



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Anwendungen I

Arne Bernin

Body Monitoring

Inhaltsverzeichnis

1 Übersicht	3
1.1 Einführung	3
1.2 Problemstellungen	4
1.3 Klassifizierung	5
1.3.1 Externe Sensoren	5
1.3.2 Interne Sensoren	6
1.4 Anwendungsgebiete	7
2 Technologien	9
2.1 Zentraleinheit	9
2.2 Sensoren	10
2.2.1 Aktuelle Forschung	11
2.3 Kommunikation	11
2.3.1 Interne Kommunikation	11
2.3.2 Externe Kommunikation	12
2.4 Smart Textiles	12
3 Szenarien	13
3.1 Ambient Assited Living	13
3.2 Rescue Szenario	13
3.3 Warrior of the Future	14
3.4 Intelligente Verpackung	15
3.5 Game Lab	15
4 Schlußbetrachtungen	17
4.1 Einordnung in den technischen Kontext	17
4.2 Fazit	17

Kapitel 1

Übersicht

1.1 Einführung

Der in dieser Arbeit verwendete Begriff *Body Monitoring* beschreibt die Überwachung von inneren Funktionen und äußeren Attributen eines Körpers. Dabei ist Körper in erster Linie im biologischen Sinne als Körper eines Lebewesens, hauptsächlich des Menschen, zu sehen.

Beispiel für Anwendungen in diesem Sinne sind die direkte Überwachung von Funktionen wie Blutdruck oder Atmung sowie das Erfassen von Attributen wie etwa Gewicht, Größe oder auch Fingerabdrücke. Verbunden mit der Aufnahme der Daten ist oft auch eine Reaktion des Systems auf die gewonnenen Daten, etwa beim Ausbleiben der Atmung das Auslösen eines Alarms.

Einer der Hauptursprünge des *Body Monitoring* liegt im Bereich der Medizintechnik. Mit sinkenden Kosten und der fortschreitenden Miniaturisierung werden diese Techniken zunehmend auch in weiteren Anwendungsgebieten eingesetzt.



Abbildung 1.1: Tricorder Marc X , Quelle: [Tricorder (2005)]

In der Science-Fiction Serie Star Trek kommt ein Gerät zum Messen von Körperfunktionen und der Diagnose von Krankheiten, Krankheitserregern und ähnlichem (neben einigen anderen exotischeren Anwendungsbereichen) namens Medizinischer Tricorder zum Einsatz. Dieses Gerät stellt für den medizinischen Bereich sicherlich ein Vorbild oder Fernziel dar.

Ziel dieser Arbeit ist es, einen (kurzen) Überblick über das Thema und relevante Technologien zu bieten. Dabei sind tragbare Systeme im Rahmen von *wearable computing* von besonderem Interesse. Eine konkrete Präzisierung eines Themas aus diesem Bereich wird im Rahmen der Vorlesung *Anwendungen 2* im nächsten Semester erfolgen.

1.2 Problemstellungen

Body Monitoring bewegt sich im Spannungsfeld unterschiedlicher technischer sowie nicht-technischer Anforderungen. Nachfolgend werden die wichtigsten Anforderungen kurz beleuchtet.

Datenschutz und Privatsphäre Die anfallenden Daten gehören oft in den Bereich der Privatsphäre. Sie lassen teilweise Rückschlüsse auf Handlungen, die Identität oder auch Krankheiten der überwachten Personen zu. Dies ist sowohl bei der Übertragung, der Speicherung sowie der Auswertung zu berücksichtigen. Das Missbrauchspotential läßt sich dabei durch die Anwendung von Verschlüsselung für Übertragung und Speicherung minimieren. Insbesondere ist der Punkt Privatsphäre bei Systemen mit externen Sensoren ohne Körperkontakt (siehe 1.3.1) zu berücksichtigen, da die Überwachung einer Person dabei auch ohne ihr Wissen und Beteiligung erfolgen kann.

Interoperabilität Die Zusammenarbeit mobiler und statischer Geräte muss gewährleistet sein, beispielsweise über die Schaffung herstellerübergreifender Schnittstellen und Protokolle. Die Interoperabilität soll dabei nicht auf Kosten der Sicherheit der Daten im Bezug auf Veränderungen oder Missbrauch erfolgen. Dabei kann, unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen in diesem Bereich, auf verfügbare Techniken aus dem Bereich Computernetzwerke zurückgegriffen werden.

Zuverlässigkeit Die dauerhafte Zuverlässigkeit der verwendeten Sensoren im Bezug auf Messwerttreue muss auch unter unterschiedlichen und widrigen Bedingungen gegeben sein. Insbesondere sollte der Ausfall einzelner Sensoren nicht die Funktion des restlichen Systems beeinflussen.

Energieversorgung Die dauerhafte Versorgung von Sensoren mit Energie ist eines der Hauptprobleme für langfristige Messungen. Zur Speicherung der Energie kommen meist Akkus zum Einsatz, die sich durch die Nutzung von Bewegungsenergie oder

der Umgebung (Solarzellen) wieder aufladen lassen. Dies ist jedoch nicht in allen Bereichen möglich und schränkt den Umfang und die Dauer von Messungen ein.

Sicherheit Eine Gefährdung der überwachten Personen durch die Benutzung der Geräte muss ausgeschlossen sein.

Kosten Insbesondere im Medizinischen Bereich treten erhöhte Kosten durch notwendige und aufwendige Zulassungsverfahren auf. Auch ist natürlich die Stückzahl der hergestellten Systeme ein wichtiger Faktor. Durch das Verwenden von einzelnen austauschbaren Komponenten ("Wegwerfsensoren") oder durch Massenfertigung lassen sich diese Kosten senken.

1.3 Klassifizierung

Die Einordnung von Systemen zum *Body Monitoring* kann nach unterschiedlichen Kriterien erfolgen. Beispielsweise nach dem Anwendungsbereich (wie etwa Medizin oder Sicherheitstechnik). Ein Problem dabei ist, dass sich die technischen Details solcher Systeme oft überschneiden. In dieser Ausarbeitung wird die Klassifizierung nach Anordnung der Sensoren verwendet. Daraus folgt eine Aufteilung in externe und interne Sensoren, aus Sichtweise des "Körpers". Eine Kombination von externen und internen Sensoren zu gemischten Systemen ist dabei möglich.

1.3.1 Externe Sensoren

Die Frage nach einem direkten, körperlichen Kontakt der Sensoren bestimmt dabei die weitere Aufteilung:



Abbildung 1.2: Eyebox2 , Quelle: [Eyebox (2007)]

Ohne Körperkontakt: Externe Sensoren ohne Körperkontakt werden in erster Linie verwendet, externe körperliche Attribute wie biometrische Daten oder Blickrichtung zu erkennen. Zu dieser Art Sensoren gehören Kameras, Mikrofone, Erschütterungssensoren, etc.



Abbildung 1.3: Kamerapille , Quelle: [cremoni (2007)]

Mit Körperkontakt: Diese Art wird oft direkt am Körper angelegt, ohne jedoch fest mit ihm verbunden zu sein. Dazu gehören insbesondere eine Vielzahl medizinischer Sensoren zum Messen von Puls- oder Herzschlag. In diese Kategorie fallen alle Sensoren, die nicht in den Innenraum des Körpers gelangen.

1.3.2 Interne Sensoren

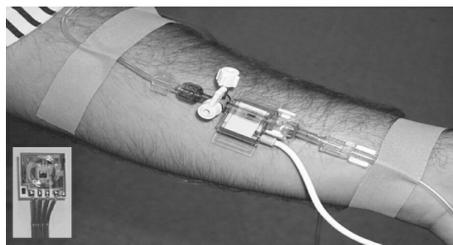


Abbildung 1.4: Kamerapille , Quelle: [ibp (2007)]

invasiv: Hierbei werden die Sensoren mit einem medizinischen Eingriff kurzzeitig oder dauerhaft in den Körper verbracht. Ein Beispiel hierfür ist die Messung des Blutdruckes

über einen Venenkatheter (IBP - Invasive Blood Pressure). Hierbei ergeben sich besondere Anforderungen an die Sensoren, insbesondere was die Minimierung von Verletzungs- und Infektionsrisiko betrifft.



Abbildung 1.5: Kamerapille , Quelle: [kamerapille (2007)]

nicht invasiv: Im Gegensatz zu invasiven Sensoren, lassen sich die nicht invasiven einfacher in den Körper bringen. Ein oft verwendetes Beispiel für einen solchen Sensor ist die so genannte Kamera-Pille. Dabei wird eine Kamera in Form einer Kapsel geschluckt, die Übertragung der Bilder aus dem Verdauungstrakt erfolgt per Funk. Ein Problem bleibt dabei die Ausrichtung der Kamera genauso wie eventuelle Verschmutzungen.

1.4 Anwendungsgebiete

Body Monitoring eignet sich für eine Vielzahl unterschiedlicher Einsatzbereiche:

Medizin/Sport In diesem Bereich geht es hauptsächlich um die Aufzeichnung von Vitalwerten. Dazu zählt sowohl die Überwachung von lebenswichtigen Funktionen zur sofortigen Reaktion wie im Bereich der Intensivmedizin, als auch die Aufzeichnung über einen langfristigen Zeitraum zur Ermittlung von Veränderungen oder Trends etwa bei einem Leistungssportler. Durch die Korrelation dieser Daten über einen längeren Zeitraum ergeben sich zusätzliche Erkenntnisse.

Ein wichtiger Faktor für die Einsetzbarkeit und Akzeptanz eines solchen Systems ist der Komfort bei der Benutzung. Je kleiner und leichter die Sensoren sind, desto weniger Einschränkungen sind für die Anwender zu befürchten. Erfolgt die Überwachung nur durch externe Sensorsysteme, sind auch Anwendungen und Analysen bei sportlichen Wettkämpfen denkbar.

Sicherheitstechnik Hier geht es in erster Linie um die Überwachung von Reaktionen (Beispiel Lügendetektor) als auch um die Möglichkeit, eine Person eindeutig zu identifizieren.

Wirtschaft Auch für wirtschaftliche Anwendungen kann es von großen Interesse sein, die Reaktionen von Personen auf beispielsweise eingesetzte Werbung zu erkennen und daraus Rückschlüsse auf die die Effizienz der eingesetzten Mittel zu ziehen.

Home automation Reaktionen der Haustechnik auf die Bewohner, wie beispielsweise das Schalten des Lichtes bei Anwesenheit oder Regelung der Wärme in einem Raum.

Spiele Im Bereich Spielentwicklung bieten sich neue Möglichkeiten der Mensch-Maschine-Interaktion. So kann ein Spiel auf die physischen Reaktionen des Spielers reagieren. Durch den Einsatz von Bewegungs- oder Beschleunigungs-Sensoren bieten sich neue Formen der Eingabe (Nintendo Wii) bei klassischen Spielen. Aber auch das Entstehen völlig neuartiger Spielkonzepte (beispielsweise ein Autorennen bei der die Lenkung durch das Messen der Augenbewegung erfolgt) sind denkbar.

Informatik Im Bereich der Informatik kommt *Body Monitoring* bereits seit längerem im Bereich der Softwareergonomie zum Einsatz. Dabei werden die physischen Reaktionen eines Probanden (zum Beispiel Augenbewegungen) bei der Bedienung einer Software gemessen. Ein neues Anwendungsfeld ergibt sich im Bereich von *Context Awareness*. Durch das Wahrnehmen der Umgebungsbedingungen und des Zustandes des Benutzers kann ein Computersystem den Umfang der präsentierten Informationen auf eben diesen Zustand anpassen und so eine Überforderung vermeiden. Sinnvoll ist dies zum Beispiel in kritischen Situationen (Leitstand).

Kapitel 2

Technologien

Ein System zum Body Monitoring besteht im wesentlichen aus zwei Komponenten. Aus den Geräte zum Messen der gewünschten Werte sowie einer zentralen Instanz zur Auswertung. Zur Kommunikation zwischen den einzelnen Sensoren und der Zentraleinheit kommen unterschiedliche Technologien und Schnittstellen zum Einsatz. Die zentrale Instanz verfügt in der Regel über weitere Schnittstellen zur Übertragung der Daten an externe Systeme oder zur Ansteuerung weiterer Geräte.

2.1 Zentraleinheit

Diese besteht bei tragbaren Systemen oft aus einem Rechnersystem aus dem Bereich *embedded* beziehungsweise *wearable computing*. In stationären Systemen können dafür Standardkomponenten verwendet werden.

Ein Beispiel für die geringe Größe einer Zentralen Recheneinheit ist der QBIC Belt Integrated Computer, der am ETHZ Zürich entwickelt wurde. In diesem, als Verschluss in einem Gürtel integrierten Rechner sind ein 400 Mhz Xscale Prozessor sowie 256 MB Arbeitsspeicher und 32 MB Flash vorhanden. Zur Stromversorgung wird allerdings ein externen Akku benötigt.



Abbildung 2.1: QBIC Belt Integrated Computer , Quelle: [qbic (2007)]



Abbildung 2.2: QBIC Belt Integrated Computer , Quelle: [qbic (2007)]

2.2 Sensoren

Die Palette der möglichen Sensoren ist vielfältig, ein Überblick über die verschiedenen Arten wurde bereits im Abschnitt Klassifizierung (siehe 1.3) gegeben.

Als Beispiel für die Integration in einem Gesamtsystem zum Body Monitoring sei hier das SmartShirt erwähnt. Dieses enthält neben einer zentralen Recheneinheit (Wearable Motherboard) Sensoren zum messen von Vitalwerten wie Körpertemperatur, Herzschlag und Atmung. Es ist durch ein Netz von leitenden Bahnen innerhalb des Gewebes für die Integration weiterer Sensoren vorbereitet.

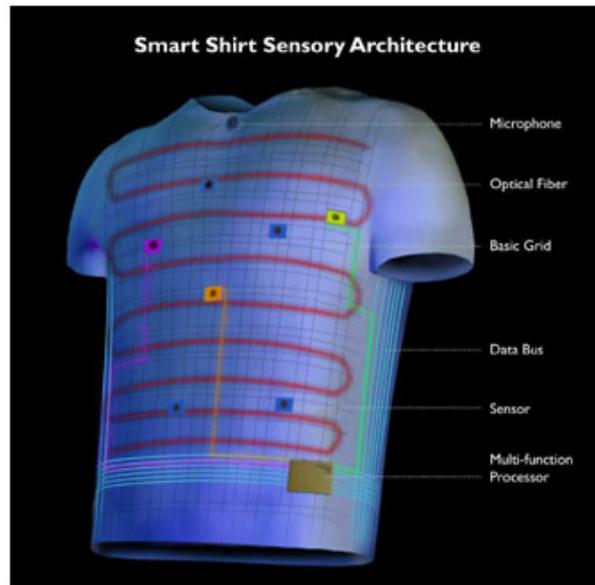


Abbildung 2.3: SmartShirt , Quelle: [smartshirt (2007)]

2.2.1 Aktuelle Forschung

Im Rahmen des PHMon Projektes an der Uni Karlsruhe (siehe phmon (2007)) erfolgt die Erforschung neuer nicht invasiver Sensortechniken für medizinische Anwendungen. Diese sollen die in dem Bereich zur genauen Messung bisher nötigen invasiven Techniken ablösen. Dazu gehören die Blutdruckmessung anhand der Ausbreitungsgeschwindigkeit der *Pulswelle*, die Überprüfung des Augeninnendrucks und der Durchblutung durch Laser sowie die ebenfalls durch Laser im Augenbereich erfolgende Bestimmung des Blutzuckergehaltes.

2.3 Kommunikation

2.3.1 Interne Kommunikation

Zur internen Kommunikation der Sensoren mit der Zentraleinheit kommen neben Standard-techniken zur Kurzstreckenvernetzung auf Funkbasis wie Bluetooth, ZigBee oder WLAN auch speziell für diesen Zweck entwickelte zum Einsatz.

BAN (Body Area Network, siehe BAN (2007)) ist ein selbstkonfigurierendes Netzwerk, das seine Daten drahtlos überträgt. Dabei kommt entweder Funk als Übertragungsmedium zum Einsatz oder das elektrostatische Nahfeld eines Lebewesens. Je nach Medium sind hierbei Übertragungsraten von einigen Kbit (SKINPLEX skinplex (2007)) bis zu einigen Mbit (BASUMA basuma (2007)) möglich.

2.3.2 Externe Kommunikation

Zur Übertragung der Daten an andere Systeme kommen üblicherweise die folgenden Übertragungstechniken zum Einsatz:

- GSM
- UMTS
- DECT
- Bluetooth
- ZigBee
- WLAN

Da diese Techniken bekannt und bewährt sind, wird auf eine nähere Darstellung verzichtet.

2.4 Smart Textiles

So genannte Smart Textiles (siehe auch SmartTextile (2004)) sind Textilien mit eingearbeiteter Elektronik, oft auf Polymerbasis. Da diese Technik relativ neu ist, sind der Großteil der praktischen Arbeiten in diesem Bereich in den letzten 5 Jahren geschehen. Ein Vorteil der Elektronik auf Polymerbasis ist, dass sie auch beim Waschen in der Kleidung verbleiben kann.



Abbildung 2.4: Luftgitarre, ein T-Shirt mit integrierten Bewegungssensoren, Quelle: [luftgitarre (2007)]

Kapitel 3

Szenarien

Im folgenden werden einige Anwendungsszenarien exemplarisch vorgestellt.

3.1 Ambient Assisted Living

Ambient Assisted Living (AAL) ist der Name eines Förderprogrammes der Europäischen Union.

„Zielsetzung des Programms “Ambient Assisted Living” ist es, europäische Projekte zu fördern, deren Ergebnisse es vor allem älteren Menschen ermöglichen, ein lange selbst bestimmtes Leben in den eigenen vier Wänden zu führen.“ (vgl. aalde, 2007)

Im Besonderen werden dafür Projekte gefördert, die die Unterstützung durch technische Hilfsmittel zum Ziel haben. Da die proportionale Zahl älterer Menschen an der Gesamtbevölkerung in der Europäischen Union in den nächsten Jahrzehnten massiv steigen wird, ergibt sich hier ein großer Markt sowie die (erhoffte) Möglichkeit, durch gezielte Unterstützung die Kosten dieser Entwicklung zu verringern.

Das Spektrum der Themengebiete ist dabei recht vielfältig. Es reicht von Gesundheit und HomeCare über Sicherheit bis hin zu Hausarbeit und Freizeitgestaltung.

3.2 Rescue Szenario

Das im Rahmen des EU Projektes wearIT@work (siehe wearit (2007)) von der des Fraunhofer FIT in Zusammenarbeit mit der Berufsfeuerwehr Paris und der HAW Hamburg beheimatete "Rescue Szenario"(Unterstützung der Feuerwehr durch *Wearable Computing*, siehe auch Davids (2007), Piening (2007), Hinck (2007)) nutzt die Techniken des *Body Monitoring* in folgenden Bereichen:

- Überwachung von Probanden bei der Evaluierung der entwickelten Software. Dabei sowohl im Bereich der Beurteilung der Ergonomie der Schnittstellen zum Anwender als auch im Bereich Simulation von Stresssituationen.
- Überwachung der physischen Belastung im Einsatz. Dies soll der Einsatzleitung ermöglichen, rechtzeitig vor einer Überlastung eingreifen zu können.
- Anpassung des Informationsgehaltes der angezeigten Informationen an die derzeitige physische und psychische Belastung der Einsatzkräfte. Dies soll eine Überforderung mit zu viel Informationen verhindern.

3.3 Warrior of the Future

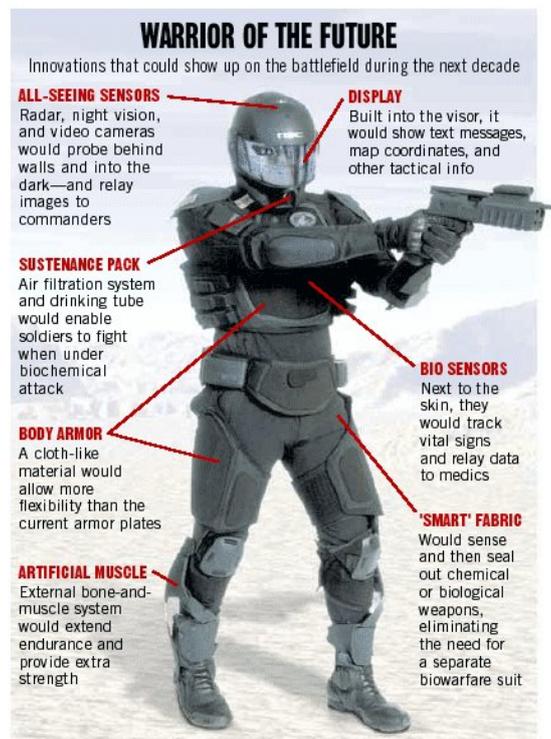


Abbildung 3.1: Warrior of the Future , Quelle: [FutureWarrior (2007)]

Techniken zum Überwachen von Vitalfunktionen im menschlichen Körper sind auch für das Militär von Interesse. Zum einen um die körperliche Belastung einschätzen zu können als auch um im Falle der Verwundung, sofort auf die Art der Verletzung reagieren zu können. Dazu können entweder sofortige Gegenmaßnahmen durch in die Ausrüstung integrierte medizinische Gerätschaften veranlasst werden, als auch die Vorbereitung einer Operation nach

Bergung des Verwundeten. Und dies eben ohne das medizinisches Fachpersonal eine Begutachtung des Verwundeten vor Ort durchführen muss.

3.4 Intelligente Verpackung

Durch die Erweiterung des Begriffs *Body* weg von der rein biologischen Bedeutung auf andere Arten von Körpern, wie Container oder Verpackungen ergibt sich ein weiterer Anwendungsbereich.

Ein Beispiel für eine Anwendung in diesem Bereich ist etwa der Intelligente Container, der ständig die Umweltwerte in seinem Inneren überwacht und beim Abweichen von der Norm, einen externen Alarm auslöst. Auch im Bereich Verpackungen eröffnet die fortlaufende Sammlung der Messdaten, beispielsweise durch ein aufgedrucktes Sensorarray (Elektronik auf Polymerbasis) auf Verpackungen die Möglichkeit, Aussagen über den Zustand des Inhalts zu treffen und Gründe für eventuelle Beschädigungen zu ermitteln. Damit könnte ein Bruch in der Kühlkette bei Lebensmitteln ebenso festgestellt werden, wie die Beschädigung eines technischen Gerätes beim Transport.



Abbildung 3.2: Intelligenter Container , Quelle: [IntelligentContainer (2007)]

3.5 Game Lab

An der HAW Hamburg ist das *Game Lab* im Entstehen. Eines der Ziele ist die Untersuchung der Verwendung von Sensoren im Spieleumfeld. Dabei liegt einer der Schwerpunkte im Fachbereich Informatik auf der technischen Bereitstellung von Frameworks zur Verwendung durch Spieleentwickler. Mögliche Szenarien sind dabei:

-
- *Wearable Computing for outdoor games*, also die zusätzliche Auswertung von Sensorwerten bei realen Spielen.
 - Spielsteuerung durch Eye-tracker, beispielsweise ein die Steuerung eines Autos durch die Blickrichtung.
 - Messen des Entspannungsgrades einer Person und damit verbundene Aufgaben (bestimmter Entspannungsgrad, um einen Level abzuschließen).
 - Steuerung von Spielen durch Bewegungen. Dieses ist mit dem auf Beschleunigungs- und Infrarotsensoren basierenden Wii-Controller von Nintendo bereits für den Massenmarkt verfügbar.

Kapitel 4

Schlußbetrachtungen

4.1 Einordnung in den technischen Kontext

Wie bei allen neuen Feldern, die sich in der Informatik eröffnen, stellt sich auch im Bereich *Body Monitoring* die Frage nach vergleichbaren, bekannten Systemen. Ein verwandter Bereich im technischen Umfeld ist die Regelungstechnik bzw. Techniken zur Prozesslenkung. Auch bei diesen Systemen wird in der Regel eine Vielzahl an unterschiedlichen Sensoren eingesetzt, um auf aktuelle Veränderungen eines Gesamtsystems reagieren zu können. Im Unterschied zur klassischen Regelungstechnik von industriellen Anlagen unterbleibt aber meist ein direktes Eingreifen in das System, also eine direkte Beeinflussung der biologischen Funktionen. Die Nähe zu diesem Bereich ermöglicht die Übernahme bewährter Algorithmen. Teilweise kommen auch in diesem Bereich selbstorganisierte Sensornetzwerke zum Einsatz. *Body Monitoring* wird in erster Linie dazu verwendet, eine Überwachung dieser Funktionen zu ermöglichen.

4.2 Fazit

Die Verwendung von Daten aus Sensoren zur Wahrnehmung ihrer Umwelt wird nicht nur bei medizinischen Systemen zu entscheidenden Veränderungen führen. Auch im Bereich der Spieleentwicklung wird es zu ganz neuen Konzepten kommen. Dies ist schon jetzt durch Systeme wie die Nintendo Wii abzulesen.

Dabei bildet die physikalische Beschaffenheit der Sensoren den entscheidenden Faktor. Durch weitere Miniaturisierung ergibt sich die Möglichkeit der Integration in andere Materialien (wie Textilien) und die Senkung des Energieverbrauchs. Die derzeit hohen Kosten für Sensoren werden sich im Zuge der Massenfertigung deutlich senken.

Literaturverzeichnis

- [aalde 2007] : *Ambient Assisted Living Deutschland*. Verifiziert am 18.6.2007. 2007. – URL <http://www.aal-deutschland.de/>
- [BAN 2007] : *Body Area Network*. Verifiziert am 18.6.2007. 2007. – URL <http://www.ban.fraunhofer.de/index.html>
- [basuma 2007] : *BASUMA*. Verifiziert am 18.6.2007. 2007. – URL <http://www.basuma.de/>
- [cremoni 2007] : *Cremoni II*. Verifiziert am 18.6.2007. 2007. – URL <http://www.schwarzer.net/kardio/deutsch/cremoni.htm>
- [Davids 2007] DAVIDS, Arno: *Rescue Szenario: Sensorik zur Gebaeudeueberwachung*. Verifiziert am 27.7.2007. 2007. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2006/davids/abstract.pdf>
- [Eyebox 2007] : *Eyebox 2*. Verifiziert am 18.6.2007. 2007. – URL <http://www.xuuk.com/>
- [FutureWarrior 2007] : *Darpa Future Warrior*. Verifiziert am 18.6.2007. 2007. – URL http://www.businessweek.com/magazine/content/03_30/b3843084.htm
- [Hinck 2007] HINCK, Steffen: *RESCUE: Wearable Computer in Disaster-Szenarien*. Verifiziert am 27.7.2007. 2007. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2006/hinck/abstract.pdf>
- [ibp 2007] : *Invasiv Blood Pressure*. Verifiziert am 18.6.2007. 2007. – URL <http://www.emeraldinsight.com/fig/0870210401003.png>
- [IntelligentContainer 2007] : *Intelligent Container*. Verifiziert am 18.6.2007. 2007. – URL <http://www.intelligentcontainer.com/supervision/presentation.html>

- [kamerapille 2007] : *Video Kapselendoskopie*. Verifiziert am 18.6.2007. 2007. – URL http://www.aktion-meditech.de/images/rechts/video_kapselendoskopie_k_big.jpg
- [luftgitarre 2007] : *Shirt mit Bewegungssensoren als Luftgitarre*. Verifiziert am 18.6.2007. 2007. – URL <http://www.csiro.au/science/ps29y.html>
- [phmon 2007] : *PHMon*. Verifiziert am 18.6.2007. 2007. – URL http://www.itiv.uni-kalsruhe.de/opencms/de/research/projects/mst_phm/
- [Piening 2007] PIENING, Andreas: *RESCUE: Leitstand für Desaster-Szenarien*. Verifiziert am 27.7.2007. 2007. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2006/piening/abstract.pdf>
- [qbic 2007] : *QBIC Belt Integrated Computer*. Verifiziert am 18.6.2007. 2007. – URL <http://www.qbic.ethz.ch/index.htm>
- [skinplex 2007] : *Skinplex*. Verifiziert am 18.6.2007. 2007. – URL www.skinplex.net
- [smartshirt 2007] : *SmartShirt*. Verifiziert am 18.6.2007. 2007. – URL <http://www.sensatex.com/>
- [SmartTextile 2004] : *Interactive and experiential design in smart textile products and applications, Personal and Ubiquitous Journal, vol. 8, no. 1; selected proceedings from 2AD Conference, HP Labs, Bristol, UK www.appliancedesign.org*. 2004
- [Tricorder 2005] : *StarTrek Mark X medical tricorder*. Verifiziert am 18.6.2007. 2005. – URL <http://images.wikia.com/memoryalpha/de/images/thumb/a/a2/Tricorder2372.jpg/200px-Tricorder2372.jpg>
- [wearit 2007] : *WearIT@work*. Verifiziert am 27.6.2007. 2007. – URL <http://www.wearitatwork.com>