

# Ambient Medicine<sup>®</sup> - Elektronische Systeme und Medien für die aktive Gesundheitsforschung und –gestaltung

## Ambient Medicine<sup>®</sup> - electronic systems and media for active health research and health care

Prof. Dr. B. Wolf<sup>1</sup>, J. Clauss<sup>2</sup>, P. Friedrich<sup>1</sup>, H.-G. Gruber<sup>2</sup>, A. Scholz<sup>3</sup>, W. Tiedge<sup>4</sup>, S. Tübinger<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Heinz Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik, Technische Universität München, Deutschland

<sup>2</sup>Sense Inside GmbH, München, Deutschland; <sup>3</sup>Sensor GmbH, Kirchweidach, Deutschland

<sup>4</sup>Pasife GmbH, München, Deutschland, <sup>5</sup>Synergy Systems GmbH, München, Deutschland

E-Mail: [wolf@tum.de](mailto:wolf@tum.de)

### Kurzfassung

Die Verknüpfung elektronischer Medien und Systeme mit medizinischen Sensoren öffnet den Weg zu einer individualisierten und personalisierten telematischen Medizin. Ähnlich wie im Umfeld anderer Expertensysteme, können individuelle medizinische Daten mit solchen übergeordneter Datenbanken zusammengeführt werden, um im Bedarfsfall personalisierte Informationen zur Verfügung zu stellen. Dies ist besonders hilfreich im Kontext einer mobilen älter werdenden Gesellschaft, die zukünftig eine geringere Arztdichte antreffen wird und besonders im ländlichen Raum schon heute auf das Vorhandensein solcher Systeme angewiesen ist. Die informationelle Selbstbestimmung des Menschen, wie sie im übrigen Leben größtenteils realisiert ist, wird hierbei auf den Bereich der medizinischen Information ausgedehnt und ermöglicht neben einer gesünderen Lebensführung auch eine höhere Mobilität im Alter. Verschiedene Systeme und Konzepte zur diagnostischen und therapeutischen medizinischen Assistenz im Bereich Bruxismus, Asthma, COPD, Herz-Kreislauf und telematischer Therapiekonzepte werden in dem Beitrag exemplarisch erläutert.

### Abstract

The combination of electronic media and systems with biomedical sensors paves the way for individualized and personalized medical concepts. Similar to what happens in the context of existing expert systems, individual medical data can be merged with medical database files to provide personalized information whenever needed. This is especially helpful considering our mobile and ever older growing society which will face a decreased density of medical care in the future. Even today we are already dependent on such systems in more rural areas. Self-determination with regard to information as it is realized in many other aspects of our lives is therefore expanded to the field of medical information. Besides a healthier way of life it provides additional mobility for older people. Different systems and concepts for diagnostic and therapeutic medical assistance in the fields of bruxism, asthma, COPD, cardiovascular disease and telemetric therapy are elaborated in this article.

## 1 Einleitung

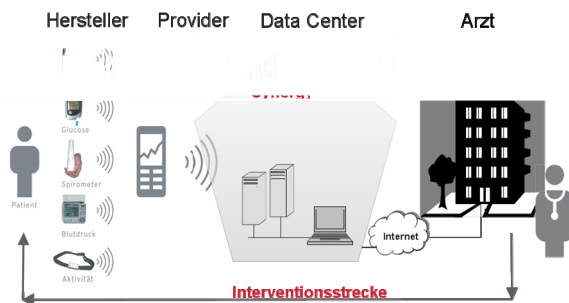
Hätte man vor über 100 Jahren die Droschkenfahrer gefragt, ob man in den Städten Straßenbahnen anlegen und die Automobiltechnik weiterentwickeln solle, so wäre ihr Urteil genau so eindeutig gewesen, wie die Stellung der Kinobesitzer zum aufkommenden Fernsehen. Mobilität und Informationstechnik sind aus der heutigen Welt nicht mehr wegzudenken und haben zur Emanzipation des einzelnen Bürgers geführt. In den entwickelten Ländern hat jeder Bürger Zugang zu den relevanten Informationen und auch sozial schlechter gestellte und gebildete Schichten

sind im Informationsangebot nicht diskriminiert. Während im Bereich der informationellen Selbstbestimmung in den meisten europäischen Industrieländern große Fortschritte erzielt wurden, gibt es im Umfeld des Gesundheitswesens und des Verbraucherschutzes hier noch einen großen Nachholbedarf, wie auch eine kürzlich vom VDE durchgeführte Studie zeigte [1]. 77% der Bevölkerung geben an, dass ihrer Ansicht nach mehr Engagement in der Medizintechnik notwendig wäre. Mehr als die Hälfte interessiert sich für Tele-Medizin. Darin drückt sich auch das Unbehagen aus, das viele Bürger beim Besuch medizinischer Einrichtungen aus den verschiedensten Gründen beschleicht und das durch die Statistik auch gerechtfertigt erscheint. Um nur eine Zahl zu nennen,

Jahr für Jahr gibt es durch Fehlmedikation und fehlerhafte Behandlung doppelt so viele Todesfälle als im Straßenverkehr.

Dabei schlummern in der geschickten Kombination von moderner Sensorik und modernen Informations- und Kommunikationstechnologien, die in der übrigen technischen Welt in den vergangenen Jahrzehnten bereits enorme Effizienzpotenziale generiert haben, beachtliche Kosteneinsparungs- und Qualitätspotenziale auch im medizinischen Bereich [2].

Deshalb haben wir vor vielen Jahren schon damit begonnen, in Ergänzung unserer Entwicklungen zu medizinischen Sensorkonzepten sensorgestützte Strategien zu entwickeln, die in Verbindung mit telematisch orientierten Datenbanken individualisierte und personalisierte Diagnose- und Therapiekonzepte realisieren lassen [3, 4, 5]. Mit diesen Systemen, wie in **Bild 1** dargestellt, ist es möglich, nahezu den gesamten allgemeinärztlichen Diagnosebedarf abzudecken und zukünftig über trainierbare Expertensysteme telematische Beratungen und Hilfeleistungen anzubieten.



**Bild 1** Ambient Medicine® Plattform mit Datenbank-Anbindung SynergyCare

Je nach Anwendungsfall können diese Systeme über Festnetztelefone, Mobiltelefone, WLAN und andere Schnittstellen kommunizieren, um die Daten sicher an den relevanten Ort zu transportieren. Dies kann auch die allgemeinärztliche Praxis sein, wodurch bei sinnvollem Einsatz die Routinearbeit des Arztes erleichtert wird und er sich stärker auf die kritischen Fälle konzentrieren kann.

Ob beispielsweise die Gesundheitskarte die in sie gesteckten hohen Erwartungen jemals erfüllt, hängt etwa auch von der korrekten Anamnese und Protokollierung des jeweiligen behandelnden Arztes ab. Es darf bezweifelt werden, ob dies prozessbedingt in der ärztlichen Praxis überhaupt immer der Fall sein kann, zumal Abrechnungsdaten und Behandlungsdaten aus den unterschiedlichsten Gründen nicht identisch sein müssen.

Zudem sind vom Patienten in seiner häuslichen oder beruflichen Umgebung durchgeführte Messungen erwiesenermaßen wesentlich authentischer und liefern zuverlässigere Daten [6].

Individualisierte und personalisierte sensorgestützte Diagnostik kann dagegen eine realistische Abbildung vieler Krankheitsbilder liefern und sogar soweit ent-

wickelt werden, dass dem Patienten über evidenzbasierte und personalisierte Datenbankstrukturen unmittelbare Hilfe geleistet werden kann.

Schon heute ist in ländlichen Gebieten eine so geringe Arztdichte anzutreffen, dass die Versorgung der Bevölkerung nicht unmittelbar zu allen Zeiten sichergestellt ist. Hier können telematische Diagnose- und Therapiesysteme eine große Hilfe darstellen und Behandlungsstrukturen effizienter gestalten lassen. So ist es in vielen Fällen für den Patienten ausreichend, auf der Basis seiner akuten Daten eine Verhaltensempfehlung zu bekommen die es ihm ermöglicht, mit der Befindlichkeitsstörung adäquat umzugehen. Diese Information können auch Gesundheitsdienstleister liefern, die über die notwendigen Daten des Patienten verfügen und gegebenenfalls mit dem Patienten in einem länger währenden Betreuungsverhältnis stehen. Wichtigstes Kriterium bei akuten Befindlichkeitsstörungen ist der unmittelbare Zugang zu ärztlichem Wissen und entsprechender Beratung. Damit der sich nicht unmittelbar am Ort befindliche Arzt die Störung richtig einschätzen kann, benötigt er sichere Basisdaten wie beispielsweise Herzratenvariabilität, Blutdruck, Temperatur, metabolische Werte wie u.a. Glucose und Gewicht sowie gegebenenfalls einen optischen Zugang.

Auch aus volkswirtschaftlicher Sicht erscheint es sinnvoll, mittels sensorgestützter telematischer Systeme eine stetig älter werdende Bevölkerung „gesund“ älter werden zu lassen [2]. Die Systeme können dabei sowohl die regelmäßige oder bedarfsgesteuerte Einnahme von Medikamenten sicherstellen als auch konkrete Verhaltensänderungen veranlassen. Die Kombination eines simplen Schrittzählers in Verbindung mit einem Mobiltelefon vermag so zum Beispiel die motorische Aktivität eines Menschen zu verfolgen und gleichzeitig bei entsprechender Intervention durch Bewegungsmangel bedingte Krankheitsbilder zu vermeiden helfen. Die Intervention selbst kann dabei entweder über einen ärztlichen Dienstleister, ein automatisches sprachgesteuertes System oder den Arzt selbst erfolgen.

Im Folgenden beschreiben wir Ergebnisse aus unserer langjährigen Entwicklungsarbeit an solchen Systemen, die mit dem Einsatz verbundenen möglichen Risiken und erste Ansätze zu telematischen Therapiekonzepten.

## 2 Realisierungsbeispiele elektronischer Assistenzsysteme für ausgewählte Indikationen

### 2.1 Bruxismus

Zähneknirschen oder Zähnepressen, im Fachjargon Bruxismus genannt, verursacht bei 8,2% der erwachsenen Bevölkerung einen enormen Leidensdruck. Die Folgen des Zähneknirschens sind starke Muskelver-

spannungen mit Kopfschmerzen bis hin zu schweren Schäden an Kaugelenken und Zähnen. Bisher werden Bruxismuspatienten mit einer Zahnschiene zur Schonung ihrer Zähne und Kiefergelenke versorgt, obwohl nur schwer festgestellt werden kann, bei welchen Patienten und wann diese Maßnahme notwendig ist und ob sie tatsächlich zum Erfolg führt.

Die Symptome von Bruxismus sind Verspannungen der Gesichtsmuskulatur sowie Kiefergelenkbeschwerden, Muskelschmerzen und Kopfschmerzen. In fortgeschrittenem Stadium wächst die Kaumuskulatur an, die Zahnkronen sind regelrecht abradert. Verspannungen der Halswirbelsäule bis zur gesamten Rückenmuskulatur und sogar Ohrgeräusche (Tinnitus) können die Folge sein. Durch die beim Knirschen erzeugten Geräusche wird oft auch der Schlaf des Partners erheblich gestört. Das frühzeitige Erkennen und Bekämpfen der Ursachen und nicht das Behandeln der resultierenden Symptome sollte im Vordergrund einer Behandlung stehen. Dies wird durch das in **Bild 2** dargestellte SensoBite-System ermöglicht, das die Analyse des Knirschverhaltens mit einem Biofeedbacksystem kombiniert.



**Bild 2** Das SensoBite-System zur Messung von Kieferkräften

Das von uns zusammen mit der Sense Inside GmbH entwickelte SensoBite-System dient zur komfortablen und zuverlässigen Messung von Kieferkräften (Aufbiss-Kräften und Zeiten). Das neuartige Hilfsmittel unterstützt Bruxismuspatienten bei der effektiven und ursächlichen Heilung der Krankheit durch präzise Diagnose sowie individueller Anpassung der Therapie. Durch die erstmals mögliche Überprüfung der individuellen Wirksamkeit von bekannten Therapieansätzen ist das System ebenfalls von hohem Nutzen für die klinische Forschung. Das SensoBite-System besteht, wie im Bild 2 dargestellt, aus einer Mess- und Übertragungselektronik, einem Empfänger, der sich außerhalb des Körpers befindet, und einer Software zur Datenanalyse.

Die miniaturisierte, flexible Sensorelektronik misst den auf die Zahnschiene ausgeübten Druck und kann in eine herkömmliche Zahnschiene eingelegt werden. Die Daten werden mittels eines integrierten Funksenders drahtlos und in Echtzeit aus dem Körper gesendet. Dazu gehört der Empfänger, der die aus dem Mund gesendeten Daten aufzeichnet. Er besitzt die Größe einer Streichholzschachtel und passt bequem in

die Hosentasche des Patienten. Der Empfänger bietet zusätzlich eine Biofeedbackfunktion mittels Vibrationsalarm, um den Patienten auf Bruxismusevents hinzuweisen. Mittels einer Software kann der zuständige Arzt bzw. der Patient die aufgezeichneten Bruxismus-Events graphisch darstellen und analysieren.

Dadurch können sowohl die Diagnose als auch die Verlaufsbeobachtungen im gewohnten häuslichen Umfeld des Patienten erfolgen, ohne die Schlafqualität des Patienten und damit das Messergebnis zu beeinflussen.

### 2.1.1 Bruxismus-Analyse (Diagnose)

Nachts und tagsüber getragen, zeichnet das System alle Bruxismusevents auf und hilft anhand der gewonnenen Daten, die für den Patienten individuell beste Schienen- und Therapieform zu finden und zu evaluieren.

Eine Bruxismus-Analyse ist bisher nur unzureichend möglich, da man entweder auf die subjektive Wahrnehmung des Patienten angewiesen ist oder langzeitveränderliche Symptome wie Zahnabrieb und Muskelschmerzen beobachten muss. Mit dem SensoBite-System ist es nun möglich eine Veränderung des Knirschverhaltens bereits nach wenigen Nächten zu erkennen. Damit wird eine für den Patienten ausgewählte Therapie sofort auf Erfolg überprüfbar und gegebenenfalls anpassbar, ohne wie bisher 6-8 Wochen auf das Ergebnis warten zu müssen.

### 2.1.2 Biofeedback (Therapie)

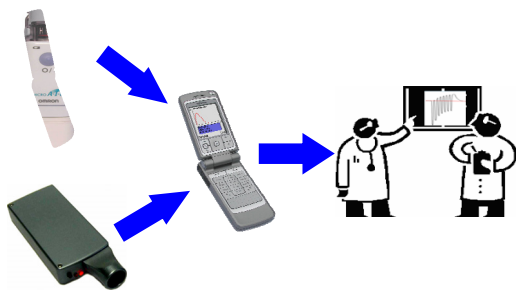
Das SensoBite-Biofeedback-System bietet eine effektive und neuartige Unterstützung zur ursächlichen Heilung von Bruxismus. Ein kleines Gerät, das den Patienten tagsüber durch Biofeedback (Vibration) auf seine Anspannung aufmerksam macht, kann ihm ohne Beeinträchtigung seiner Lebensqualität effektiv Linderung verschaffen. Hierbei wird der Patient auf die Verspannungen im Kieferbereich hingewiesen und kann so durch gezielte Entspannung Abhilfe schaffen [7, 8]. Patienten werden durch dieses System in die Lage versetzt, den manifesten Bruxismus auch tagsüber effektiv zu bekämpfen. Sie können so selbst zur Klärung von Auffälligkeiten beitragen und eine sinnvollere Therapie ermöglichen.

## 2.2 Atemwegserkrankungen

Zu den weltweit zahlreichsten Volkskrankheiten gehören die chronischen Atemwegserkrankungen. Die häufigsten Indikationen sind Asthma sowie die chronisch-obstruktive Lungenerkrankung (COPD) und betreffen in etwa 150 Millionen Menschen mit steigender Tendenz. Die Überwachung bzw. das Monitoring der davon betroffenen Patienten ist ein entschei-

dender Gesichtspunkt der ärztlichen Therapie. Das gesundheitliche Befinden eines Patienten bzgl. seiner Atemwegserkrankung wird durch ein Spirometer, das die Lungenfunktionswerte misst, ermittelt. Für die Beurteilung des Therapieverlaufs sind jedoch noch weitere therapeutische Maßnahmen zu protokollieren. Der Zeitpunkt der Medikamenteneinnahme, der Pollenflug in verschiedenen Regionen und die klimatischen Außenbedingungen können den Behandlungserfolg maßgeblich beeinflussen. Ein Zusammenhang zwischen den klimatischen Bedingungen und der Häufigkeit des Auftretens von Asthma und Allergien wurde in einer wissenschaftlichen Studie nachgewiesen [9].

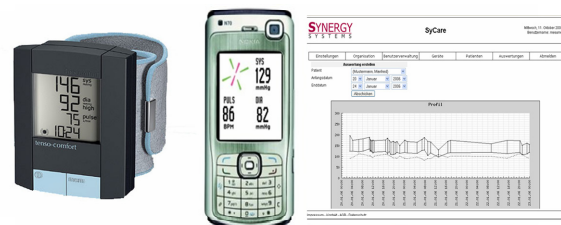
Viel Aufmerksamkeit wird dem sogenannten Home Monitoring geschenkt, mit dem es möglich ist, den Patienten in seinem täglichen Umfeld zu beobachten. Diese Systeme müssen komfortabel und einfach zu bedienen sein, zudem sollten sie klein und handlich gestaltet sein [10]. Dafür haben wir das erste telemedizinische Spirometer zur Messung der Lungenfunktionsparameter entwickelt und zu einem mobilen, patientenbezogenen Diagnose- und Therapiesystem ausgebaut [11]. Ein handelsübliches Spirometer ausgestattet mit einem Bluetooth-Kommunikationsaufsatz sendet die nach der Peak-Flow-Messung ermittelten Werte automatisch an das dazugehörige Mobiltelefon und weiter an die Datenbank. Um damit einen größtmöglichen medizinischen Nutzen zu erzielen, wurde das Spirometer mit einem Inhalator kombiniert wie es in **Bild 3** dargestellt ist. Somit kann neben den Lungenfunktionswerten gleichzeitig die Medikamenteneinnahme dokumentiert und beobachtet werden. Diese Daten ermöglichen Rückschlüsse auf die Wirksamkeit und die Dosis der verabreichten Medikamente verbunden mit sofortigen Korrekturmaßnahmen. Auch die Compliance des Patienten ist mit solch einem medizinischen Assistenzsystem verfolgbar. Durch das, auch hier, realisierte Konzept des Feedbacks stehen die mobilen Messgeräte ebenfalls für individualisierte Motivations- und Trainingsmaßnahmen zur Verfügung. Dadurch wird die aktive Einbindung der Patienten in den Therapieprozess gefördert und somit dessen Selbstverantwortlichkeit gesteigert.



**Bild 3** Kombination Spirometer – Inhalator

## 2.3 Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Die Hälfte aller Todesfälle in Deutschland ist auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen zurückzuführen. Einer der zentralen Risikofaktoren für kardiovaskuläre Erkrankungen ist die arterielle Hypertonie. In Deutschland leiden etwa 40 Prozent der Bevölkerung an Bluthochdruck. Gemessen an der Rolle, die der Bluthochdruck bei der Todesursache „Herzinfarkt“ spielt, ist der Behandlungsgrad in Deutschland nach wie vor gering. Außerdem liefern einzelne Blutdruckmessungen nicht immer verlässliche Angaben: Der Blutdruck unterliegt im Tagesverlauf natürlichen Schwankungen. Untersuchungen beim Arzt oder in der Klinik können das Ergebnis verfälschen, da unter Stress der Blutdruck steigt – ein als „Weißkitteleffekt“ bekanntes Phänomen. Zur Vermeidung dieser Effekte ist die regelmäßige Selbstkontrolle des Blutdrucks mit einem wie in **Bild 4** dargestellten System ein wirksames Mittel. Wir verwenden zur Aufzeichnung der Messwerte handelsübliche Blutdruckmessgeräte. Diese Messgeräte sind mit einer Bluetooth-Schnittstelle ausgestattet, worüber die erfassten Blutdruckwerte an ein zugeordnetes Mobiltelefon übermittelt werden. Auf diesem Mobiltelefon ist eine Software installiert, welche die angekommenen Messwerte in eine Email verpackt und diese wiederum auf einem Mail-Server hinterlegt. Von dort aus können die Messwerte jederzeit abgerufen und weiter bearbeitet werden. Dies geschieht über eine Datenbank, in der neben einer graphischen Darstellung auch eine statistische Aufbereitung angeboten wird.

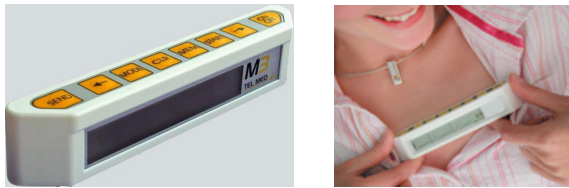


**Bild 4** Telemedizinisches Blutdruckmesssystem des Heinz Nixdorf-Lehrstuhls für Medizin. Elektronik

Die Compliance der Patienten ist bei einer derartig personalisierten Therapie gegenüber herkömmlichen Behandlungsmethoden deutlich erhöht.

Abgesehen von der immer häufiger auftretenden Hypertonie gibt es zunehmend auch weitere Krankheitsformen, die einer zuverlässigen und intensiven Betreuung bedürfen. Dazu zählen beispielsweise Diabetes mellitus oder Adipositas. Treten diese drei Krankheiten auch noch kombiniert mit einer Fettstoffwechselstörung auf, spricht man vom metabolischen Syndrom, welches das Risiko für eine Herz-Kreislauf-Erkrankung weiter erhöht. Die von uns entwickelte Ambient Medicine® Plattform bietet eine ideale Basis für ein Monitoring der mit diesen Krankheiten verknüpften Parameter. Darum wurde sie um

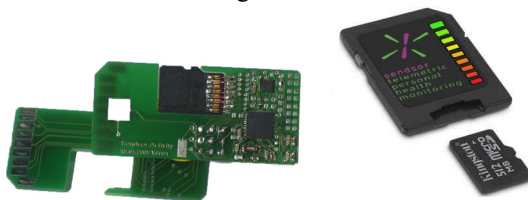
Geräte wie die Körperwaage, Blutzucker- und EKG-messgeräte, für einen solchen telemetrischen Einsatz erweitert. **Bild 5** zeigt exemplarisch das EKG cpen.



**Bild 5** Mobiles EKG Messgerät cpen unseres Partners Telmed Medizintechnik GmbH [12]

## 2.4 Aktivitätsmonitoring

Für die meisten Befindlichkeitsstörungen und die oben erwähnten typischen Krankheitsbilder spielt maßvolle, angepasste körperliche Aktivität eine wesentliche Rolle zur Genesung. Darum rückt die Aufzeichnung patientenspezifischer Bewegungs- und Aktivitätsdaten immer mehr in den Vordergrund. Definierte Trainingsprogramme können den Patienten helfen, ihre Ziele zu erreichen. Ein Aktivitätsmonitor zur Selbstkontrolle kann hierbei unterstützend wirken. Ein hoch auflösender Aktivitätssensor, welcher vom Patienten am Schlüsselbund, an der Halskette und als Band am Arm oder Fuß getragen werden kann, misst kontinuierlich das Beschleunigungs- und/oder Neigungsprofil des Patienten. Die Daten werden (z.B. einmal täglich, oder eventgesteuert) an ein medizinisches Zentrum geschickt. Dort können die Aktivitätswerte mit anderen - für die jeweilige Erkrankung relevanten - Werten verglichen werden.



**Bild 6** Miniaturisierter Aktivitätssensor entwickelt von der sensor GmbH

Der Aktivitätssensor besteht aus einem triachsialen Beschleunigungssensor, einem internen Speicher (microSD-Karte) für die gesammelten Daten, einer Batterie für den mobilen Einsatz, einer Anzeige zur Selbstkontrolle des Patienten und einer SD-Karten konformen Schnittstelle zum einfachen und bequemen Auslesen der Daten am PC durch den Arzt, s. **Bild 6**. Darüber hinaus ist auf dem Gerät eine Software vorinstalliert, welche beim Einschub des Gerätes in den Kartenleser (SD-Karten konforme Schnittstelle des Gerätes) automatisch startet und das gespeicherte Bewegungsprofil des Patienten am PC auswertet und übersichtlich darstellt. Dies erleichtert dem Arzt die Analyse und das weitere Vorgehen in der Therapie.

Das Aktivitätsmonitoring soll als Komponente eines Gesamtsystems zur häuslichen Therapie zum Einsatz kommen. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Daten über ein „telemetric personal health monitoring system“ telemedizinisch versendet werden, oder ob der Arzt bei jedem Besuch des Patienten die Daten aus dem Aktivitätsmonitor ausliest.

Das Gesamtsystem ist eine kleine Tischstation oder auch ein mobil einsetzbares Handgerät. Es kann auch weitere Daten, wie beispielsweise die eines Spirometers oder eines Blutdruckmessgerätes, sammeln, verarbeiten und weiterleiten. Der komplette Parametersatz der Station wird auf die Speicherkarte des Aktivitätsmonitors geschrieben und zugleich an den behandelnden Arzt über vorhandene Telekommunikationskanäle geschickt. Dies ermöglicht sowohl die nachträgliche Auswertung der Daten, als auch die sofortige Intervention durch den Arzt. Des Weiteren wird der Patient angehalten ein Tagebuch zu führen, um online oder auch im Nachgang die Messwerte mit dem aktuellen Zustand zu vergleichen.

## 2.5 Virtual Lab

Das hier vorgestellte virtuelle Telemedizin-Labor, auch **virtual lab** genannt, bietet einen Lösungsansatz, um sowohl der erhöhten Mobilität von Patient und medizinischem Personal als auch den steigenden Erwartungen an ebenso ubiquitärer und bestmöglicher Prävention und Therapie gerecht zu werden. Der Aufbau und die Funktionsweise entsprechen den bereits bisher erläuterten Prinzipien.

Gerade bei Krankheiten, die höchst individuell verursacht und ausgeprägt sind, ist es unerlässlich, möglichst authentische Parameter zu erfassen, die sowohl den aktuellen Zustand im Alltag des Patienten wiedergeben als auch den Krankheitsverlauf über einen längeren Zeitraum dokumentieren. Das bedeutet, der Patient führt seine Messungen selbstständig und in einer für ihn gewohnten Umgebung durch. Dies kann zu Hause, am Arbeitsplatz und auf Reisen oder an jedem anderen beliebigen Ort geschehen, wobei immer ein aktueller und individueller Vitalparameter aufgezeichnet wird. Ein weiterer Vorteil neben dieser Ortsunabhängigkeit ist die freie Wahl des Messzeitpunktes. Je nach Indikation kann der Patient die Messungen zu selbst gewählten oder von medizinischem Fachpersonal vorgegebenen Zeitpunkten vornehmen. Durch die automatische Übertragung der Messwerte an eine Datenbank ist weiterhin deren lückenlose Aufzeichnung sichergestellt. Diese ist für eine individuelle und personalisierte Therapie unerlässlich. Dabei können neben dem reinen Verlauf der Messwerte, die alleine schon die Verbesserung oder Verschlechterung des Gesundheitszustandes dokumentieren, hochgradig individuelle Gegebenheiten aufgedeckt werden.

## 2.5.1 Datenbank

Zur Orts- und Arzt-unabhängigen Datenaufbewahrung wurde eine Datenbank implementiert, auf welche mit entsprechender Authentifizierung jederzeit über das Internet zugegriffen werden kann. Sowohl Patienten als auch medizinisches Personal können diese Datenbank als registrierte Nutzer mit spezifischen Benutzerrechten einsehen und sich dort die selbst gemessenen und graphisch aufbereiteten Werte anzeigen lassen. Während Patienten so aktiv in ihren individuellen Krankheits- bzw. Therapieverlauf eingebunden werden, bietet sie Ärzten eine ebenso einfache wie kostengünstige Anwendung, die sie in der intensiven Betreuung ihrer zahlreichen Patienten unterstützt. Je nach Indikation können patientenspezifische Grenzwerte festgelegt werden, bei deren Über- oder Unterschreitung definierbare Aktionen wie ein Anruf oder eine Benachrichtigung von Patient und/oder Arzt erfolgt. In einem nächsten Schritt wird die Datenbank zu einem evidenzbasierten Expertensystem ausgebaut, welches in Abstimmung mit ärztlichem Personal Medikamentierungs- oder Therapieempfehlungen geben kann. **Bild 7** zeigt das bereits realisierte virtual lab.



**Bild 7** Das virtual lab im Überblick

## 2.5.2 Feedback und Interventionen

Medizinischen Assistenzsystemen kommt eine große Bedeutung zu, insbesondere beim Langzeit-Monitoring sowohl in der primären wie auch sekundären Prävention. Um Artefakte zu vermeiden, sollten die Messungen regelmäßig im gewohnten Lebensumfeld der Betroffenen stattfinden. Im Idealfall misst also der Patient beispielsweise seinen Blutdruck selbst. Allerdings ist für den selbstbestimmten und –verantwortlichen Umgang des Patienten mit seinen eigens erhobenen Daten ein zeitnahes Feedback notwendig. Nur dann erhält er die nötige Handlungs- und Entscheidungssicherheit bzw. ist eine virtuelle Therapieführung durch den behandelnden Arzt möglich.

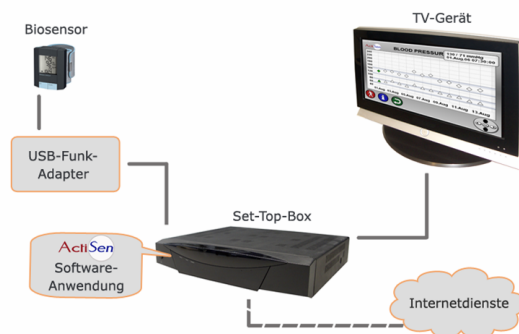
Das Feedbacksystem wird über das Mobiltelefon zu einem geschlossenen Kreislauf. Über diese bidirektionale Verbindung zwischen Patient und Arzt können neben diesen Messwert- und anderen Textnachrichten

auch Ton- und Bildmitteilungen verschickt werden. Damit besteht nicht nur eine reine Datenübertragung vom Patienten zur Datenbank bzw. zum betreuenden Arzt. Vielmehr haben nun medizinisches Personal bzw. ein hinter der Datenbank stehendes Expertensystem die Möglichkeit, über eine Interventionsstrecke direkt auf den Therapieverlauf Einfluss zu nehmen und diesen zu individualisieren. In Bild 7 ist das Prinzip dargestellt.

Auch nicht-medikamentöse Therapien, wie z. B. akustisches Biofeedback, können ebenso wie zirkadiane oder genderspezifische Einflüsse auf den Blutdruck- bzw. den Therapieverlauf untersucht werden.

## 3 Endgeräte

Geräte zum Fitness- und Gesundheitsmanagement erfreuen sich wachsender Beliebtheit, egal ob als separate Biosensoren oder integriert in Smart Phones und Handhelds. Diese Geräte sind jedoch meist mit kleinen Displays und winzigen, schwer zu bedienenden Tasten ausgestattet. Größere Anzeigen und einfache Bedienung wünschen sich viele, insbesondere ältere Menschen. Optimal wäre ein universelles für alle leicht zu bedienendes Endgerät. Dies kann beispielsweise das Fernsehgerät sein. Es bietet ein großes, übersichtliches Display und ein allen vertrautes Bedienkonzept. Als Realisierungsbeispiel sei der ActiSen Prototyp unseres Partners Pasife erwähnt [13].



**Bild 8** Der ActiSen Prototyp

**Bild 8** zeigt den Aufbau von ActiSen. Herzstück ist eine Set Top Box, welche die Messwerte verschiedener Biosensoren empfängt, aufzeichnet und an dem Fernsehgerät anzeigt. Eine Netzwerkschnittstelle ermöglicht die Anbindung an unser Telemedizinzentrum und den Austausch der Messdaten mit externen Providern oder Gesundheitsdienstleistern, die individuelle Ratschläge und Hilfestellungen für das Training oder zum Gesundheitsmanagement anbieten.

## 4 Fazit

Die Ambient Medicine<sup>®</sup> Plattform bestehend aus dem TPHM<sup>®</sup>-System, der Expertensoftware SynergyCare, sowie einem aktiven dialogorientierten telemedizinischen Servicezentrum bietet eine innovative Therapieunterstützung von der personalisierten Diagnostik bis hin zur Intervention. Ebenso dient dieses wissensbasierte, mobile Assistenzsystem als Forschungs- und Erprobungsplattform für neue Applikationen oder Heilverfahren. Dennoch müssen einige Hürden überwunden werden, um allen Bürgern die Nutzung solcher sensorgestützter Assistenzsysteme zu ermöglichen. Neben der Lösung noch offener ökonomischer, sicherheitsrelevanter und juristischer Fragestellungen bedürfen die Systeme für eine breite Akzeptanz und Marktdurchdringung einfachste Bedienbarkeit bei höchstem Komfort.

Für großzügige Unterstützung danken wir der Heinz Nixdorf Stiftung, Biocomfort, der Klinik Höhenried und T-Mobile.

Ambient Medicine<sup>®</sup> ist eingetragenes Warenzeichen des Heinz Nixdorf-Lehrstuhls für Medizinische Elektronik der TU München.

## 5 Literatur

- [1] VDE IT-Panel 2007, [www.vde.com](http://www.vde.com)
- [2] B. Wolf in Markt & Technik: „Der Mikroelektronik-Einsatz dient der Lösung unserer Kostenprobleme“, Nr.26, S. 18-19, 2004
- [3] Wolf, B.: Einrichtung zur Früherkennung von kritischen Gesundheitszuständen, insbesondere bei Risikopatienten. Offenlegungsschrift DE 100 06 598 A 1, DPMA, 2001
- [4] Wolf, B.: Mobilfunk-gestützte medizinische Wissensbasis mit sensorisch interaktiven Mobiltelefonen. Biomedizinische Technik, health technologies 2/2005, pp. 156-158
- [5] P. Friedrich, A. Scholz, J. Clauss, B. Wolf: Ambient Medicine<sup>®</sup>- Telemedical Assistance for Personalized Diagnostic and Intervention, Journal of eHealth Technology and Application Vol.5, No.3, Sept. 2007, pp. 253-260
- [6] Middeke, M. Arterielle Hypertonie, Thieme 2005
- [7] Foster, PS: Use of the Calmset 3 biofeedback/relaxation system in the assessment and treatment of chronic nocturnal bruxism, Appl. Psychophysiol.Biofeedback,v.29, 2004, pp. 141-147
- [8] Nishigawa K, Kondo K., Takeuchi H., Clark GT: Contingent electrical lip stimulation for sleep bruxism: a pilot study, J. Prosthet. Dent., v. 89, 2003, pp. 412-417
- [9] Weiland SK, Hüsing A, Strachan, Rzehak P, Pearce N. et al: Climate and the prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinitis and atopic eczema in children. Occup Environ Med 61(7), 09-15, 2004
- [10] Pfeifer M. et al: Telemedizin bei chronischen Atemwegserkrankungen. Med Klein 98:106-10 (Nr.2), 2004
- [11] [www.sendsor.de](http://www.sendsor.de)
- [12] [www.telmed.de/medizintechnik/produkte/cpen](http://www.telmed.de/medizintechnik/produkte/cpen)
- [13] [www.pasife.de](http://www.pasife.de), ActiSen