

# **Wearable Healthcare**

Claas Pinkernell

23. Januar 2006



Technische Universität Braunschweig  
Institut für Medizinische Informatik

Seminararbeit

Wearable Healthcare

von  
Claas Pinkernell

**Aufgabenstellung und Betreuung:**

Prof. Dr. Reinhold Haux

Braunschweig, den 23. Januar 2006



### **Erklärung**

Ich versichere, die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Benutzung der angegebenen Hilfsmittel angefertigt zu haben.

Braunschweig, den 23. Januar 2006



## Kurzfassung

Diese Seminararbeit befasst sich mit den Artikeln *The Agenda of Wearable Healthcare*[1] und *Wearable Systems for Health Care Applications*[2] über die Entwicklung des Wearable Computing im Bereich von medizinischen Anwendungen. Die problematische Kostenentwicklung im Gesundheitswesen wird in [1] zum Anlass genommen, tragbare Computersysteme in der medizinischen Allgemeinversorgung einzusetzen. Als Ursache der Kostenentwicklung wird in [1] die alternde Weltbevölkerung genannt. Diese trägt zwar maßgeblich zur Entwicklung bei, jedoch wurden Faktoren wie die stetig steigenden Behandlungskosten durch den Einsatz neuer Technologien dabei außer Acht gelassen.

Die so genannten Personal Health Assistants dienen zur Krankheitsfrüherkennung und zur Überwachung von Therapie- und Rehabilitationsmaßnahmen. Durch die schnelle Erkennung vom Krankheitssymptomen und die anschließende Behandlung, lassen sich Kosten einsparen, jedoch verursacht die Technologie selbst hohe Investitionskosten, die in [1] und [2] nicht berücksichtigt wurden.

Der Einsatz der tragbaren Computersysteme im Alltag ist zwar mit dem heutigen Stand der Technik umsetzbar, jedoch nicht unbedingt als so komfortabel einzustufen, dass man die Geräte zur kontinuierlichen Gesundheitsüberwachung auch wirklich jederzeit bereitwillig bei sich tragen würde. Es gibt außerdem noch kein integriertes System, das allen Anforderungen an ein solches Gesundheitsassistenzsystem gerecht wird. Es existieren heute zwar Lösungen, die einige der relevanten Vitalparameter überwachen, jedoch gibt es nur wenige Konzepte, die sich mit der Überwachung aller notwendigen Parameter befassen. Als Ursache dafür werden in dieser Arbeit zwei wesentliche Gründe genannt. Zum einen lassen sich nicht alle erforderlichen Parameter problemlos überwachen und zum anderen ist die für die Auswertung benötigte Kontextbestimmung der erfassten Daten noch nicht weit genug fortgeschritten. Von den relevanten Parametern lassen sich zurzeit nur einige problemlos durch integrierte Messsensoren erfassen und auswerten. Die Umweltfaktoren, wie Uhrzeit, Wetter, Aufenthaltsort etc. und die Vitalparameter Blutdruck, Atmung, Bewegung, Hautbeschaffenheit und Blutsauerstoff lassen sich relativ unproblematisch bestimmen. Für eine Bestimmung des Gesamtkontextes, spielt jedoch auch die Bestimmung des sozialen Kontextes und die Erfassung der Herzfunktion in Form eines Elektrokardiogramms, sowie die Erfassung der Muskelaktivität eine Rolle. Hier sind die in [1] und [2] vorgestellten Konzepte noch nicht besonders überzeugend.

Aus der Sicht der Informatik stellt die Bewältigung der enormen Datenmengen und deren Komplexität einen Flaschenhals dar. Schließlich soll das Personal Health System die Kontextbestimmung in Echtzeit berechnen. Besonders bei der Auswertung der Daten, die für die Einstufung des sozialen Kontextes notwendig sind, aber auch bei einigen der Vitalparametern, wie zum Beispiel beim Elektrokardiogramm oder der Muskelaktivitätsmessung, ist die Hardware noch nicht so hoch integriert, dass sie sich problemlos in einem Wearable System einsetzen ließe, ohne den Benutzer in seinem Komfort einzuschränken. Auch die Verfahren zur Kontextbestimmung selbst sind noch nicht weit genug fortgeschritten, so dass der Einsatz der Systeme im Alltag nur bedingt möglich ist.

### **Abstract**

This seminar paper is based on the articles *The Agenda of Wearable Healthcare*[1] and *Wearable Systems for Health Care Applications*[2]. The articles are about the development of wearable computing in medical applications. In [1] the critical development of cost in health care is described. The author approves the use of computer-aided personal health assistants to avoid a continuous increase of costs. In [1] the aging population is mentioned as the main reason of cost development, but the author disregards the increasing medical costs, which are caused by use of new technologies.

Personal health assistant systems are used for an early diagnosis and for monitoring therapies and rehabilitation activities. An early diagnosis with following therapy brings down costs, but otherwise the use of these technologies implies high investment costs, which are not mentioned.

Nowadays personal health assistants are realisable, but they are not very comfortable, so that you would not wear it in everyday life. There is not even a system, which meets all requirements of wearable health care. There are a couple of systems, which are analysing some vital signs, but there is no one, which is able to analyse all required parameters. There are two main reasons for that: One the one hand it is not possible to analyse all vital parameters, and one the other hand there is no efficient technique to analyse recorded data. Current systems are not able to recognise context in real-time. Not all relevant parameters can be measured with needed accuracy. The environmental parameters like time, weather, place and some vital parameters like blood pressure, respiration, motion, skin and blood oximetry can be measured without problems. But there are some vital parameters like cardiac function and muscle activity, which can not be measured with needed accuracy. Furthermore it is not possible to analyse the social context, as it would be needed. The systems, which are mentioned in [1] and [2] are not fully developed.

In computer sciences the most significant problem is, that current hardware is not able to handle the huge amount of data. A health care system has to evaluate data in real-time, but this is not easy to realise with all parameters. The determination of social context and vital parameters like muscle activity and electrocardiogram has not advanced as necessary. In this area current hardware is not very compact and integrated. It is not very comfortable to wear such a system. Finally there are no highly developed methods to evaluate context, so that today's wearable systems are not able to work as an assistant.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Wandel im Gesundheitswesen</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Wearable Computing im Gesundheitswesen</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Technische Aspekte</b>	<b>7</b>
4.1	Funktionelle Textilien . . . . .	7
4.2	Eingebettete Systeme . . . . .	7
4.3	Zusatzkomponenten . . . . .	8
4.3.1	Eingabe . . . . .	8
4.3.2	Ausgabe . . . . .	9
4.4	Mobilgeräte . . . . .	9
4.5	Schnittstelle zwischen Mensch, System und Umwelt . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Datenerfassung</b>	<b>11</b>
5.1	Arten der erfassbaren Daten . . . . .	11
5.1.1	Benutzerkontext . . . . .	11
5.1.2	Umweltfaktoren . . . . .	11
5.1.3	Sozialer Kontext . . . . .	11
5.2	Vitalparameter . . . . .	12
5.2.1	Puls und Elektrokardiogramm . . . . .	12
5.2.2	Blutdruck . . . . .	13
5.2.3	Blutsauerstoff . . . . .	14
5.2.4	Atmung . . . . .	14
5.2.5	Bewegung . . . . .	15
5.2.6	Muskelaktivität . . . . .	15
5.2.7	Haut . . . . .	16
5.3	Kontextbestimmung . . . . .	16
<b>6</b>	<b>Anwendungen</b>	<b>19</b>
6.1	Aktivitätserfassung . . . . .	19
6.2	Stress und Emotion . . . . .	20
6.3	Früherkennung und Rehabilitation . . . . .	20
<b>7</b>	<b>Ausblick</b>	<b>23</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>25</b>

*Inhaltsverzeichnis*

<b>A Anhang</b>	<b>29</b>
A.1 Abbildungen . . . . .	29

# Abbildungsverzeichnis

A.1	Vier Schichten Modell eines tragbaren Computersystems, [41]	29
A.2	Schematische Darstellung eines Elektrokardiogramms, [42]	30
A.3	Lungenfunktionsmessung mit dem XactTrace-System, [23].	31
A.4	Messwerte einer elektromyographischen Untersuchung, [26].	32
A.5	Mittleres Alter der Weltbevölkerung, [39].	33
A.6	Weltweite Bevölkerungsentwicklung, [39].	34
A.7	Durchschnittliche Lebenserwartung, [39].	35

## *Abbildungsverzeichnis*

# 1 Einleitung

Diese Seminararbeit befasst sich mit den Möglichkeiten und Risiken des Einsatzes von tragbaren Computersystemen (Wearable Systems) im Gesundheitswesen. Die Grundlage der Ausarbeitung sind die Artikel *The Agenda of Wearable Healthcare*[1] und *Wearable Systems for Health Care Applications*[2].

In dieser Arbeit werden die, in den Artikeln beschriebenen, technischen Möglichkeiten zusammengefasst und kritisch analysiert. Es wird ein Überblick über den Stand der Entwicklung und über noch zu lösende Probleme gegeben, die aus heutiger Sicht teilweise große Herausforderungen an die medizinische Informatik darstellen.

Als Notwendigkeit für den Einsatz von Computersystemen in der medizinischen Allgemeinversorgung wird die in [1] genannte zu erwartende Kostenexplosion im Gesundheitssystem genauer betrachtet. Nach der Beschreibung dieser problematischen Entwicklung im Gesundheitssystem in Kapitel Zwei, wird zunächst der Begriff des Wearable Computings gemäß [2] genauer definiert und die Idee eines Personal Health Assistant eingeführt. Im Anschluss werden die technischen Anforderungen an diese Systeme erläutert. In Kapitel Fünf werden die, für die Gesundheitsüberwachung notwendigen, Vitalparameter beschrieben und ihre Messbarkeit im Kontext von tragbaren Computersystemen betrachtet. Hierbei werden die Schwachstellen der für den mobilen Einsatz aktuell verfügbaren Messtechnik aufgedeckt. In Kapitel Sechs werden die verschiedenen Anwendungsgebiete der Systeme anhand konkreter Anwendungsbeispiele und einiger Forschungsprojekte verdeutlicht.

Zum Abschluss werden die vorgestellten Entwicklungen in Kapitel Sieben kritisch analysiert und ein Ausblick auf zu erwartende Trends auf diesem Gebiet gegeben. Die Notwendigkeit des in [1] beschriebenen Paradigmenwechsels wird diskutiert und es werden die damit verbundenen Chancen und Risiken erläutert. Es wird auf die zu überwältigenden Hindernisse auf dem Weg zu einem ausgereiften Personal Health Assistant System hingewiesen und versucht die Frage zu klären, ob sich durch die Einführung der Computertechnik in der medizinischen Grundversorgung die Kostenexplosion tatsächlich abwenden lässt.

## *1 Einleitung*

## 2 Wandel im Gesundheitswesen

In Anbetracht der zu erwartenden demographischen Entwicklung der Bevölkerung, stellt sich die Frage, wie sich zukünftig eine ausreichende Versorgung mit Gesundheitsdienstleistungen gewährleisten lässt. Wegen der steigenden Lebenserwartung und der niedrigen Geburtenrate ist zu erwarten, dass die kommende Generation Schwierigkeiten haben wird, das jetzige Gesundheitssystem auch zukünftig voll zu finanzieren. Die alternde Gesellschaft verursacht voraussichtlich eine Kostenexplosion und die erwartete stagnierende oder gar sinkende Zahl an Beitragspflichtigen wird nicht ausreichen, um die entstehenden Kosten zu decken. Ein Strukturwandel im Gesundheitssystem wird also nicht abzuwenden sein.

Eine mögliche Lösung dieser Problematik könnte ein Paradigmenwechsel von einem zentralisierten Gesundheitssystem, wie wir es zur Zeit haben, zu einer patientenorientierten Einzelversorgung, die durch neue Technologien gestützt wird, sein. Der Wechsel von Krankenhäusern und überfüllten Wartezimmern zu einer individuellen und kontinuierlichen medizinischen Überwachung mit Hilfe von mobilen Computersystemen stellt eine Chance dar, der Kostenexplosion entgegen zu wirken.

Der Einsatz dieser Technologien hat eine Früherkennung von Krankheiten zum Ziel, durch die ein Großteil der möglichen Behandlungskosten eingespart werden kann, da sich eine Krankheit im Frühstadium in den meisten Fällen kostengünstiger therapieren lässt, als eine bereits ausgeprägte, vielleicht sogar chronische Erkrankung. Eine ständige Kontrolle der eigenen Gesundheit stellt nicht nur für Patienten, sondern auch für gesunde Menschen eine Steigerung des Lebenskomforts dar, sofern die eingesetzte Technik sich nicht wahrnehmbar in die Alltagskleidung integrieren lässt.

In [1] wird beschrieben wie bereits durch die Erfindung der Brille im Jahr 1268 der Gedanke des persönlichen Gesundheitsassistenten geboren wurde. Die Erfindung des elektrischen Hörgeräts um 1900, die erste Implantation eines Herzschrittmachers im Jahr 1957/58 und die Entwicklung des VuMan (1991)[3], einem tragbaren Computersystem, sind weitere historische Meilensteine in der Entwicklung.

Wie in [1] beschrieben wird die Verbreitung von Computern und die damit zusammenhängende wirtschaftliche Relevanz solcher Systeme auch in Zukunft weiterhin stark ansteigen. So hat die Venture Development Corporation[4] für 2006 eine weltweite Nachfrage von tragbaren Computersystemen im Umfang zwischen 550 Millionen und einer Milliarde US-Dollar und ein jährliches Wachstum um circa 50 Prozent vorausgesagt.

In Anbetracht der geringen Anzahl am Markt verfügbaren und für den Benutzer wenig komfortablen Lösungen, steht der technischen Weiterentwicklung in diesem Bereich noch ein langjähriger Entwicklungsprozess bevor.

Letztendlich ist das Ziel voll integrierbare und unabhängige Komponenten zu entwickeln, die sich untereinander in der Kleidung des Benutzers zu einem Gesundheitsüberwachungssystem vernetzen und kontinuierlich seine Vitalparameter, wie zum

## 2 Wandel im Gesundheitswesen

Beispiel Atmung oder Blutdruck, aber auch Umweltparameter wie Regen oder Kälte, erkennen können. Es soll diesem Gesundheitsassistenzsystem möglich sein, anhand der erfassten Daten Profile zu erstellen und dem Benutzer eine Rückmeldung zu seinem aktuellen Gesundheitszustand zu geben. In akuten Situationen soll das System intelligent reagieren und zum Beispiel bei einem Sturz mit anschließender Bewusstlosigkeit oder einem sich ankündigenden Herzinfarkt eigenständig einen Notruf absetzen. Auch die tägliche Information über den Allgemeinzustand des Benutzers und die Beratung durch das System sind denkbare Anwendungen. So könnte zum Beispiel bei Übergewicht des Benutzers durch Sensoren in den Schuhen die tägliche Gewichtszunahme und -abnahme protokolliert werden und vom System ein persönlicher Diätplan entwickelt werden. Dies sind nur einige denkbare Einsatzmöglichkeiten für solche Systeme. Die Beschreibung einiger bereits umgesetzter Anwendungen und der Ausblick auf weitere Möglichkeiten erfolgt in Kapitel Sechs und Sieben.

### 3 Wearable Computing im Gesundheitswesen

Ein tragbares Computersystem (Wearable System) lässt sich auf verschiedene Weise definieren. In dieser Ausarbeitung seien diese Systeme durch das Vier Schichten Modell, wie es in [1] beschrieben ist, charakterisiert.

Ein solches Computersystem setzt sich, wie in Abbildung A.1 dargestellt, aus Mobilgeräten, Zusatzkomponenten, eingebetteten Mikrosystemen und funktionellen Textilien zusammen. Auf die technischen Aspekte der einzelnen Schichten wird in Kapitel vier eingegangen.

Ein wesentliches Merkmal eines tragbaren Computersystems ist die eigenständige Interaktion mit der Umwelt. Bei herkömmlichen Computersystemen findet die Interaktion größtenteils zwischen Benutzer und System statt. Im Wearable Computing soll die kognitive Steuerung durch den Benutzer so gering wie möglich gehalten werden, um höchstmöglichen Komfort und einen hohen Grad der Integrierbarkeit zu erreichen. Um die Kommunikation über die Schnittstelle zwischen System und Benutzer zu verringern, wird eine Schnittstelle zwischen System und Umwelt geschaffen, die es dem System ermöglicht eigenständig Umweltparameter wahrzunehmen. Hierzu ist der Einsatz verschiedener Sensoren und eine Echtzeitauswertung der Daten notwendig. Das System soll anhand der erfassten Daten und deren Analyse eigenständig Entscheidungen treffen und intelligent auf bestimmte Situationen reagieren. An dieser Stelle wird deutlich, dass das Gesamtsystem über eine hohe Rechenleistung verfügen muss, um ohne größere Verzögerung angemessen auf bestimmte Situationen reagieren zu können. Dies stellt heutzutage noch eine große Herausforderung an die Informatik dar, da die Datenanalyse direkt in den einzelnen Komponenten des Systems oder in einer integrierten zentralen Einheit stattfinden muss. Hierbei ist zu beachten, dass Platzangebot, Stromversorgung und Vernetzung durch die Integrierbarkeit stark beeinträchtigt sind. Um dem Benutzer angemessenen Komfort zu bieten, muss jede einzelne Komponente kaum wahrnehmbar in die Kleidung integriert werden.

Überträgt man die Idee des tragbaren Computersystems speziell auf den Einsatz in der Gesundheitsüberwachung, so führt dies zu so genannten persönlichen Gesundheitsassistenten (Personal Health Assistants), wie sie in [1] definiert sind. Diese Assistenzsysteme sind auf die Erfassung von Vitalparametern, wie sie in Kapitel fünf beschrieben werden und die Erkennung komplexer Lebenssituationen ausgerichtet. Anhand der erfassten Daten kann ein Life Balance Factor berechnet werden, der den gegenwärtigen physischen und emotionalen Zustand des Benutzers und seiner Umwelt beschreibt. Falls ein als kritisch eingestuftes Wert erreicht wird, soll das Assistenzsystem dies erkennen und angemessene Maßnahmen einleiten. Auf konkrete Anwendungen dieser Technik wird in Kapitel sechs eingegangen. Die Echtzeiterkennung von komplexen Umweltsituationen durch die Überwachung der Vitalparameter und der Umwelt

### *3 Wearable Computing im Gesundheitswesen*

und die Kategorisierung dieser Daten in Situationsprofile, stellt eine große Herausforderung für derzeit verfügbare Computertechnik dar. Es wird deutlich, dass es für die vielfältigen Möglichkeiten, die ein persönliches Gesundheitsassistenzsystem bietet, heute noch einen Engpass in der Entwicklung der entsprechenden Hardware gibt. Es sind zwar bereits eine Vielzahl von einzelnen Anwendungen erhältlich, jedoch bieten die meisten dieser Systeme noch nicht den Komfort, um sie im Alltag einzusetzen. Die Entwicklung auf diesem Gebiet steht also noch am Anfang und wird voraussichtlich noch viele Jahre oder Jahrzehnte andauern.

## 4 Technische Aspekte

Tragbare Computersysteme müssen spezielle Kriterien erfüllen. Die Systeme sollen den Benutzer nicht in seiner Mobilität einschränken und einen hohen Trage- und Benutzungskomfort bieten. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, werden spezielle technische Konzepte eingesetzt, die in diesem Kapitel betrachtet werden.

### 4.1 Funktionelle Textilien

In [1] wird das System-on-Textile-Integrationskonzept vorgestellt, bei dem es darum geht die technischen Komponenten eines tragbaren Computersystems in die Alltagskleidung zu integrieren. Das Konzept sieht vor, Kleidung als signalübertragendes Medium einzusetzen, um einzelne Sensoreinheiten oder andere Komponenten mit einander zu vernetzen. Damit Textilien Datensignale übertragen können, müssen diese leitend gemacht werden. Hierzu wird eine der drei in [5] vorgestellten Möglichkeiten genutzt: Metallisch angereicherte Fasern, mit Metall ummantelte Fasern oder eingewebte Metalldrähte. In [6] wurde gezeigt, dass bei der Signalübertragung durch eingewebte leitende Fasern schon heute eine Bandbreite von circa 100 MBit/s über die Distanz von einem Meter erreicht werden kann.

Die Übertragungswege zwischen verschiedenen Kleidungsstücken, wie zum Beispiel der Hose und dem Hemd, kann wie in [6] beschrieben wurde über induktive Kopplung erfolgen. Hierbei ist es möglich Zwischenräume von bis zu zwei Zentimetern zu überbrücken. Die induktive Signalübertragung wird auch für abkoppelbare Elemente verwendet, um diese beispielsweise an anderen Kleidungsstücken einzusetzen oder vor dem Waschen abzunehmen, um sie nicht zu beschädigen.

Für die Kommunikation mit der Umwelt können Antennen in die Kleidung integriert werden, die es ermöglichen per Wireless LAN oder Bluetooth drahtlose Verbindungen herzustellen.

### 4.2 Eingebettete Systeme

Ein wesentliches Merkmal eines persönlichen Gesundheitsassistenzsystems ist es, dass es die Vitalparameter des menschlichen Körpers überwacht. Hierzu ist es notwendig an verschiedenen Messpunkten am Körper mittels Sensoren Daten zu erfassen. Um diese Sensoren so klein wie möglich zu gestalten, werden eingebettete Mikrosysteme verwendet. Ein Beispiel eines solchen Mikrosystems ist der in [2] beschriebene Sensorknopf, der über eine eigene Stromversorgung durch Solartechnik, ein Beschleunigungs-

## 4 Technische Aspekte

gungsmessgerät, eine Antenne sowie eine Empfangseinheit verfügt. Die Abmessung dieses eingebetteten und selbständig arbeitenden Systems betragen nur 12 mm im Durchmesser und 4,2 mm in der Höhe.

Das Ziel dieser Systeme ist es möglichst unabhängig von der Außenwelt zu funktionieren. So ist es möglich eine eigene Stromversorgung durch Solarenergie, Körperwärme oder mechanische Energiegewinnung zu gewährleisten. Die einzelnen Sensorknoten bilden gemeinsam ein Sensornetzwerk und die erfassten Daten stehen auf diese Weise einer Zentraleinheit zur Auswertung bereit.

### 4.3 Zusatzkomponenten

Unter den Zusatzkomponenten versteht man vor allem Geräte zur Daten Ein- und Ausgabe. Jedoch fallen auch Dinge wie zum Beispiel GPS-Empfänger unter die Zusatzkomponenten. Im Folgenden werden einige Konzepte der Ein- und Ausgabe vorgestellt.

#### 4.3.1 Eingabe

In [1] wird die Benutzereingabe in drei Kategorien eingeordnet: Stimme, Gestik und Bewegung.

Die Steuerung von mobilen Systemen durch Spracheingabe ist sicherlich kritisch zu beurteilen. Eine Sprachsteuerung ist in den seltensten Fällen einsetzbar, da die Mitmenschen durch ständige Eingaben belästigt würden. Der Einsatz in Situationen, in denen man alleine ist und nebenbei mit anderen Dingen beschäftigt ist, wie zum Beispiel beim Autofahren kann jedoch durchaus sinnvoll sein. Allerdings steuert man in solchen Situationen vorwiegend stationäre Technik.

Eine Systemsteuerung durch Gestik kann sinnvoll sein, da man seine Umwelt nicht so stark damit belästigt. Eine Möglichkeit für die Steuerung durch Gestik wird in [7] vorgestellt. Das Finger-Maus Konzept beruht auf einem speziellen Handschuh, dessen Bewegungen durch eine Miniaturkamera, die an der Kleidung des Benutzers befestigt wird, ausgewertet werden. Die Steuerung durch Gestik steht noch am Anfang ihrer Entwicklung und es wird voraussichtlich noch einige Jahre dauern, bis eine ausgereifte Technik vorhanden sein wird, die auch komplexe Bewegungsfolgen verarbeiten kann. Daher ist abzusehen, dass die Steuerung zunächst weiterhin auf dem klassischen Wege erfolgen wird und Tastaturen und Mäuse an den mobilen Einsatz angepasst werden. In [8] wird ein mobiles Keyboard mit Namen Twiddler vorgestellt, das mit einer Hand und ohne Blickkontakt bedient wird. Es verfügt über 18 Tasten und eine Mausfunktionalität. Eine weitere Möglichkeit der Steuerung sind Drucksensoren, die direkt in der Kleidung integriert sind. Es sind bereits heute Snowboardjacken im Handel erhältlich, die am Ärmel Bedieneinheiten haben, die zur Steuerung von MP3-Player oder Mobiltelefon dienen [9]. Es ist auch denkbar flexible Tastaturen auf dieser Basis zu entwickeln, die bei Bedarf am Ärmel eines Kleidungsstückes angekoppelt werden.

### 4.3.2 Ausgabe

Bei der Ausgabe unterscheidet man zwischen der akustischen und der visuellen Ausgabe. Die akustische Ausgabe unterliegt der gleichen Problematik, wie schon die akustische Eingabe. Eine Lösung stellt allenfalls die Ausgabe über Kopfhörer dar, damit man seine Mitmenschen nicht durch die akustischen Signale belästigt.

Vielversprechender ist die Ausgabe über Displays. Auf diesem Gebiet werden vorwiegend die folgenden drei Konzepte verfolgt. In [10] wird ein Mikrodisplay vorgestellt, das sich in ein Brillengestell integrieren lässt und die darzustellenden Informationen dem natürlichen Blickfeld des Benutzers überlagert. Ein weiterer Ansatz ist die Projektion der Informationen auf die Netzhaut des Benutzers mit einem geeigneten Laser [11]. Die derzeit am meisten verfolgte Lösung ist aber die Ausgabe durch flexible Displays auf Basis von Flüssigkristallen oder organischen Leuchtdioden. Speziell die OLED-Technologie [12] hat vielversprechende Eigenschaften für den mobilen Einsatz. So sind Displays dieser Bauart sehr Energieeffizient. Es lassen sich außerdem flexible Displays herstellen, die sich zum Beispiel an einem Ärmel einer Jacke befestigen lassen.

## 4.4 Mobilgeräte

Die zentralen Einheiten in tragbaren Computersystemen sind die so genannten Mobilgeräte. Dies können Mobiltelefone, PDAs (persönliche digitale Assistenten) oder kleine integrierte Recheneinheiten sein. Sie dienen der Aufbereitung der erfassten Daten und sind in der Regel von der Kleidung abkoppelbar. Die Mobilgeräte sind sozusagen das Zentrum der Netzinfrastruktur, die aus den funktionellen Textilien, den eingebetteten Mikrosystemen und den Zusatzkomponenten besteht.

## 4.5 Schnittstelle zwischen Mensch, System und Umwelt

Ein zentrales Merkmal des Wearable Computing ist die ausgeprägte Schnittstelle zwischen dem System und seiner Umwelt, wie sie bereits in Kapitel drei kurz beschrieben wurde.

Ein mobiles Assistenzsystem soll seine Umwelt eigenständig wahrnehmen und die erfassten Daten in Situationsprofile einordnen. Je nach erkannter Situation soll das System eigenmächtig reagieren und nur bei akutem Bedarf den Benutzer auf aktuelle Umstände hinweisen. Das System soll unbemerkt funktionieren und agieren, um den Benutzer von seiner eigentlichen Tätigkeit möglichst wenig abzulenken. Bei herkömmlichen Computersystemen ist es so, dass der Benutzer seine Umwelt wahrnimmt und er diese Wahrnehmung für eine Computerauswertung erst an das System übermitteln muss. Hierzu ist die Eingabe komplexer Eingabedaten notwendig. Eine Schnittstelle zwischen dem System und der Umwelt ist nicht nur einen Gewinn an Komfort, sondern ist für den Einsatz als Assistenzsystem auch unbedingt notwendig.

#### *4 Technische Aspekte*

# 5 Datenerfassung

## 5.1 Arten der erfassbaren Daten

Ein persönliches Gesundheitsassistenzsystem kann verschiedene Arten von Daten erfassen. Diese Daten lassen sich in drei verschiedene Kategorien einordnen: Benutzerkontext, Umweltfaktoren und sozialer Kontext. Im Folgenden werden die drei Kategorien kurz beschrieben.

### 5.1.1 Benutzerkontext

Unter dem Benutzerkontext versteht man Daten die den Benutzer betreffen, wie zum Beispiel Bewegung und Aktivität, biometrische Daten, Gesundheitszustand und emotionaler Zustand. Eine Analyse der Daten muss immer unter Betrachtung des Gesamtkontextes erfolgen, da körperliche Reaktionen nicht nur durch Krankheiten ausgelöst werden, sondern auch in hohem Maße durch die Umwelt beeinflusst werden.

### 5.1.2 Umweltfaktoren

Die Umweltfaktoren bestehen aus Aufenthaltsort, Uhrzeit, Wetter und Umgebungsbeschaffenheit. Welche dieser Daten letztendlich erfasst werden hängt stark von der Anwendung ab. Die Bestimmung der Uhrzeit und des Aufenthaltsortes sind sicherlich in den meisten Anwendungen sinnvoll.

### 5.1.3 Sozialer Kontext

Der soziale Kontext beschreibt die Situation in der sich der Benutzer gegenwärtig befindet. Es werden zum Beispiel Interaktionen mit anderen Menschen analysiert und bewertet. Die Bestimmung des sozialen Kontextes ist immer dann sinnvoll, wenn diese sich möglicherweise auf den Benutzerkontext auswirken und ein Zusammenhang zwischen ihnen festgestellt werden kann. So kann zum Beispiel eine steigende Herzfrequenz in einer Konfliktsituation als normal angesehen werden. Ohne die Erfassung des sozialen Kontextes kann eine steigende Herzfrequenz ohne gleichzeitige Steigerung der Aktivität des Benutzers durchaus als Alarmsignal interpretiert werden.

## 5.2 Vitalparameter

Die wichtigsten Daten für ein Gesundheitsassistenzsystem stellen die Vitalparameter dar. An ihnen lässt sich der Gesundheitszustand des Benutzers direkt ablesen. Daher werden im Folgenden die wichtigsten Vitalparameter beschrieben und die notwendige Messtechnik kurz erläutert.

### 5.2.1 Puls und Elektrokardiogramm

Der Puls gibt Auskunft über die Herzschlagfrequenz und Regelmäßigkeit, aber an ihm lassen sich auch weitere Merkmale wie zum Beispiel der Druck der bei einem Herzschlag auf die Blutgefäße einwirkt oder die Anstiegsgeschwindigkeit des Druckes ablesen. Es wird zwischen Venenpuls und arteriellem Puls unterschieden, wobei meistens der arterielle Puls gemessen wird.

Bei der Untersuchung des Pulses wird vor allem die Herzschlagfrequenz, die Rückschlüsse auf die aktuelle körperliche Situation erlaubt, betrachtet. Wie bereits im Abschnitt über die Bewegung erklärt, hängt die Herzfrequenz direkt mit der körperlichen Aktivität zusammen. In Zusammenspiel mit der Bewegungsanalyse kann ein erhöhter Ruhepuls ein erstes Anzeichen für eine Erkrankung sein oder eine erkannte Unregelmäßigkeit Zeichen für Herzrhythmusstörungen sein.

Die Messung der Herzfrequenz ist auf relativ einfache Weise durch ein Mikrofon möglich, das in der Nähe des Herzens angebracht wird. Diese Messtechnik wird Phonokardiographie genannt [13]. Hierbei werden die aufgezeichneten Herzgeräusche in verschiedene Frequenzbänder zerlegt und analysiert. Da es sich bei dem Verfahren um eine akustische Datenerfassung handelt, ist diese sehr anfällig bei Störgeräuschen, die zum Beispiel durch die Atmung oder durch die getragene Kleidung, beim Einsatz in einem Wearable System, auftreten. Der Einsatz in einem Personal Health Assistant ist nur dann störungsfrei und mit ausreichender Messgenauigkeit gewährleistet, wenn die Störgeräusche so gut es geht vermieden werden. Da dies zum Beispiel bei der Atmung aber nicht möglich ist, müssen die aufgezeichneten Signale gefiltert werden, um die eigentlichen Messdaten so gut es geht zu separieren. Die akustische Messung des Pulses ist also keine optimale Lösung für den mobilen Einsatz. Ebenso ist ein tastendes Verfahren technisch nur schwer umsetzbar, so dass sich die eigentlichen Informationen, nämlich die Herzgeräusche, nur in einer Betrachtung des Gesamtkontextes mit ausreichender Genauigkeit bestimmen lassen.

Mit der Elektrokardiographie (EKG) werden die elektrischen Ströme gemessen und aufgezeichnet, die das Herz bei seiner Pumpbewegung verursacht. Zur Messung werden Hautelektroden am Brustkorb angebracht, die die Änderungen der elektrischen Potentiale der Herzmuskulatur erfassen, die wiederum grafisch ausgegeben werden. Diese Messwerte geben zahlreiche Informationen über den Gesundheitszustand und sogar über zurückliegende Erkrankungen, wie zum Beispiel einen Herzinfarkt. Für eine aussagekräftige Untersuchung des Herzens wird in der Regel eine Langzeit-Elektrokardiographie durchgeführt, bei der die Herzmuskelaktivität über einen Zeitraum von 24 Stunden oder mehreren Tagen aufgezeichnet wird. Dies ist notwendig, da sich viele Herzerkrankungen nur unregelmäßig äußern und sich somit nur über einen längeren

Messzeitraum erfassen lassen. Es wird außerdem zwischen dem Ruhe-Elektrokardiogramm und dem Belastungs-Elektrokardiogramm unterschieden. Im automatisierten Einsatz, muss das Messgerät anhand einer Bewegungsprofilanalyse entscheiden, ob es sich um eine Messung während einer Ruhe- oder Aktivitätsphase handelt.

In Abbildung A.2 wird der typische Verlauf eines Elektrokardiogramms dargestellt. Zusätzlich sind die jeweiligen Muskelaktivitätsphasen dargestellt, die den typischen Diagrammverlauf verursachen. Der Dargestellte Graph resultiert aus der Messung der elektrischen Potentialänderungen der jeweiligen Herzmuskelbereiche. Diese lassen sich, wie bereits beschrieben, auf einfache Weise durch Messelektroden auf der Haut bestimmen. Es ist an Hand des Elektrokardiogramms lassen sich nun Unregelmäßigkeiten und Störungen erkennen. Je nach Erkrankung bzw. Störung verformt sich der dargestellte Graph. Beim Vorhofflimmern tritt zum Beispiel die, in der Abbildung mit  $R$  bezeichnete, maximale Amplitude in unregelmäßigen Abständen auf. In ähnlicher Weise zeichnen sich weitere Krankheiten und Unregelmäßigkeiten im EKG ab.

In [14] wird ein mobiles EKG-Modul auf Basis der Bluetooth-Technologie vorgestellt. Es sind außerdem verschiedene Systeme als Brustgurt erhältlich, wie zum Beispiel der BlueBelt [15] der Firma Corscience. Dieses System tätigt schon heute eigenständig Notrufe in Gefahrensituationen und verfügt über Bewegungssensoren und Algorithmen, die Bewegungsartefakte erkennen und filtern, um höchste Sensitivität zu erreichen.

Da für aussagekräftige Messergebnisse eine enge Lagetoleranz eingehalten werden muss und zudem direkter Hautkontakt für die Messsensoren erforderlich ist, ist die Lösung als Gurt oder als an die Haut heftbare Elektroden besser geeignet als die direkte Integration in Kleidung, wie zum Beispiel in Unterhemden. Für den Tragekomfort stellt dies sicher keine optimale Lösung dar. Falls die Versorgungsinfrastruktur jedoch in der Kleidung bereitsteht, könnte die eigentliche Sensorik noch stärker verkleinert werden als dies momentan mit den Brustgurten der Fall ist.

Ein alternativer Ansatz ist die Messung mit Radarwellen. Diese ist bereits heutzutage ohne Hautkontakt möglich und erlaubt somit eine Distanzmessung, wie sie zum Beispiel zuhause eingesetzt werden könnte [16].

Zusätzlich zur Elektrokardiographie gibt die Echokardiographie wichtige Aufschlüsse über Störungen des Herzens. Hierbei werden per Ultraschallwellen Darstellungen des Herzens erstellt. Hierbei wird zwischen verschiedenen Verfahren wie zum Beispiel M-Modus (Motion-Mode), PW-Doppler (gepulster Doppler), CW-Doppler (Continuous Wave Doppler) und Farbdoppler unterschieden, um nur einige zu nennen [17][18]. Jedes dieser Verfahren macht verschiedene Herzfunktionen und Eigenschaften visuell sichtbar. Diese Untersuchungsmethode ist zwar für die nichtinvasive Auswertung durch einen Arzt recht komfortabel, lässt sich aber wegen des komplexen Datenflusses nur schwer algorithmisch auswerten und ist somit für den mobilen und automatisierten Einsatz zur Zeit nur bedingt einsetzbar.

### 5.2.2 Blutdruck

Der Blutdruck ist der Druck der bei einem Herzschlag (Pulswelle) auf die Blutgefäße entsteht. Man unterscheidet bei den nichtinvasiven klassischen Verfahren zwischen

## 5 Datenerfassung

der palpatorischen (tastenden) Messung nach dem Riva-Rocci-Prinzip [19], das nur den systolischen Blutdruck erfasst und dem erweiterten Verfahren, das statt der Pulsertastung akustische Signale (Korotkow-Geräusche) verwendet und so auch den diastolischen Blutdruck messen kann. Bei beiden Verfahren kommt eine aufpumpbare Manschette zum Einsatz. Für den mobilen Einsatz kommt eigentlich nur das akustische Messverfahren in Frage, da es sich leicht durch ein Mikrofon implementieren lässt und zudem den systolischen und den diastolischen Blutdruck messen kann. Da eine aufpumpbare Manschette sehr störungsanfällig während der Messung ist und der Tragekomfort zudem nicht besonders befriedigend ist, wurden verschiedene Verfahren entwickelt, die für den mobilen Einsatz besser geeignet sind. In [20] wurde ein nichtinvasives Verfahren auf Basis der Photoplethysmographie (PPG) vorgeschlagen, das mittels eines hydrostatischen Störungswertes kalibriert wird. Zusätzlich können diese Messwerte mit elektrokardiographisch erfassten Werten kombiniert werden, um nach einer einmaligen Kalibrierung des Systems durch ein herkömmliches Messsystem, eine noch höhere Messgenauigkeit zu erreichen. In [21] wird beschrieben, dass mit dieser Technik, durch zwei Elektroden an den Fingern eine durchschnittliche Messungenauigkeit von 1,82 mmHg erreicht werden kann, was für den mobilen Einsatz ausreichend ist.

### 5.2.3 Blutsauerstoff

Die Messung des Blutsauerstoffs erfolgt in der Regel durch eine Infrarotlichtquelle und einen optischen Sensor. Üblicherweise sind Blutsauerstoffmessgeräte (Oximeter) in Form eines Klipps implementiert, der an der Fingerkuppe oder am Ohrfläppchen befestigt wird. Das Verfahren funktioniert so, dass die Lichtquelle Infrarotlicht in das Gewebe ausstrahlt und auf der gegenüberliegenden Seite ein optischer Sensor das ankommende Licht erfasst. Da der Blutsauerstoff Infrarotstrahlen reflektiert, kann eine relativ genaue Aussage über den Sauerstoffgehalt des Blutes getroffen werden. In [22] wurde eine Implementierung in Form eines Fingerrings vorgestellt, der die erfassten Daten drahtlos an seine Umwelt überträgt. Diese Lösung ist für den Einsatz im Wearable Computing gut geeignet. Die erfassten Messwerte geben Auskunft über körperliche Aktivität, Gewebebeschaffenheit und ein mögliches Verrutschen des Sensors [1].

### 5.2.4 Atmung

Die Atmung lässt sich durch Bewegungssensoren am Oberkörper messen. Hierbei unterscheidet man zwischen der Elektrische-Impedanz-Plethysmographie, die auch beim EKG zum Einsatz kommt und der Respiratorisch-Induktiven-Plethysmographie [1]. Zur Messung werden zwei Drähte am Oberkörper befestigt. Einer um den Brustkorb herum und der andere rund um den Unterleib. Durch die Bewegung des Brustkorbes beim Atmen entsteht an diesen beiden Schleifen eine messbare Selbstinduktivität. Das XactTrace-System [23] ist eine mögliche Implementierung eines solchen selbstinduktiven Systems. Wie die graphische Auswertung dieser Signale aussieht, ist im Anhang in Abbildung A.3 dargestellt. Diese Werte lassen sich leicht algorithmisch auswerten

und es kann somit die Atmung überwacht werden. Auf diese Weise können zum Beispiel Atemstillstände während der Tiefschlafphasen erkannt werden.

In einem weiteren Ansatz zur Messung der Brustkorbbewegung werden Piezokristalle eingesetzt, die durch Druck eine elektrische Spannung erzeugen, die sich wiederum auswerten lässt. Solche Piezokristalle wurden in [24] bereits in Kleidung integriert.

Beide Lösungen bieten bereits heute ausreichende Messgenauigkeit und genügend Komfort in der Anwendung, so dass die Integration in ein Wearable System nicht weiter problematisch ist.

### 5.2.5 Bewegung

In Situationen in denen einige Vitalparameter kritische Werte annehmen, kann die Erfassung der Bewegungsmuster Aufschluss darauf geben, ob die kritischen Werte situationsbedingt sind oder aus einer akuten Störung im menschlichen Organismus resultieren. So kann ein stark erhöhter Puls auf der einen Seite eine bedrohliche Herzkreislauf-Störung bedeuten, oder auf der anderen Seite aus einer sportlichen Aktivität resultieren und zunächst nicht weiter bedrohlich sein.

Damit persönliche Gesundheitssysteme diese Kontextabhängigkeiten erkennen können, ist die Analyse der Bewegung des Körpers und einzelner Gliedmaßen besonders wichtig. Bedeutend ist zum einen die Fortbewegung und der Aufenthaltsort die mittels GPS (Global Positioning System) bestimmt werden können, welche jedoch nicht primär zu den Vitalparametern gehören, aber für die Bestimmung des Kontextes durchaus wichtig sind. Ein weiterer Aspekt der Standortbestimmung ist, dass in einer Gefahrensituation die Position des Verunglückten bekannt ist und diese an die Rettungskräfte übermittelt werden kann.

Die eigentliche Bedeutung der Bewegung im Sinne eines Vitalparameters ist die Bewegung einzelner Körperteile. So lässt sich durch Sensoren an den Armen und Beinen ein Bewegungsmuster protokollieren, das sich analysieren lässt und Rückschlüsse auf bestimmte Lebenssituationen erlaubt. Die Messung der Bewegung erfolgt durch Beschleunigungsmesser und Gyroskopen. Die Beschleunigungssensoren messen Positionsänderungen und Gyroskopen sind Indikatoren für die Ausrichtung der jeweiligen Gliedmaßen im Raum. Mit diesen Werten lässt sich ein Bewegungsmuster erstellen, das zum Beispiel sportliche Aktivitäten oder Schlaf- und Ruhephasen erkennt. Der persönliche Gesundheitsassistent könnte zum Beispiel einen Mangel an körperlicher Aktivität erkennen und einen Spaziergang empfehlen. Eine weitere Anwendung ist die Früherkennung der Parkinsonkrankheit [25] durch Erkennung des damit verbundenen Tremors.

Die Sensorik für die Datenerfassung, ist heute bereits so klein, dass sie sich problemlos in Kleidungsstücke integrieren lässt und der Einsatz in einem tragbaren System somit völlig unproblematisch ist.

### 5.2.6 Muskelaktivität

Die Muskelaktivitätsmessung (Elektromyographie) zeichnet durch am Muskel angebrachte Elektroden die Reizströme auf, die bei Muskelkontraktion oder Entspannung

## 5 Datenerfassung

auftreten. Die Auswertung der Daten gibt Rückschlüsse auf mögliche Erkrankungen der Nerven- oder Muskelzellen. Eine graphische Auswertung der Messergebnisse ist in Abbildung A.3 dargestellt. Auch hier ist eine algorithmische Auswertung implementierbar. Die Firma MotionLabs [26] bietet zahlreiche elektromyographische Messgeräte und passende Analysesoftware an. Jedoch sind diese Geräte noch nicht besonders kompakt, so dass sie nur bedingt für den Einsatz in einem Wearable System in Frage kommen. Außerdem ist zu beachten, dass eine relativ geringe Lagetoleranz der Messelektroden eingehalten werden muss, um eine ausreichende Messgenauigkeit zu erreichen. Die Implementierung muss hier also in Form von eng anliegender Unterwäsche vorgenommen werden, wobei auch dort besonders auf die Einhaltung der Lagetoleranzen der Messsensorik geachtet werden muss.

### 5.2.7 Haut

Auf der Haut lassen sich Messwerte wie zum Beispiel der elektrische Hautwiderstand und die Hauttemperatur erfassen. Der elektrische Hautwiderstand steht in direktem Zusammenhang mit der Transpiration. Eine erhöhte Transpiration führt zu einem geringeren Hautwiderstand. Die Transpiration wird vom vegetativen Nervensystem gesteuert und erlaubt Rückschlüsse auf den physischen und emotionalen Zustand. In Angst oder Stresssituationen, aber auch bei körperlicher Aktivität, erhöht sich zum Beispiel die Schweißproduktion deutlich, was sich durch einen geringeren Hautwiderstand messen lässt. Die Messung selbst erfolgt durch zwei Elektroden auf der Haut, zwischen denen kontinuierlich ein kleiner elektrischer Strom fließt. Aus der Stromstärke, lässt sich durch Anwendung des ohmschen Gesetzes der elektrische Widerstand der Haut ermitteln. Die ermittelten Werte können wertvolle Indizien zur computergestützten Kontextbestimmung sein [27].

Für die Messung der Temperatur sind bereits zahlreiche Mikrosensoren am Markt, die Messabweichungen unter 0,1 Grad Celsius aufweisen, was für den mobilen Einsatz mehr als ausreichend ist. Die Messung der Temperatur gibt Aufschluss über etwaige Erkrankungen, die sich mit einer erhöhten Körpertemperatur bis hin zu Fieber kennzeichnen. Aber auch eine mögliche Unterkühlung kann erkannt werden.

## 5.3 Kontextbestimmung

Die Kontextbestimmung ist ein kritischer Aspekt bei der Erfassung der Vitalparameter. Viele der Parameter sind einzeln betrachtet nur bedingt aussagekräftig. Um ein Gesundheitsprofil zu erstellen, müssen die Parameter im gegenseitigen Kontext betrachtet werden. Durch Störungen während der Messdatenerfassung kann die algorithmische Kontextbestimmung jedoch scheitern. Für eine umfassende Erkennung der Umwelt- und Vitalparameter sind sehr komplexe Algorithmen notwendig, die größtenteils auf heutiger Hardware nicht implementierbar sind. Für den Einsatz als Gesundheitsassistenzsystem ist jedoch eine echtzeitnahe Auswertung der Messdaten erforderlich, um bei Erkennung eines kritischen Zustandes angemessen reagieren zu können.

Die Komplexität der Algorithmen wird durch das Schaubild 10 in [1] verdeutlicht.

### 5.3 *Kontextbestimmung*

Dort wird dargestellt, wie die durch Sensoren erfassten Datenströme zunächst aufbereitet werden und auf Messstörungen untersucht werden. Anschließend werden die zu analysierenden Messdaten aus dem Datenstrom extrahiert und klassifiziert. Durch die Betrachtung aller erfassten Parameter lässt sich nun mittels Algorithmen eine Kontextbestimmung durchführen. Die berechnete Kontextsituation wird mit den zuvor in einer Datenbank definierten Situationen verglichen, und sofern eine annähernde Übereinstimmung gefunden wurde, trifft das System entsprechende Entscheidungen über weitere notwendigen Aktionen seitens des Assistenzsystems.

Es gibt heute bereits einige Systeme, die mehrere der Vital- und Umweltparameter mit hinreichender Genauigkeit in Situationsprofile klassifizieren, jedoch ist die Entwicklung noch weit von der nötigen Kontextbestimmung für ein persönliches Gesundheitsassistenzsystem entfernt.

## *5 Datenerfassung*

## 6 Anwendungen

Es gibt bereits heute einige persönliche Gesundheitsassistenzsysteme am Markt und in der Forschung. Es gibt täglich Neuerungen auf diesem Gebiet und dennoch stehen wir erst am Anfang eines großen technischen Fortschritts. Im Folgenden werden einige bereits implementierte Anwendungen und einige Anwendungsmöglichkeiten aufgezählt. Einfache Herzfrequenzmessgeräte und mobile EKG-Geräte wie sie zum Beispiel von der Firma Polar [28] in Form von Brustgurten mit Armbanduhr als Empfänger vertrieben werden, sind heute bereits im Fitness- und sportiven Bereich zu finden. Sie stellen jedoch nur eine von vielen Komponenten dar, die zu einem persönlichen Assistenzsystem gehören sollten. Sie werden in der Regel nur während der sportlichen Betätigung benutzt und nicht zur dauerhaften Überwachung des Herz-Kreislaufsystems verwendet.

Das SenseWear-Armband [29] hingegen ist eher für den längerfristigen Einsatz gedacht. Das System erfasst kontinuierlich die Hauttemperatur, Wärmefluss, Hautwiderstand und Bewegung. Es leitet daraus Parameter wie Energieumsatz, Aktivitätsdauer, Aktivitätsniveau, Anzahl der Schritte, Liegedauer und Schlafdauer ab. Diese Daten werden grafisch und numerisch ausgewertet und geben dem Benutzer Information über seinen physiologischen Zustand. Jedoch deckt auch diese Anwendung nur einen Teilaspekt vom Möglichen ab.

Das Amon Armbandsystem [30] erweitert den bisher genannten Funktionsumfang um eine Blutsauerstoffmessung und eine eingebaute GPRS-Verbindung (General Packet Radio Service [31]). Das System erkennt eigenständig bedrohliche Situationen und alarmiert über die GPRS-Verbindung einen Arzt und sendet diesem gleichzeitig die erfassten Daten. Weitere Ansätze in dieser Richtung sind das LifeShirt-System von VivoMetrics [32] und das Lifeguard-System der Stanford Universität [33].

Im Folgenden werden die drei wesentlichen Teilgebiete, die es neben der eigentlichen physiologischen Überwachung gibt, beschrieben und es werden einige Anwendungsbeispiele und Forschungsprojekte erläutert.

### 6.1 Aktivitätserfassung

Bei der Aktivitätserfassung geht es sowohl um die Aktivität des Benutzers in seiner Umwelt als auch um die Aktivität einzelner Gliedmaßen. Die Aktivität in der Umwelt wird in der Regel durch Global Positioning Systeme überwacht und liefert in Unfallsituationen den Rettungskräften die Koordinaten des Benutzers.

Weitere Anwendungen sind die Erkennung von Stürzen oder Unfallsituationen und die Erfassung der Fortschritte bei Physiotherapien.

Es gibt unterschiedliche Forschungsprojekte, die sich mit der Erfassung von Gestik

## 6 Anwendungen

befassen. In [34] wird die Implementierung einer sensorbasierten automatischen Zeichensprachenerkennung beschrieben.

### 6.2 Stress und Emotion

Die Kombination einiger Vitalparameter wie zum Beispiel Muskelaktivität, Blutsauerstoffgehalt, Hautwiderstand und Transpiration gibt Rückschlüsse auf den emotionalen Zustand. In [35] wird beschrieben, wie sich mit den genannten Vitalparametern Emotionsprofile berechnen lassen. Die eingesetzten Algorithmen klassifizieren den aktuellen Zustand in eine von acht Stufen. Dies geschieht mit einer Korrektheit von 60-70 Prozent, was nur ansatzweise zufriedenstellend ist.

Ein weiteres Anwendungsfeld ist die Erkennung und Einstufung von Dialogen. In [36] wird ein so genanntes Soziometer vorgestellt, das die Interaktion zweier Personen erkennt und diese klassifiziert. Der primäre Nutzen dieser Anwendung ist fraglich, jedoch kann die Analyse zur Deutung von physiologischen Abweichungen wie zum Beispiel eine steigende Herzfrequenz während eines Streitgespräches herangezogen werden.

Durch Sprachaufzeichnung und Analyse lassen sich Depressionen und sogar eine eventuelle Selbstmordgefährdung erkennen, die dadurch frühzeitig therapiert werden könnten. Außerdem gibt es Forschungsprojekte wie zum Beispiel das INTREPID-Projekt [37], das zur Behandlung von Phobien dient und das AUBADE-Projekt [38], das sich mit der computergestützten Mimik-Erkennung befasst. Dies sind nur einige zu erreichende Meilensteine auf dem Weg zu einer ausgereiften Erkennung von Stress und Emotionen. Es gibt heute kaum hochintegrierte und mobil einsetzbare Implementierungen auf diesem Gebiet, so dass die Entwicklung auf diesem Gebiet erst am Anfang steht.

### 6.3 Früherkennung und Rehabilitation

Die Erkennung der Parkinson-Krankheit wurde bereits im fünften Kapitel angesprochen, aber es lassen sich anhand der erfassten Daten noch viele andere Erkrankungen erkennen. Schlaganfälle, Infektionen und Kreislaufbeschwerden sind nur einige der beinahe unbegrenzten Möglichkeiten. Es ist auch denkbar das System mit einem automatischen Medikations-System auszustatten, das je nach Anwendung passende Medikamente bereithält und vielleicht sogar eigenständig injiziert. So ließe sich im Rahmen einer Schmerztherapie die Schmerzmitteldosierung automatisch justieren oder bei einer bekannten Allergie im Falle einer Reaktion ein Antiallergikum verabreichen. Die automatische Medikation ist jedoch auch kritisch zu bewerten, da die Verantwortung für die Verabreichung des Medikamentes beim System liegt und nicht bei einem Arzt. Bei nebenwirkungsfreien Medikamenten ist eine solche Verabreichungsform dennoch denkbar.

Ein weiterer Bereich, in dem der Einsatz persönlicher Gesundheitsassistenzsysteme interessant ist, ist die Rehabilitation. Zum einen kann durch Analyse von Zustandsprofilen der Rehabilitationsfortschritt bei Erkrankungen festgestellt werden und zum an-

### *6.3 Früherkennung und Rehabilitation*

deren kann das System während der Rehabilitation unterstützend eingreifen und zum Beispiel bei Bewegungsübungen die korrekte Ausführung überwachen. Weitere Bereiche in denen der Assistent eingesetzt werden könnte sind Fitness, Diäten, Stressabbau und vieles mehr. Mit einer integrierten Telekommunikationsschnittstelle könnten die Fortschritte der einzelnen Anwendungen protokolliert werden und einem Arzt übermittelt werden, der diese Vorauswertung nochmals bewertet und somit sicherstellt, dass das automatische Assistenzsystem die richtigen Entscheidungen trifft.

## 6 Anwendungen

## 7 Ausblick

Im ersten und zweiten Kapitel wurde gezeigt, warum laut [2] ein Paradigmenwechsel im Gesundheitssystem sinnvoll und vielleicht sogar notwendig ist. Es bleibt jedoch die Frage offen, wie es mit der Akzeptanz seitens der Bevölkerung und der Industrie aussieht. Selbst wenn sich viele Patienten diese Technik wünschen bleibt zu klären, ob sie finanziell umsetzbar ist. Es wird angesprochen, dass eine kostengünstige Entwicklung und ein wirtschaftlicher Vertrieb nur dann möglich sind, wenn es Kooperationen zwischen einzelnen Industriezweigen gibt. So sind zum Beispiel bei der Entwicklung eines solchen Systems die Elektronik-, Textil- und Pharmaindustrie beteiligt, aber auch die Krankenkassen, der Staat und das Gesundheitswesen im Allgemeinen. Es muss sich also zunächst eine Infrastruktur und eine Kooperationsbereitschaft zwischen den einzelnen Branchen entwickeln. Es werden in [1] und [2] keine weiteren Alternativen genannt, die es vielleicht ermöglichen der Kostenentwicklung entgegenzuwirken. Zudem ist zu beachten, dass die demographische Entwicklung nicht in allen Ländern dieser Welt gleich stark ausgeprägt ist, jedoch die Tendenz bis auf wenige Ausnahmen gleich ist (vgl. Abbildung A.4). Fraglich ist auch, wie lang sich das Altern der Weltbevölkerung in die kommenden Generationen fortpflanzt. So prognostiziert [39] eine Stagnation des durchschnittlichen mittleren Alters der Weltbevölkerung bei einem Wert von 47 Jahren im Jahre 2040 (vgl. Abbildung A.5). Außerdem ist zu erwarten, dass die maximale Lebenserwartung sich nicht weiterhin linear erhöhen wird (vgl. Abbildung A.6).

In [40] wird beschrieben, dass nicht allein die, in [1] beschriebene, demographische Entwicklung in Deutschland zu einer drastischen Kostensteigerung führt, sondern die immer aufwendigeren und kostenintensiveren Behandlungsmaßnahmen einen Teil dazu beitragen. So wird zwar durch den Einsatz computerisierter Gesundheitsassistenten das Risiko einer Krankheit verringert, die eigentliche Behandlung wird aber in Zukunft sicher nicht günstiger werden. Außerdem ist zu beachten, dass der Einsatz von Computertechnik durch das Krankenkassensystem subventioniert werden müsste, was eine weitere Kostenbelastung darstellt.

Der weltweit stark unterschiedliche Stand der Entwicklung wird in [1] und [2] total außer Acht gelassen. Der Einsatz von Computertechnik stellt zwar in Europa, Amerika und vielen anderen Teilen der Welt eine vielleicht schon in naher Zukunft umsetzbare Möglichkeit zur Verbesserung der medizinischen Versorgung dar, jedoch ist fraglich, ob die Umsetzung in den ärmeren Ländern überhaupt jemals realisierbar sein wird. In den Entwicklungsländern ist eine bessere medizinische Rundumversorgung dringend notwendig, aber diese Länder können sich den Einsatz der neuen Technologien nicht leisten. Es wird vermutlich noch sehr lange dauern, bis überhaupt passende Infrastrukturen für den Einsatz geschaffen worden sind, falls sich diese überhaupt finanzieren lassen.

Es bleibt auch offen, ob Ärzte jemals ein automatisiertes System befürworten werden.

## 7 Ausblick

Sicherlich wird die Bereitschaft bei einigen vorhanden sein, aber letztendlich geht ein Arzt, der dies befürwortet das Risiko ein vielleicht irgendwann durch ein Computersystem wegrationalisiert zu werden.

Da Forschung und Umsetzung erst am Anfang einer langen Entwicklung stehen, wird es noch einige Zeit dauern, bis diese Systeme im Alltag zu finden sind. Eine schrittweise Näherung an das neue Paradigma muss erfolgen. Damit diese schnell vorangetrieben wird, bedarf es der Unterstützung der Politik, des Gesundheitswesens und vor allem auch der Nachfrage seitens der Konsumenten. Im Fitness- und Wellnessbereich ist die Nachfrage bereits heute groß. Jedoch werden diese Systeme nur in bestimmten Situationen eingesetzt und haben nicht den Stellenwert, der erreicht werden müsste um einen Wandel im Gesundheitssystem hervorzurufen. Die Akzeptanz seitens der Kunden könnte vorangetrieben werden, indem man die Gesundheitstechnik mit Unterhaltungselektronik kombiniert. Bis der Komfort so groß ist, dass man diese Geräte wirklich im Alltag einsetzt, werden voraussichtlich noch einige Jahre oder gar Jahrzehnte vergehen. In [1] und [2] wurden zwar viele bereits implementierte Anwendungen vorgestellt, jedoch sind nur wenige dieser Gesundheitsassistenzsysteme so komfortabel und ausgereift, dass man sie im Alltag einsetzen würde.

Es bleibt auch stets die Frage offen, was ein solches System kosten wird. Falls es Menschen mit überdurchschnittlichem Einkommen vorbehalten sein sollte sich solche Systeme zu leisten und sich damit eine zwei Klassen Gesellschaft im Gesundheitsbereich bildet, ist dies sicher nicht unbedingt ein erstrebenswertes Ziel.

Es gibt also viele Risiken und Hürden auf dem Weg zur Entwicklung des ausgereiften persönlichen Gesundheitsassistenzsystems, die in den Artikeln [1] und [2] nicht behandelt wurden, aber es gibt auch viele Chancen. Eine höhere Lebenserwartung durch eine bessere medizinische Rundumversorgung oder die Früherkennung von Krankheiten sind nur zwei von vielen Möglichkeiten, die sich auftun. So könnten Smart Homes älteren Menschen ermöglichen länger selbständig in der eigenen Wohnung zu leben. In Verbindung mit Wearable Computing kann eine ausreichende Versorgung gewährleistet bzw. überwacht werden. Auch die Kombination mit Unterhaltungselektronik, Kommunikationsschnittstellen bis hin zur künstlichen Intelligenz könnte das Altern angenehmer gestalten. Es ist bereits heute ein ernstzunehmendes Gesellschaftsproblem, dass immer mehr Menschen im Alter auf Grund fehlender Mobilität den Kontakt zu Ihren Mitmenschen verlieren, isoliert leben und sich niemand um ihr physisches und psychologisches Wohlbefinden kümmert. Einerseits kann ein Computersystem dies erleichtern, aber andererseits kann dies auch erst recht zu einer Isolation von der Umwelt führen. So viele Chancen die Entwicklung mit sich bringt, so viele Risiken tun sich auf. Sicher ist nur, dass der technische Fortschritt sich nicht aufhalten lassen wird.

# Literaturverzeichnis

- [1] Tröster G. The Agenda of Wearable Healthcare. In: Haux R, Kulikowski C, editors. IMIA Yearbook of Medical Informatics 2005: Ubiquitous Health Care Systems. Stuttgart: Schattauer, 2004. Page 125-138.
- [2] Lukowicz P, Kirstein T, Tröster G. Wearable Systems for Health Care Applications. In: Haux R, Kulikowski C, editors. IMIA Yearbook of Medical Informatics 2005: Ubiquitous Health Care Systems. Stuttgart: Schattauer, 2005. Page 236-242. Reprinted from: *Methods Inf Med* 2004;43(3): Page 232-8.
- [3] Vu-Man [homepage on the Internet]. Pittsburgh, PA: School of Computer Science at Carnegie Mellon University; [cited: 02.01.2006]. Available from: <http://www.cs.cmu.edu/~wearable/vuman.html>.
- [4] VDC-Corp [homepage on the Internet]. Natick, MA: Venture Development Corporation; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.vdc-corp.com>.
- [5] Kuhn HH, Child AD. Electrically Conducting Textiles. In: Skotheim TA, Elsenbaum RL, Reynolds JR, editors. *Handbook of Conducting Polymers*, 1998. Page 993-1013.
- [6] Cottet D, Grzyb J, Kirstein T, Tröster G. Electrical Characterization of Textile Transmission Lines. In: *IEEE Transactions on Advanced Packaging*, 2003. 26(2) Page 182-90.
- [7] de la Hamette P, Lukowicz P, Tröster G, Svoboda T. Fingermouse: A wearable Hand Tracking System. In: *Adjunct Proceedings 4th. Int. Conf. Ubiquitous Computing*, September 2002. Page 15-6.
- [8] Twiddler [homepage on the Internet]. Denver, CO: Handykey Corporation; [cited: 02.01.2006]. Available from: <http://www.handykey.com/site/twiddler2.html>.
- [9] The Hub [homepage on the Internet]. Weßling: Interactive Wear AG; [cited: 30.12.2005]. Available from: [http://www.interactive-wear.de/cms/front\\_content.php?idcat=36](http://www.interactive-wear.de/cms/front_content.php?idcat=36).
- [10] MicroOptical [homepage on the Internet]. Westwood, MA: The MicroOptical Corporation; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.microopticalcorp.com>.
- [11] Nomad [homepage on the Internet]. Bothell, WA: Microvision, Inc.; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.mvis.com/nomad/index.html>.

## Literaturverzeichnis

- [12] IPMS [homepage on the Internet]. Dresden: Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme (IPMS); [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.ipms.fraunhofer.de>.
- [13] Brusco M, Nazeran H. Digital Phonocardiography: A PDA-based Approach. Proc. 26th Conf. of the IEEE EMBS San Francisco, 2004. Page 2299-302.
- [14] BlueEKG [homepage on the Internet]. Erlangen: Corscience GmbH & Co. KG; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.corscience.de/bluetooth-ekg-system.html>.
- [15] CorBELT [homepage on the Internet]. Erlangen: Corscience GmbH & Co. KG; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.corscience.de/ekg-brustgurt.html>.
- [16] Azevado S, McEwan TE. Micropower Impulse Radar. Science & Technology Review January/February 1996. Page 16-29.
- [17] Echokardiographie [homepage on the Internet]. Düsseldorf: Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung am Institut für Experimentielle Chirurgie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.dgk.org/leitlinien/EchoKardiographie.html>.
- [18] Schmidt C, Theilmeier G. TEE in der Intensivmedizin [homepage on the Internet]. Münster: zwai.media; [cited: 30.12.2005]. Available from: [http://www.zwai.net/pflege/Intensiv/Journal/Intensivmedizin/TEE\\_in\\_der\\_Intensivmedizin/](http://www.zwai.net/pflege/Intensiv/Journal/Intensivmedizin/TEE_in_der_Intensivmedizin/).
- [19] Medsana [homepage on the Internet]. Zürich, Schweiz: Medsana AG; [cited: 03.01.2006]. Available from: [http://www.medsana.ch/artikel.php?id=368&page\\_no=1](http://www.medsana.ch/artikel.php?id=368&page_no=1).
- [20] Shaltis P, Reisner A, Asada H. A hydrostatic pressure approach to cuffless blood pressure monitoring. Proc. 26th Conf. of the IEEE EMBS San Francisco, 2004. Page 2173-6.
- [21] Hung K, Zhang YT, Tai B. Wearable Medical Devices for Tele-Home Healthcare. Proc. 26th Conf. of the IEEE EMBS San Francisco, 2004. Page 5384-7.
- [22] Asada H, Shaltis P, Reisner A, Rhee S, Hutchinson RC. Mobile Monitoring with Wearable Photoplethysmographic Biosensors. IEEE Eng Med Biol Mag 2003;22(3). Page 28-40.
- [23] XactTrace [homepage on the Internet]. Reykjavik, Iceland: Medcare International Operations; [cited: 02.01.2006]. Available from: <http://www.medcare.com/products/studyaccess/xact/>.
- [24] Piezo Respiratory Belt Transducer [homepage on the Internet]. Spechbach: ADInstruments GmbH; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.adinstruments.com/products/product.php?id=MLT1132>.

- [25] Kompetenznetz Parkinson [homepage on the Internet]. Marburg: Klinik für Neurologie Marburg ; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.kompetenznetz-parkinson.de>.
- [26] EMG Systems [homepage on the Internet]. Baton Rouge, LA: Motion Lab Systems, Inc.; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.emgsrus.com>.
- [27] Healey JA. Wearable and Automotive Systems for Affect Recognition from Physiology. [PhD Thesis] MIT, 2000.
- [28] Polar [homepage on the Internet]. Kempele, Finland: Polar Electro Oy; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.polar.fi>.
- [29] SenseWear Armband [homepage on the Internet]. Mailand, Italien: Sensormedics Italia srl; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.armband.it>.
- [30] AMON [homepage on the Internet]. Zürich, Schweiz: ETH Zentrum, Electronics Lab; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.wearable.ethz.ch/amon.0.html>.
- [31] GPRS [homepage on the Internet]. London, UK: GSM Association; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.gsmworld.com/technology/gprs/>.
- [32] Lifeshirt System [homepage on the Internet]. Ventura, CA: VivoMetrics; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.vivometrics.com/site/system.html>.
- [33] Lifeguard [homepage on the Internet]. Stanford, CA: Stanford University; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://lifeguard.stanford.edu>.
- [34] Brashear H, Starner T, Lukowicz P, Junker H. Using Multiple Sensors for Mobile Sign Language Recognition. Proc. ISWC 2003. Page 45-52.
- [35] Picard RW, Vyzas E, Healey J. Toward Machine Emotional Intelligence: Analysis of Affective Physiological State. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell 2001;32. Page 1175-91.
- [36] Choudhury T, Pentland A. Sensing and Modeling Human Networks using the Sociometer. Proc. ISWC 2003. Page 216-22.
- [37] Intrepid [homepage on the Internet]. Manchester, UK: Academic Division of Clinical Psychology at University of Manchester; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.intrepid-project.org>.
- [38] Aubade [homepage on the Internet]. Aubade-Group; [cited: 30.12.2005]. Available from: <http://www.aubade-group.com>.
- [39] ZDWA [homepage on the Internet]. Rostock: Max-Planck-Institut für demografische Forschung; [cited: 6.01.2006]. Available from: [http://www.zdwa.de/zdwa/artikel/diagramme/20051205\\_11251679\\_diagW3DnavidW2667.php](http://www.zdwa.de/zdwa/artikel/diagramme/20051205_11251679_diagW3DnavidW2667.php).

### *Literaturverzeichnis*

- [40] Bomsdorf E. Der demographische Wandel und seine Folgen für die sozialen Sicherungssysteme. Eine Betrachtung aus der Sicht von Wissenschaft und Politik. In: Scholz R, Flöthmann J. Lebenserwartung und Mortalität. Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung beim Statistischen Bundesamt Wiesbaden. 2004; Heft 111, ISSN0178-918X. Page 1-21.
- [41] Lukowicz P, Kirstein T, Tröster G. Wearable Computing - Kommunikation am Körper, in Fäden und Knöpfen. In: Bulletin SEV/AES, 2004. Page 18-22.
- [42] Schilling A, Elzer M. Elektrokardiogramm (EKG) [homepage on the Internet]. Lichtenstein: Schilling A; [cited: 08.01.2006]. Available from: <http://medizinus.de/ekg.php>.

# A Anhang

## A.1 Abbildungen

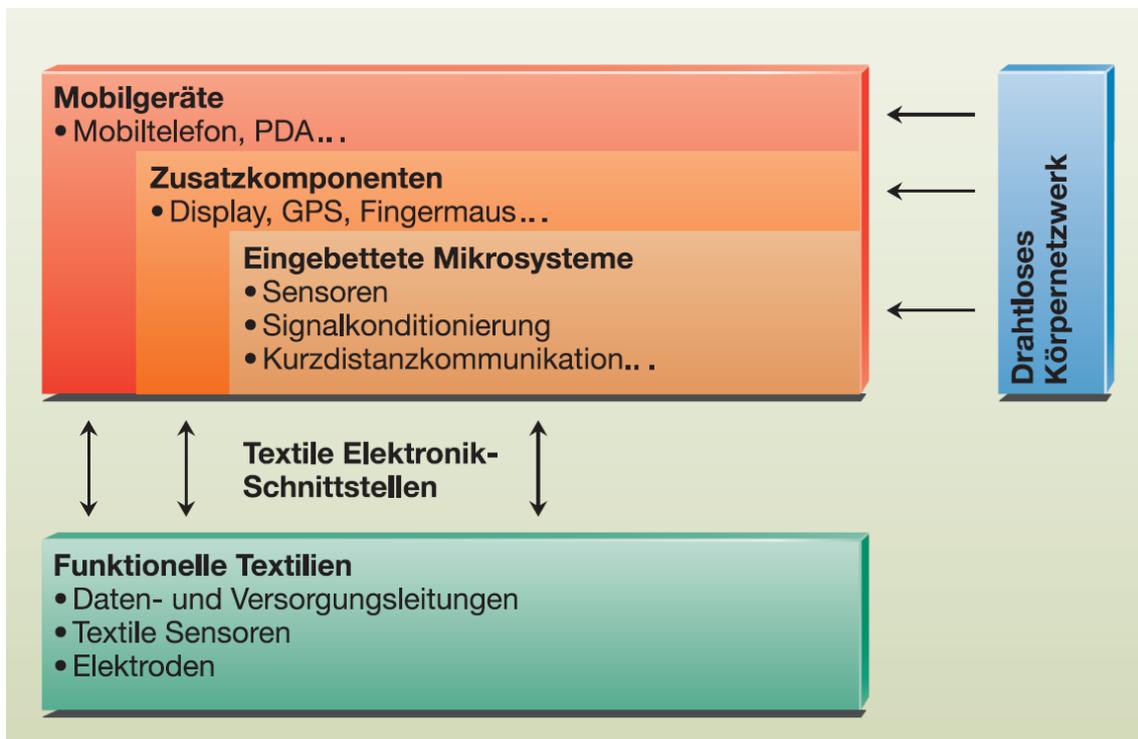


Abbildung A.1: Vier Schichten Modell eines tragbaren Computersystems, [41]

A Anhang

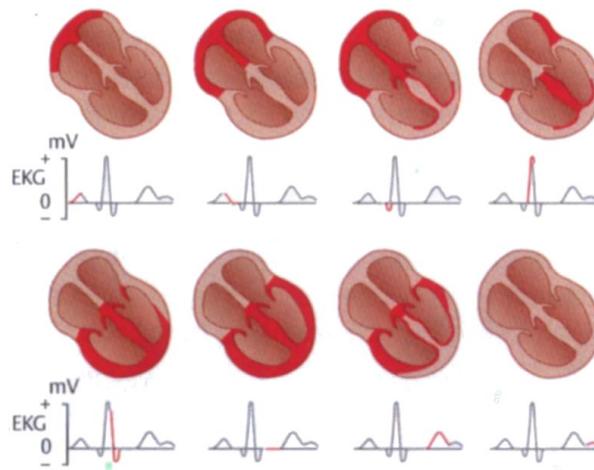
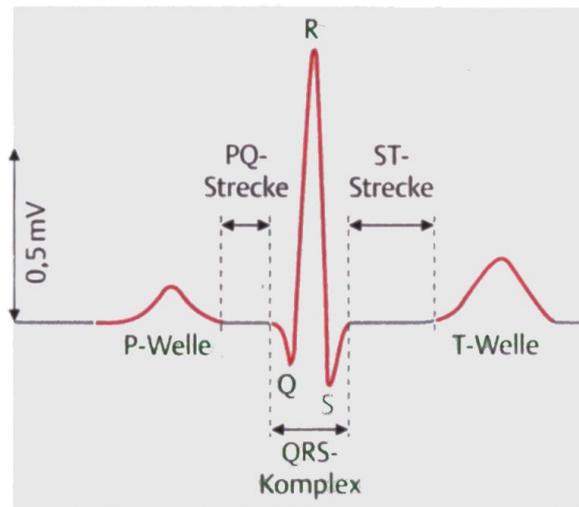


Abbildung A.2: Schematische Darstellung eines Elektrokardiogramms, [42]

A.1 Abbildungen

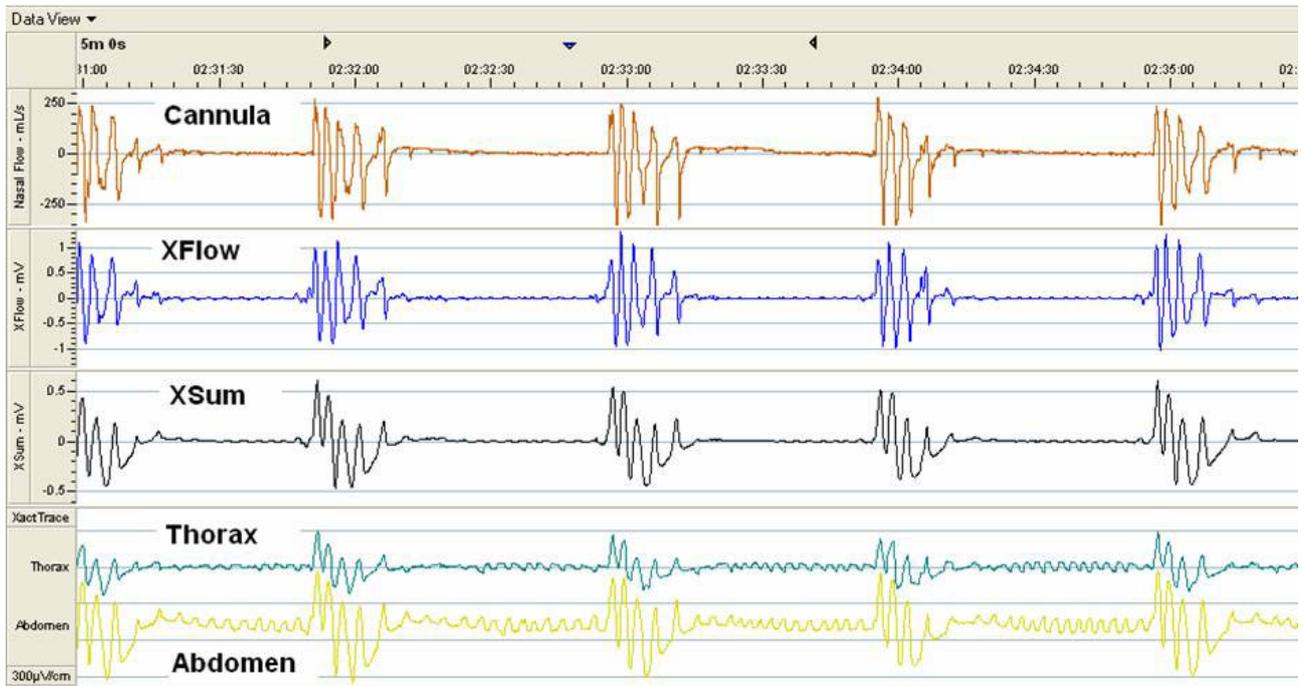


Abbildung A.3: Lungenfunktionsmessung mit dem XactTrace-System, [23].

A Anhang

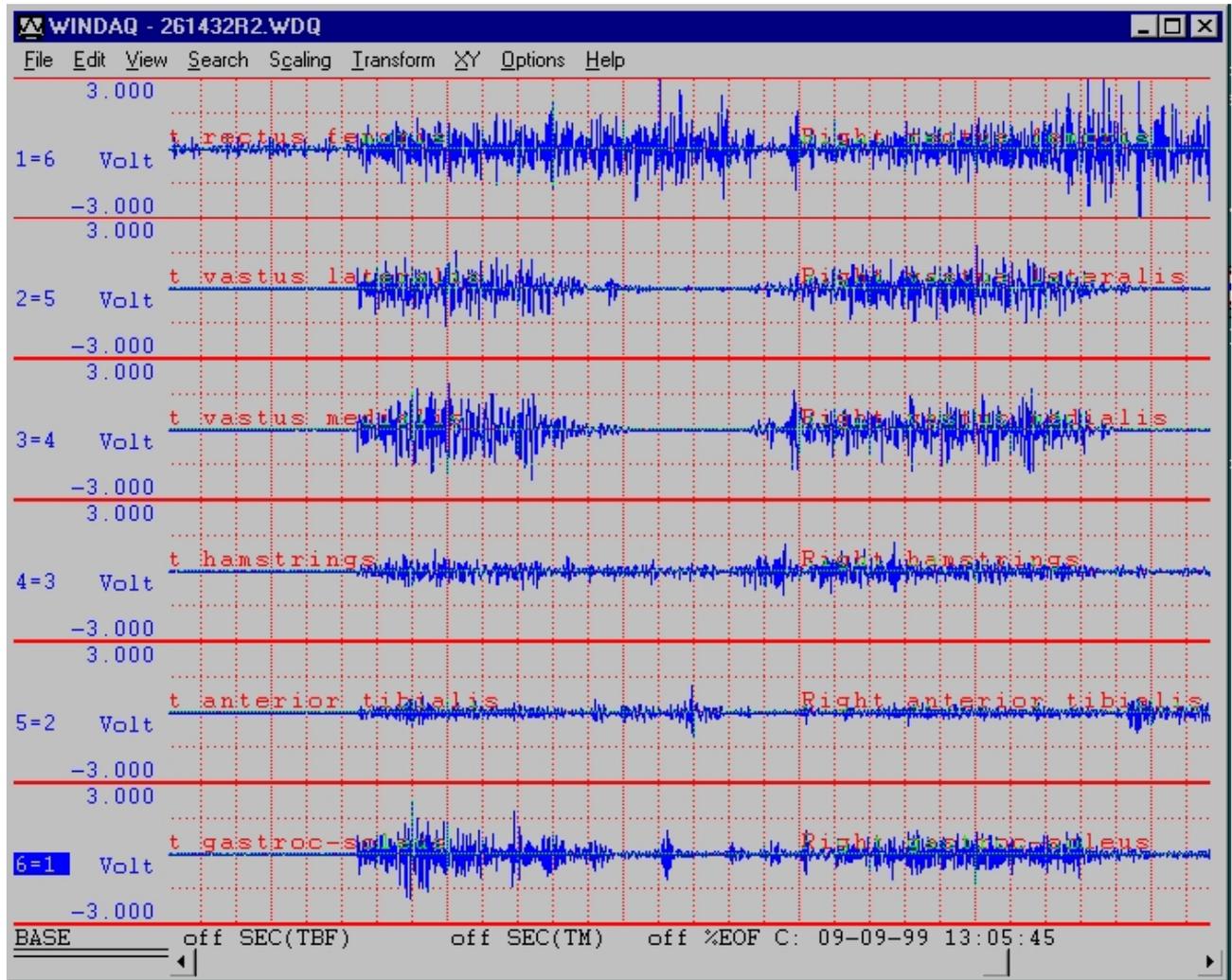


Abbildung A.4: Messwerte einer elektromyographischen Untersuchung, [26].

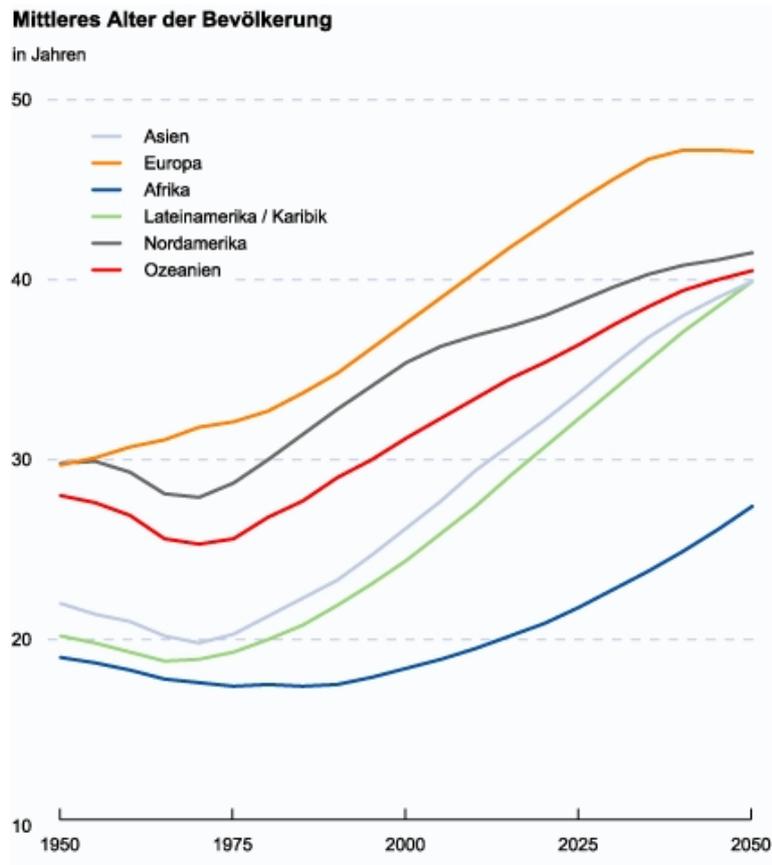


Abbildung A.5: Mittleres Alter der Weltbevölkerung, [39].

A Anhang

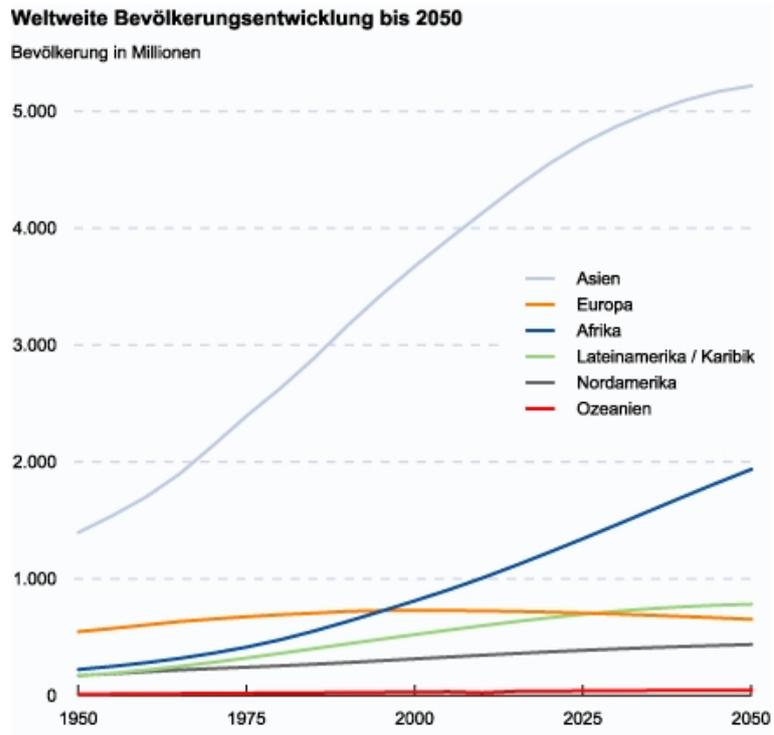


Abbildung A.6: Weltweite Bevölkerungsentwicklung, [39].

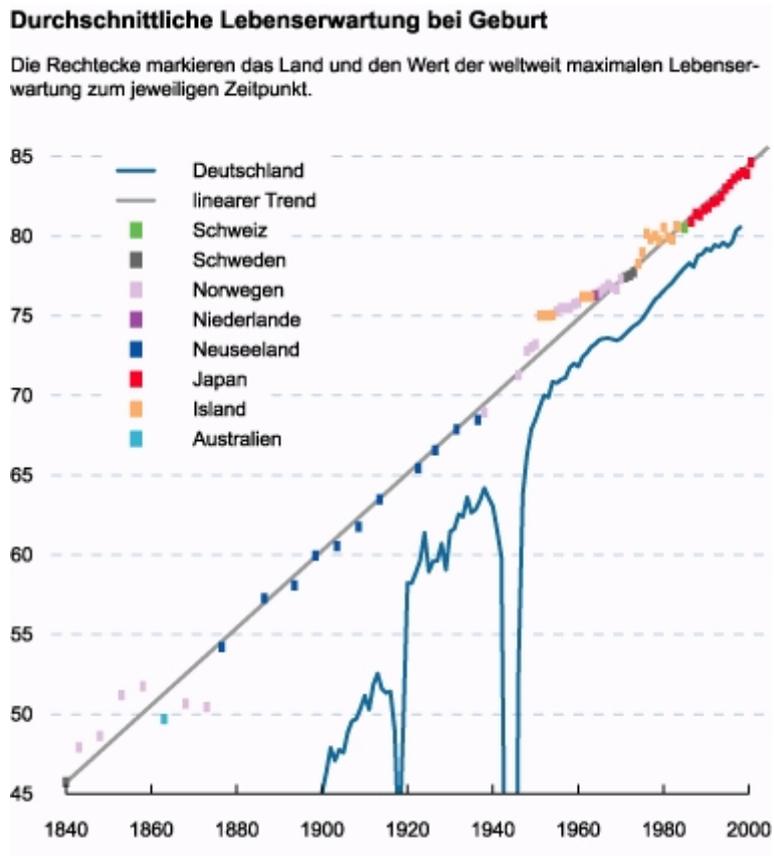


Abbildung A.7: Durchschnittliche Lebenserwartung, [39].

*A Anhang*