten wurde eine ergänzende Bedrohungsanalyse durchgeführt. Es wurden verschiedene Fallbetrachtungen der Wearable Sicherheit durchgeführt.

Ausgehend von den Anforderungen Daimlers zur Vermeidung einer Leistungs- und Verhaltenskontrolle wurde in Koordination mit der Arbeitsgruppe „Integration“ ein Konzept zur datenschutzkonformen Protokollierung unter Windows Server 2003 entwickelt. Während im Szenario „Service“ eine Datenerhebung unter Verzicht der Nutzerkennung erfolgte, war im Szenario „Kommissionierung“ eine Aggregation der Vorgangsdaten vorgesehen, um diese im Rahmen des Qualitätsmanagements verwenden zu können. Die Berücksichtigung der konkreten Datenerhebung und –verarbeitung sowie den

Möglichkeiten zur Aggregation von Daten (pro Schicht, pro Anzahl Arbeitnehmer, pro Tag oder ähnliches) war nach Abschluss der Architekturänderungen vorgesehen. Aufgrund der Verzögerungen bei Daimler sind hier immer noch Arbeiten offen und müssen ggf. bilateral nach Ende des Projektes durchgeführt werden. Dabei können ggf. auch architekturunabhängige Vorschläge entwickelt werden.

Aufgrund einer Änderung der Systemanforderungen, wurden die Serverkomponenten der Wearable Enterprise Plattform einmal mit SAP Netweaver und einmal auf Windows Server 2003 mit Apache aufgebaut. Die Bedrohungsanalyse konnte mittels des IT-Grundschutzmodells umgehend angepasst werden.

Basierend auf den Ergebnissen aller SimoBIT Projekte wurde im Arbeitsforum IT-Sicherheit ein gemeinsamer Sicherheitsleitfaden als Empfehlung für die Entwicklung und den Einsatz sicherer mobiler Systeme herausgearbeitet. Das Projekt SiWear stellte in diesem Rahmen die Bedeutung der frühzeitigen Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten sowie zwei unterschiedliche Ansätze aus dem Bereich Maschinenbau vor.

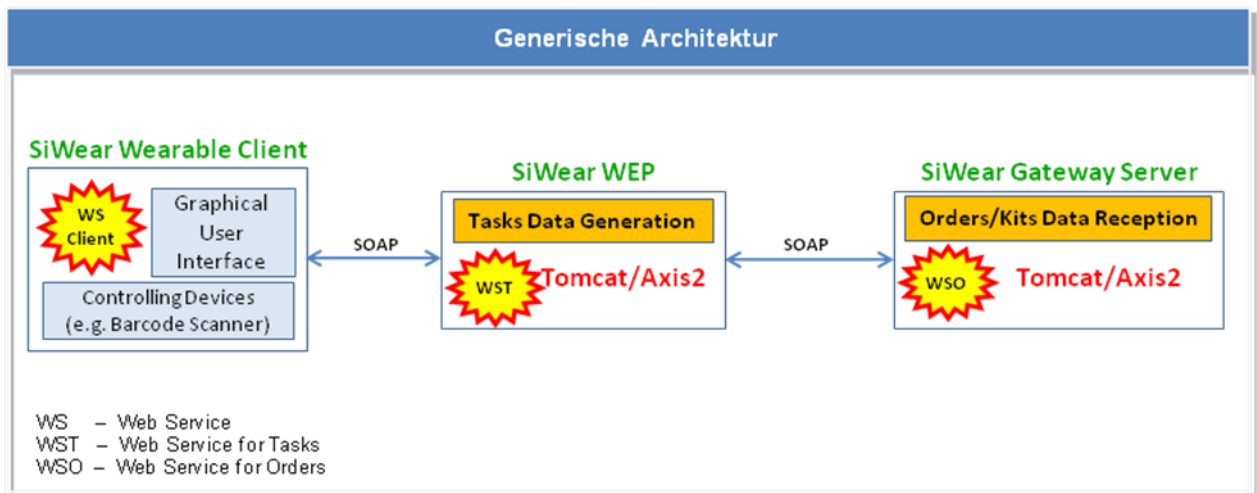
AP 2.6 – Wirtschaftlichkeitsanalyse:

Aus Gesprächen mit den Projektpartnern und Anwendern wurde angenommen, dass die entwickelten Ansätze für ein SiWear-Soll-Modell Verbesserungspotenziale gegenüber dem Ist-Prozess beinhalten. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das Szenario „Kommissionierung“ wurde aufbauend auf den Daten aus den Evaluationsstudien in Bremen am TZI erstellt. Im Rahmen einer Prozesskostenrechnung wurden die Einsparpotenziale des Systems berechnet. Ausgangslage bildeten hierzu die angenommenen Arbeitszeiten pro Takt. Die Daten aus der Evaluationsstudie wurden zur Ermittlung der Einsparpotenziale herangezogene. Aus diesen Einsparpotenzialen wurden die Einsparungen pro Takt in Euro bestimmt. Basis hierfür bildet ein angenommener Stundensatz sowie eine angenommene Taktzeit. Diese Annahmen dienen dazu Rückschlüsse auf die Produktionskapazitäten der Daimler AG zu verhindern. Auf Basis der Prozesskostenrechnung wurde die Amortisationsdauer bestimmt. Eine Abschätzung der Ist- und Soll-Kosten und darauf basierende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung konnten für das Szenario „Service“ aufgrund des fehlenden Abschlusses der Studien nicht durchgeführt werden.

AP 3 – Systemarchitektur:

Die Systemarchitektur (AP 3.1) wurde iterativ verfeinert und Erkenntnisse über die Szenarien wurden eingearbeitet. Im Kommissionierszenario wurden die szenariospezifischen Anteile der Architektur

angepasst. Eine eigene minimalistische Middleware-Lösung wurde in Zusammenarbeit mit SAP entwickelt und integriert. Die Schnittstellenspezifikation (AP 3.2) erfolgte in Zusammenarbeit mit NEO und SAP und enthält neben dem Datenmodell eine Spezifikation der notwendigen Funktionalität zur Verwaltung von Aufträgen und zur Rückkommunikation mit generischen Backend-Systemen. Für das Serviceszenario wurde ein Datenmodell zur Darstellung allgemeiner Service-Aufträge definiert. Dadurch konnte die Visualisierung von Daten getrennt von ihrer Extraktion aus den Backend-Systemen sowie dem Transport zum Client definiert werden.



AP 4 – Basistechnologien:

Ein Demonstrator zum Szenario „Kommissionierung“ sowie zwei Demonstrationen zum Szenario „Service“ wurden erstellt.

Die Demonstratoren enthalten einen Authentisierungsserver inkl. Active Directory (Hochschule Bremen) und einen Kontext-Server (TZI). Die Integration erfolgte durch die Hochschule Bremen. Die Systeme des Demonstrators verfügen mit Hinzufügen des Authentisierungservers über eine gemeinsame Windows-Domäne. Die Authentisierung kann wahlweise über Benutzername und Passwort oder mittels Fingerabdruck erfolgen. Über den Authentisierungsserver erhalten neue Systeme der Domäne bei ihrer Einbindung ein Maschinenzertifikat, diese Zertifikate werden zur Authentisierung der Systeme untereinander verwendet. Diese Authentisierung wird zusätzlich zur Benutzerauthentisierung eingesetzt, um Verbindungen zu und den Zugriff auf Server im Demonstrator zu beschränken. Eine auf WLAN basierende Lokalisierung zeigte im Laborversuch der Hochschule Bremen zunächst gute Werte (Genauigkeit ca. 0,5 Meter), die sich nach einem Transfer der Lösung in die Testumgebung des BIBA jedoch nicht wieder erreichen ließen (Genauigkeit maximal 3 Meter). Ursache hierfür ist die stark

metallhaltige Testumgebung (Regale, zu kommissionierende Teile), die jedoch dem gedachten Einsatzszenario entspricht. Die Ergebnisse zur Lokalisierungslösung wurden in einer Negativfeststellung dokumentiert. Ferner wurden die Voraussetzungen für einen Test der Optimierungsarbeiten zur drahtlosen Kommunikation innerhalb des Demonstrators geschaffen.

Zur Verwendung der beim Partner Daimler AG eingesetzten Barcodes wurde ein mobiler Barcodescanner in das WUI-ToolKit integriert. Mit diesem Scanner sollte eine schnelle Verwaltung von Aufträgen im Arbeitsprozess erfolgen. Der Scanner verfügt über eine Bluetooth Schnittstelle und ist somit mobil. Da Bluetooth jedoch beim Partner Daimler AG im betrieblichen Einsatz nicht zugelassen ist, wurde auch eine kabelgebundene Anbindung umgesetzt.



Bluetooth Barcodescanner



Kabelgebundener Barcodescanner

Für den Einsatz von Laser-Range-Finder-Systemen zur Erkennung von Teileabgriffen wurden bei SAP in Darmstadt und im TZI in Bremen Testregale mit Sensoren ausgestattet. Mit diesen Systemen können

unter Laborbedingungen diverse Teileabgriffe und mögliche Fehlerquellen nachgestellt und softwaretechnisch ausgewertet werden.



Lasercanner: Erste Tests im TZI



Lasercanner: Setup für die Studie

AP 5 – Implementierung:

Die TZI Software zum Umgang mit Kontext-Informationen (Kontext-Server und Client) wurde entwickelt. Weiterhin wurden in Zusammenarbeit mit NEO und SAP die in AP 3 definierten Schnittstellen für die vorliegenden Szenarien implementiert. Das Wearable User Interface Toolkit (WUI-TK)⁴ des TZI wurde zur Visualisierung der Aufträge für ein tragbares System angepasst.

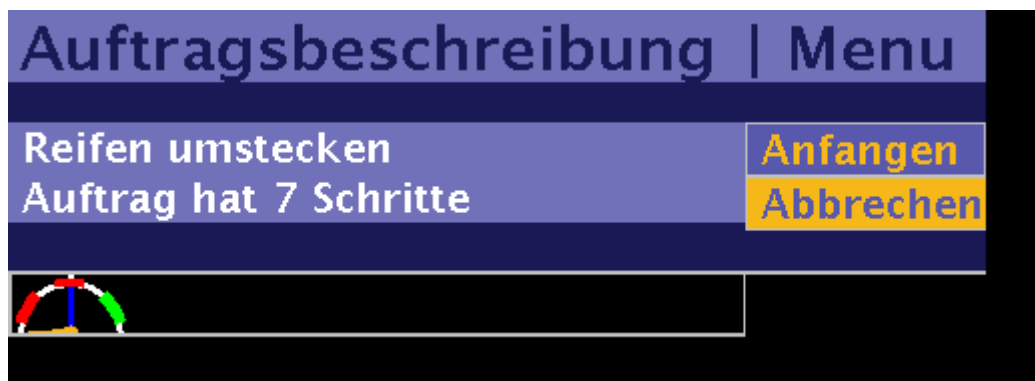
Beim WUI-TK handelt es sich um eine wissensbasierte Softwarelösung, mit der Anwendungen für verschiedene mobile und wearable Geräte erstellt werden. Dabei werden anwendungsspezifische und endgerätespezifische Aspekte getrennt. Arbeitsabläufe können als abstrakte Modelle beschrieben werden und lassen sich unabhängig vom Endgerät implementieren.

Da für den Bereich Kommissionierung verschiedene User Interface Varianten in Studien getestet werden sollten, wurde hier auf den Einsatz des WUI Toolkits verzichtet und stattdessen eine prototypische, eigenständige Visualisierung entwickelt. Dadurch liessen sich notwendige Anpassungen zeitnah realisieren. Im Bereich Service wurde das WUI Toolkit nach den Anforderungen erweitert und eingesetzt. Im folgenden werden die Implementierungen jeweils für die verschiedenen Bereiche beschrieben.

Für das Szenario „Service“ wurden verschiedene Anpassungen am bestehenden WUI-Toolkit vorgenommen, um es in eine *Service-orientierte* Anwendung zu integrieren. Da in diesem Szenario sowohl eine Visualisierung als auch die Übertragung von Daten aus Backend-Systemen durch verschiedene Partner zu realisieren war, wurden gemeinsame Datenstrukturen und Semantiken definiert um eine möglichst einfache Integration trotz getrennter Entwicklung zu ermöglichen.

Das WUI-Toolkit bezieht dabei Kontext-Informationen mit ein, wodurch eine Minimierung der Interaktion mit dem Benutzer möglich ist und passt die Aus- und Eingabemechanismen den aktuellen Gegebenheiten an. Ein- und Ausgabegeräte werden abstrahiert, so dass es für den Entwickler der Anwendung keine Rolle spielt, auf welche Weise der Benutzer mit der Software interagiert. Dadurch ist die Integration neuer Geräte einfach möglich, ohne weite Teile der Software anzupassen.

⁴ Witt, Hendrik: User Interfaces for wearable computers, Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2008.



Kurze Auftragsbeschreibung im WUI-Toolkit

Kommissionierung:

Die Lösung für die Kommissionierung besteht aus folgenden Softwarekomponenten:

Über ContextServer werden Kontextinformationen zwischen den verschiedenen Softwarekomponenten ausgetauscht.

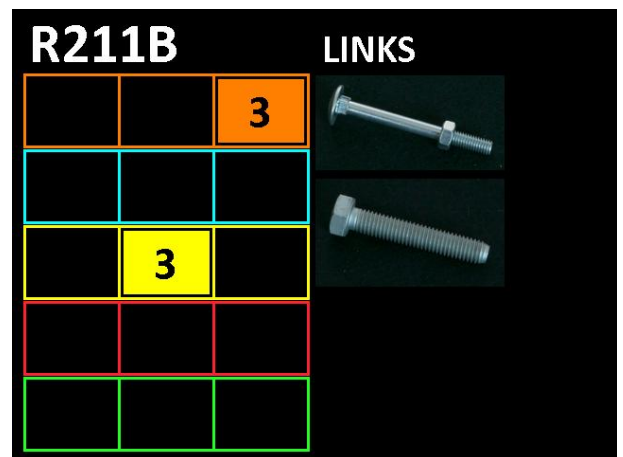
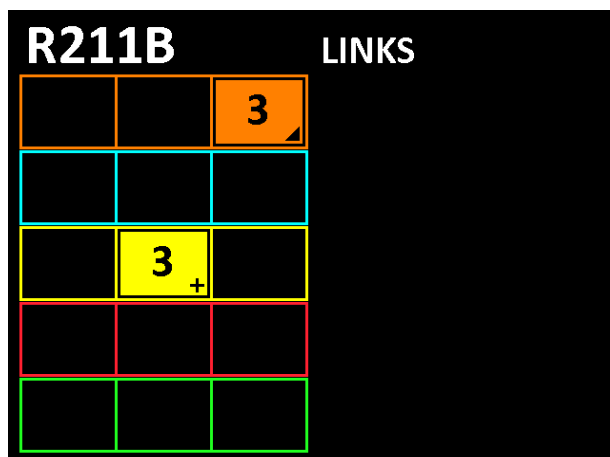


Ausführlicher Auftragschritt im WUI-Toolkit

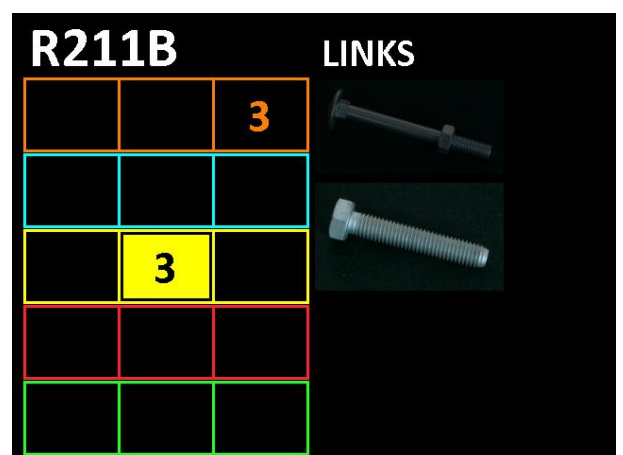
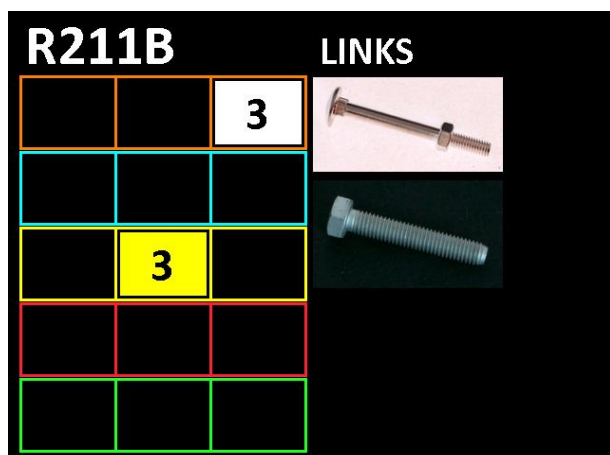
Im Szenario „Kommissionierung“ wurden für die Durchführung von Studien folgende Komponenten implementiert: Beim SiWearBarcode: Wird ein neuer Barcode eingelesen und dieser an den Kontextserver geschickt. Beim LRF Picking: liest die Anwendung die Scannerdaten aus dem Leuze ROD4plus LRF aus und generiert Picking-Events auf dem Context-Server. Beim Webservice läuft als Servlet in Apache Tomcat. Über ihn kann der SiWear_Client neue Aufträge abrufen.

SiWear_Client:

Die auf dem Wearable-Computer laufende Software stellt dem Kommissionierer die Auftragsdaten in graphisch aufbereiteter Form dar. Ein Auftrag wird dabei in mehrere Screens aufgeteilt, durch die der Kommissionierer mittels eines Eingabegeräts navigieren kann. Das Eingabegerät kann dabei entsprechend der Umgebung und Anforderungen angepasst werden. Über den Kontextserver empfängt der SiWear_Client die vom SiWearBarcode eingelesenen Barcodes und lädt über den Webservice den entsprechenden Auftrag. Während des Kommissionierens werden die von LRF Picking erkannten Griffe graphisch im Userinterface visualisiert.



Anzeige eines Screens in verschiedenen Designvarianten



Anzeige der Grifferkennung

Software zur Auswertung eines Laser-Range-Finders für die Kontext-Erkennung wurde entwickelt und zur Weiterentwicklung an SAP übergeben. Später wurde die Software an weitere Anforderungen der Nutzerstudien angepasst wobei Funktionalitäten wie Handerkennung und Verfolgung sowie das Ausblenden statischer Objekte hinzugefügt wurden.

Weiterhin wurde für die Durchführung von Studien Software zur Planung und Auswertung entwickelt.

AP 6 – Evaluation:

Aufbauend auf den Ergebnissen einer ersten Studie, wurde in Zusammenarbeit mit BIBA und SAP eine zweite Studie zur Kommissionierung durchgeführt. Die Ergebnisse der Studie wurden als Paper auf der CHI 2010 Konferenz eingereicht und dort zum Vortrag im April 2010 akzeptiert. In Zusammenarbeit mit SAP und Daimler wurden Konzepte für Benutzungsschnittstellen im Kommissionierbereich ausgearbeitet.



Evaluationsexperimente

AP 6.1 – Integration in reale Produktionsprozesse:

Die Arbeiten zur Integration der Demonstratoren in reale Arbeitsumgebungen konnten zusammen mit der Daimler AG im 4. Quartal 2009 zwar wieder aufgenommen werden. Für das geplante Konsortialtreffen Anfang 2010 wurden von der Hochschule Bremen zwei Testkonfigurationen entwickelt: Neben einer sog. Insellösung, bei der alle Komponenten vom Projekt gestellt und parallel

zu den von Daimler eingesetzten Systemen betrieben werden, wurde ein Vorschlag zur Integration des Demonstrators in das vor Ort bestehende Netz entwickelt. Ein Demonstrator in die Produktionsumgebung der Daimler AG könnte jederzeit erfolgen.

Eine Integration der entwickelten Systeme in reale Arbeitsprozesse konnte während der Projektlaufzeit nicht realisiert werden. Zur Vorbereitung auf die Integration wurden zum einen Tests in der Halle des BIBA als auch im Labor des TZI durchgeführt und Befragungen der Mitarbeiter bei Daimler vorgenommen.

AP 6.2 – Feldtests

Die Durchführung von Feldtests bei Daimler in Mannheim war wiederholt geplant und hat sich bis zum Projektende nicht erreichen lassen. Hier sollten die umfangreichen Erfahrungen aus den Tests im BIBA und TZI sowie die Informationen aus den Befragungen in die Tests einfließen.

3.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises betreffen Personalausgaben (VA 812 und 822) zu denen auch die Vergabe von Aufträgen an die Hochschule Bremen als Unterauftragnehmer der Universität als Teil des MRC gehört (VA 835). Ferner waren dieses Dienstreisen (VA 846) zu den verschiedenen Projekttreffen und Tagungen (vgl. 3.6) sowie für die Durchführung der Versuche erforderliche Beschaffungen im geringeren als ursprünglich geplanten Maße (VA 831 und (850).

3.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Notwendigkeit der geleisteten Arbeit ergab sich aus der Anforderung, dass die Entwicklung der Demonstratoren sehr stark an die Bedürfnisse der Anwendungsszenarien angepasst werden sollte und damit ein intensive Zusammenarbeit, z.B. über Interviews und Benutzerstudien koordiniert und durchgeführt wurde.

3.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit des Ergebnisses

Die Arbeiten an SiWear haben die Arbeit an den parallel verlaufenden EU Vorhaben Chronious, wearIT@work und BONITA beeinflusst. Es wurden zwei neue Projektideen für Logistikunternehmen aus dem Bereich Automobiltransport und Bauhauptgewerbe entwickelt und bereits teilweise realisiert. Die angestrebte Kontinuität und Profilierung konnte erfolgreich vorangebracht werden. Die in SiWear

erreichte Expertise wird auch weiterhin im BMBF Projekt FIDeS vor allem hinsichtlich der mobilen Sicherheit Verwendung finden.

Das MRC hat sich ausgehend von der mit SiWear gestärkten wearable computing Kompetenz verstärkt im Umfeld der intelligenten Schutzkleidung etabliert. So wurden während der Laufzeit von SiWear die Projekte GloveNet – Schutzhandschuh für Feuerwerker, HORST – Schnittschutzhose für Waldarbeiter und InoTrack – Indoorlokalisierung mit Tetra Kommunikation zum Schutz von Einsatzkräften akquiriert; alle diese Projekte sind mit der Beteiligung von deutschen Industrieunternehmen und stärken die Kompetenz im Umfeld der Intelligenten Schutzkleidung. Hierzu wurde ein erstes integriertes Projekt bei der EU beantragt. Im Umfeld der Head Mounted Displays wurde darüber hinaus für zwei Projekte eine EU Förderung beantragt. Die in SiWear entwickelten Lösungen finden aber auch in dem neuen Themenfeld des Ambient Assisted Working ein Anwendungsgebiet. Hier wurden in Deutschland zu BauA und INQA und mit WILL im Kontext des European Network of Living Labs Kontakte aufgebaut.

3.5 Während der Durchführung des Auftrags dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Auftrags bei anderen Stellen

Während der Projektlaufzeit wurde die internationale Forschung zum Thema Wearable Computing durch die aktive Teilnahme an internationalen Tagungen (siehe Abschnitt 3.6) beobachtet. Es wurden keine bahnbrechenden FE-Ergebnisse dritter Seite während der Projektlaufzeit festgestellt. Jedoch im Bereich der Head-Mounted Displays wurden neuere hardwareseitige Entwicklungen von Rotacional und VuSix festgestellt und in die Projektarbeit soweit möglich integriert sowie mit verfügbaren Lösungen von Trivisio verglichen. Während Berichtszeitraum ist zum Abschluss des von der EU geförderten Projektes wearIT@work im AKA Verlag ein Buch mit dem Titel „Intelligent Clothing“ erschienen, das den Stand der Technik umreißt.

3.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse nach Nr. 11

Veröffentlichungen

2010

- Kimberly A. Weaver, Hannes Baumann, Thad Starner, Hendrik Iben, Michael Lawo. An Empirical Task Analysis of Warehouse Order Picking Using Head-Mounted Displays – CHI 2010 10-14.4.2010 in Atlanta/Georgia, USA.

- Steckel T., Tschirner-Vinke G., Diederich G. (Juli 2010). Mobile IT-Sicherheit im Maschinenbau: Vorgehensweise zur strukturierten Reduzierung von Bedrohungen. In M. Oczko, A. Hillebrand u.a.: Leitfaden IT- Sicherheit in mobilen Geschäftsprozessen, ISSN 2190-6467, Seite 39-53.

2009

- Lawo, M., Herzog, O. (2009, May 28—29). Verbesserung von Wertschöpfungsprozessen durch Wearable Computing. In J. Gausemeier, M. Grafe (Hrsg.): Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, HNI Band 252, pp. 3-15.
- Lawo, M.: Mobilizing the Workforce – The next generation of computing: Wearable Computing. In S. Batra, F.J. Carrillo: Knowledge Management and Intellectual Capital-Emerging Perspectives, Allied Publishers, New Delhi, 2009, pp. 156-170.
- Lawo, M., Herzog, O., Boronowsky, M., Knackfuß, P. (2009, September 15—17). Empower mobile workspaces by wireless networks and wearable computing. Paper presented at 9th International Conference, NEW2AN 2009 and Second Conference on Smart Spaces, ruSMART 2009, St. Petersburg, Russia.
- Hendrik Iben, Hannes Baumann, Thad Starner, Carmen Ruthenbeck, Tobias Klug (November 2-4, 2009) Visual Based Picking Supported by Context Awareness ICMI-MLMI 2009, Cambridge, Massachusetts.
- Hendrik Iben, Hendrik Witt, Ernesto Morales Kluge (Juli 22-24, 2009) The Impact of Different Visual Feedback Presentation Methods in a Wearable Computing Scenario , HCI International 2009, San Diego, Kalifornien.

2008

- G. Diederich, R. Sethmann, S. Schäfer and Z. Ghrairi, (Sept. 7, 2008) SiWear -- Sichere Wearable-Systeme: Verwendung von Sicherheitsstandards im Entwurf von Wearable-Systemen am Beispiel der Benutzungsschnittstelle; in Workshop Proceedings der Tagungen Mensch & Computer 2008, DeLFI 2008 und Cognitive Design 2008, U. Lucke, M. C. Kindsmüller, S. Fischer, M. Herczeg and S. Seehusen, Eds., Lübeck.
- Boronowsky, M., Herzog, O., Lawo, M. (2008). Wearable computing: Information and communication technology supporting mobile workers. Zeitschrift it- information technology(1), 30–39.
- Boronowsky, M., Herzog, O., Knackfuß, P., Lawo, M. (2008, May 7—9). Exploiting wearable computing research results. Paper presented at IST AFRICA, Windhoek, Namibia.

-
- Herzog, O., Lawo, M., Boronowsky, M., Kenn, H., Nicolai, T., Witt, H., Glotzbach, U. (2008). Mobile city bremen - von der Forschung zu innovativen mobilen Lösungen. In Jürgen Sieck und Michael A. Herzog (Hrsg.): Wireless Communication and Information - New Technologies and Applications (pp. 9–22). Boizenburg: Verlag Werner Hülsbusch.
 - Lawo, M. (2008, January 30—February 1). Steuerung "mitdenkender" elektroprodukte durch wearable computing. 1. Deutscher AAL Kongress, Berlin.
 - Lawo, M. (2008, November 12—13). Sensorsysteme zur kontexterkennung im wearable computing. Paper presented at 5. GMM-Workshop: Mikrosensorik mit autarker Energieversorgung und drahtloser Signalübertragung, Düsseldorf.
 - Lawo, M., Herzog, O., Langer, H., Gehrke, J. D. (2008, February 20—21). Intelligent objects at work and in everyday life. 7. Internationales Heinz Nixdorf Symposium. Self-optimizing Mechatronic Systems: Design the Future, Paderborn, Germany.
 - Lawo, M., Witt, H., Lukowicz, P., Herzog, O. (2008, April 5—10). Using wearable computing solutions in real-world applications. Paper presented at CHI 2008, Florence, Italy.
 - Lawo, M. (2008, November 26—27). Maintenance support by wearable and mobile computing solutions. Poster 9th German Wind Energy Conference, Bremen, Germany.
 - Lawo, M., Boronowsky, M., Herzog, O., Knackfuß, P. (Eds.) (2008). Empowering the Mobile Worker by Wearable Computing, ICE Workshop Proceedings, Lisbon, Portugal, TZI-Report 47.
 - Tondini, D., Lawo, M. (2008, June 23—25). Exploiting research results in practice. ICE Workshop, Lissabon, Portugal.
 - Witt, H., Lawo, M., Drugge, M. (2008, September 23—25). Visual feedback and different frames of reference: The impact on gesture interaction techniques for wearable computing. Paper presented at 10th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, Amsterdam.

Vorträge

- Kohlsdorf, D., Iben, H., Koch, E., Lawo, M. (2009, October 7—9). Nutzerstudie zur evaluierung des scipio handschuhs und des nintendo wii controllers. 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme.
- Günther Diederich, Richard Sethmann, Silke Schäfer, Zied Ghairi (Sept. 7-10, 2008) "SiWear – Sichere Wearable-Systeme: Verwendung von Sicherheitsstandards im Entwurf von Wearable-Systemen am Beispiel der Benutzungsschnittstelle", Workshop Proceedings Mensch und Computer 2008, Lübeck

-
- Marc Ronthaler, Mehmet Kus, Karsten Sohr, Katja Wind, Richard Sethmann, Michael Lawo (Sept. 2-5, 2007) "Angepasste Benutzerschnittstellen für das Wearable Computing im Projekt SiWear", Mensch und Computer Konferenz, Bauhaus-Universität Weimar.