

# Der Arzt im Gepäck – sensorgestützte telemedizinische Konzepte für Diagnostik und Therapie

P. Friedrich<sup>1</sup>, A. Scholz<sup>2</sup>, J. Clauss<sup>1</sup>, H.-G. Gruber<sup>1</sup>, B. Wolf<sup>1</sup>

1) Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik der Technischen Universität München

2) Sensor GmbH, Kirchweidach

## Einleitung

Die soziodemografische Situation einerseits sowie die Kostensituation im Gesundheitswesen andererseits erfordern dringend den Einsatz effizienter und gleichzeitig humaner Interventionsstrategien. Nachdem alle Bemühungen bislang scheiterten, die beteiligten Gruppen zu Kosten senkenden Handlungsstrategien zu bewegen, scheint die Zeit reif dafür zu sein, den Endkunden des gesamten Gesundheitssystems, nämlich den einzelnen Patienten, durch geeignete informationstechnische Systeme und Hilfen zu emanzipieren.

Der praktische Alltag in der Gesundheitsversorgung zeichnet sich durch Überversorgung, unnötige Mehrfachdiagnostik und nicht kohärenten Behandlungsstrategien aus. Oftmals ist der medizinische Laie diesen Maßnahmen hilflos ausgesetzt, da er nicht über die entsprechenden Informationsbasen verfügt und auch keine objektivierbare neutrale Beratung erfährt.

Aus der Statistik medizinischer Intervention ist bekannt, dass der Schweregrad der Erkrankung in über 80 % der Besuche in der Praxis eines Allgemeinmediziners eher als niedrig einzustufen ist. Aus den unterschiedlichsten Gründen sind nicht wenige Ärzte bewusst oder unbewusst versucht, dieses Verhalten des Patienten zu bestärken. Durchführungen diagnostischer Untersuchungen beispielsweise bis hin zur Abgabe eines kostenlosen Ärztemusters bestätigen den Patienten in seinem Handlungsmuster, so dass er auch bei erneuten transienten Befindlichkeitsstörungen wiederum umgehend seinen Hausarzt aufsuchen wird.

In diesem Zusammenhang würden die bekannten Leistungserfolge der modernen Informations- und Kommunika-

tionstechnik eine große Hilfe darstellen, das gesamte Gesundheitssystem effizienter zu gestalten. Durch die stetig steigende Leistung der Mikroprozessoren verbunden mit dem immer höheren Miniaturisierungsgrad ist es möglich geworden,

leistungsstarke Analyseeinheiten in kleine tragbare Medizingeräte zu integrieren und den Patienten damit auszustatten. Dabei könnten beispielsweise sensorisch interaktive Mobil-Telefonsysteme in Verbindung mit speziell ausgerüsteten Call-Centern

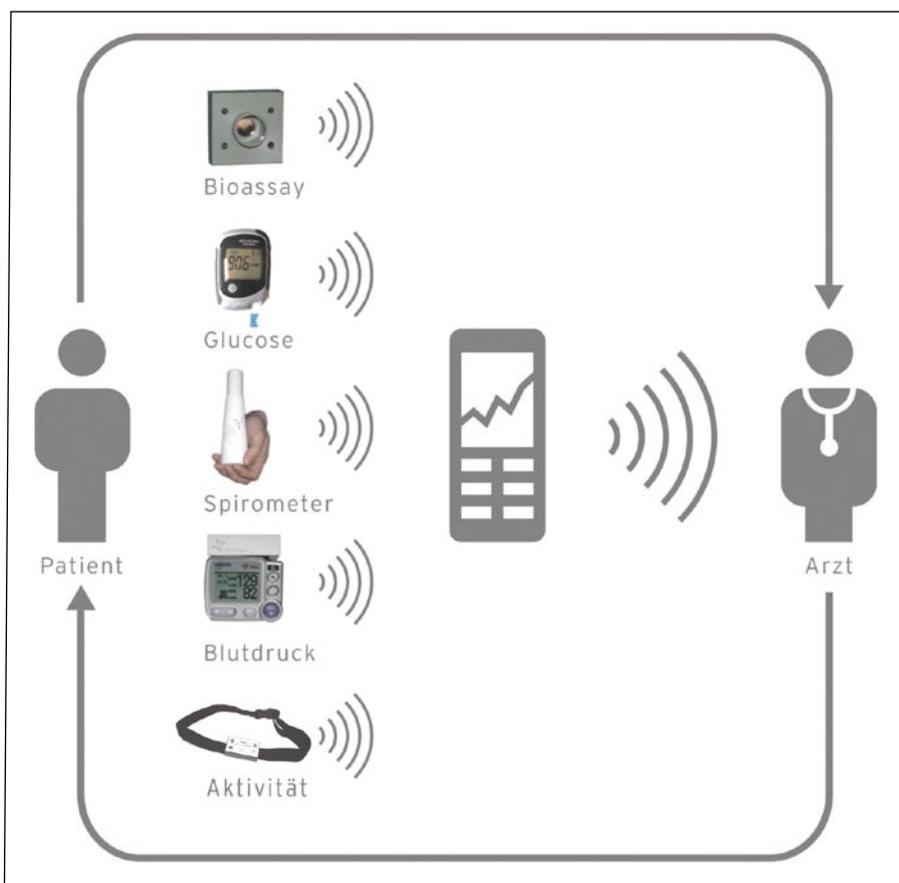
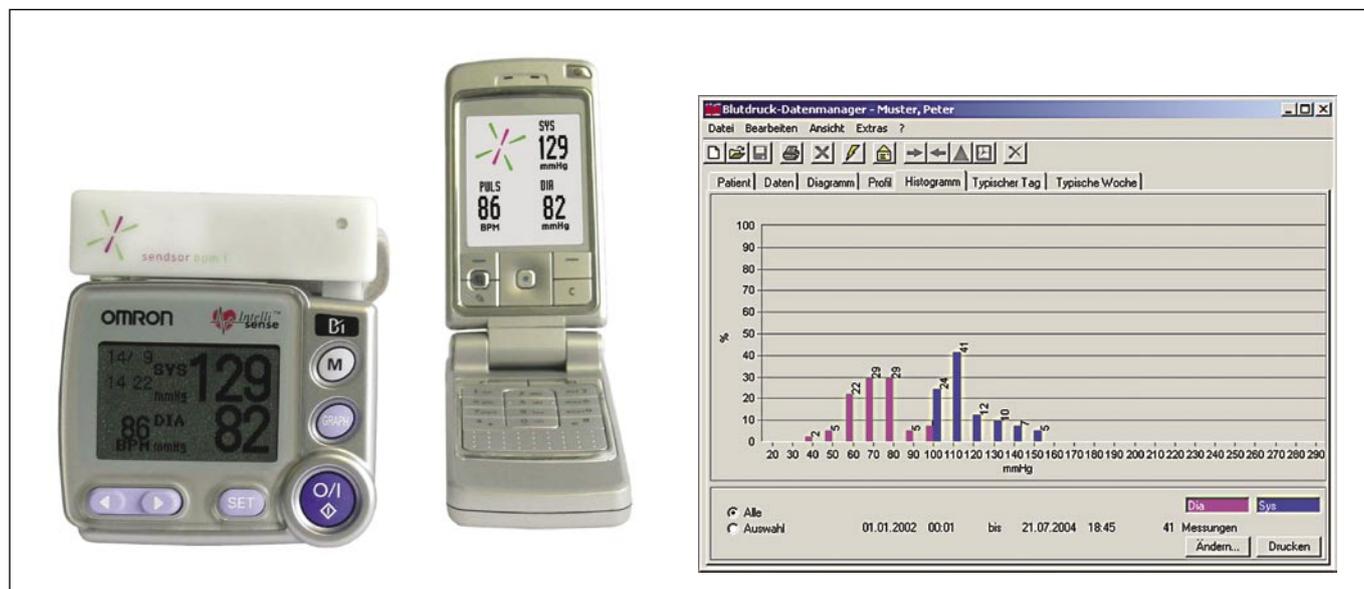


Abbildung 1: Telemedizinische Versorgungsplattform für individualisierte, personalisierte Medizin

Autoren: P. Friedrich, A. Scholz, J. Clauss, H.-G. Gruber, B. Wolf  
 Titel: Der Arzt im Gepäck – sensorgestützte telemedizinische Konzepte für Diagnostik und Therapie  
 In: Jäckel (Hrsg.) Telemedizinführer Deutschland, Bad Nauheim, Ausgabe 2007  
 Seite: 266-271



**Abbildung 2:** Am Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik entwickeltes und von der Sensor GmbH produziertes telematische Blutdruckmeßsystem

erste diagnostische Hilfeleistungen bieten, die den Patienten in seiner ereignisbezogenen Handlungsstrategie führen, und mit dem fallbezogenen Wissen versorgen (Abbildung 1).

Die heute zur Verfügung stehenden Kommunikations- und Informationstechnologien können in Verbindung mit geeigneter intelligenter Sensorik in solchen Fällen einen enormen Beitrag zur Kostensenkung leisten. Es existieren bereits zuverlässige miniaturisierte Sensoren für die Körpertemperatur, den Blutdruck, die Aktivität, die Durchblutung und einiger chemischer Parameter. Diese Sensoren können in einem entsprechenden Aufbau integriert werden und mittels eines Interfaces mit Mobiltelefonen in geeigneter Weise kommunizieren [1].

Umfangreiche Vorarbeiten der Forschungsgruppe Telemedizin des Heinz-Nixdorf-Lehrstuhls für Medizinische Elektronik der TU München belegen diese Aussagen [2].

## Telemetric Personal Health Monitoring Plattform

Basierend auf einem prämierten Konzept eines BMBF-Wettbewerbes für Medizintechnik aus dem Jahre 1999 zur Übertragung kritischer Gesundheitszustände, insbesondere bei Risikopatienten und chronisch erkrankten Menschen [3]

wurde eine Telemedizinplattform entwickelt und exemplarisch für die Erfassung der Blutdruck- und Lungenfunktionswerte umgesetzt.

Gemeinsam mit der Firma Omron wurde ein individualisiertes, vollautomatisches und mobiles Blutdruckmeßsystem mit Datenbank-Zugang entwickelt (Abbildung 2). Seit Ende 2004 ist es

am Markt erhältlich und erhielt als Auszeichnung den Medica Praxis Depeschen Award 2004 [4]. Das mobile Blutdruckmeßsystem wurde mit großem Erfolg bei Ärzten und Patienten in der Reha-Klinik Glotterbad erprobt und ist auch weiterhin dort im Einsatz.

Daneben sind weitere Patientenbezogene mobile Diagnosesysteme auf dieser Basis



**Abbildung 3:** Am Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik entwickeltes und von der Sensor GmbH produziertes telematisches Lungenfunktionsmeßsystem

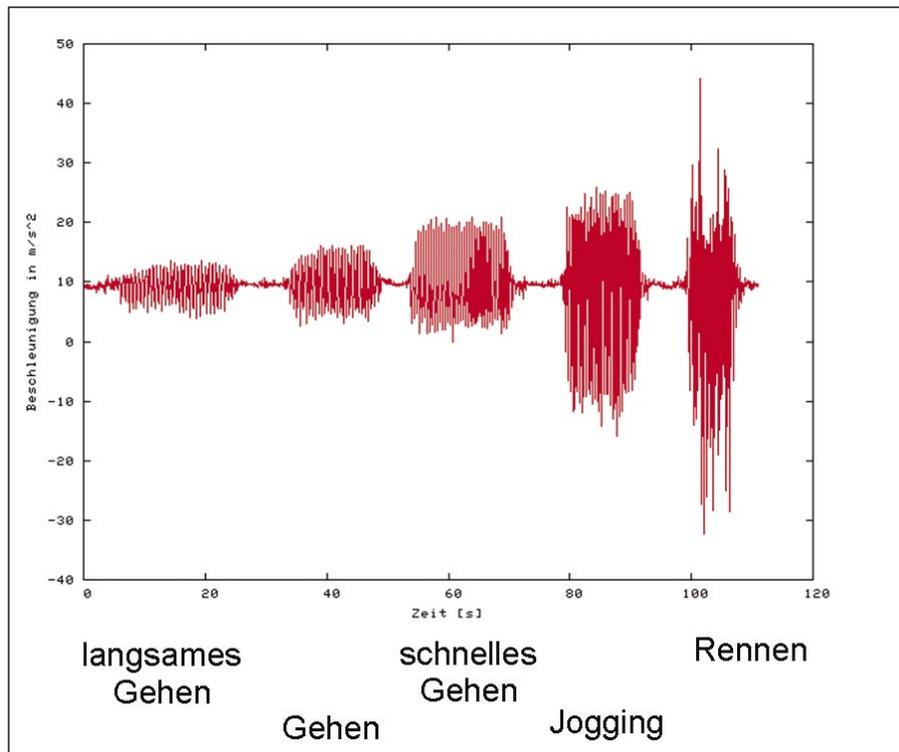


Abbildung 4: Unterscheidung verschiedener Bewegungsarten

entstanden [5], insbesondere das erste telemedizinische Spirometer zur Messung von Lungenparametern (Abbildung 3).

Beide Systeme werden von einer Ausgründung des Heinz-Nixdorf-Lehrstuhls, der Sensor GmbH produziert und vertrieben. Die Sensor GmbH ist Entwicklungspartner und Systemanbieter im Bereich der Telemedizin und Monitoringsysteme. Sie führt ebenso kundenspezifische Anpassungen und Integrationsaufgaben für Produkte von Drittherstellern durch.

Die aktuellen Forschungsprojekte des Heinz-Nixdorf-Lehrstuhls für Medizinische Elektronik in der Telemedizin setzen diese Linie fort und sind zunehmend auf individualisierte, personalisierte und miniaturisierte Diagnose- und Therapiesysteme ausgerichtet.

Beispielhaft sei die Entwicklung eines Systems zur Erfassung der persönlichen Bewegungsdaten erwähnt. Die regelmäßige Erfassung und Beobachtung der Bewegung bzw. der Aktivität ist ein wichtiges Steuerungsinstrument im Rahmen von Gewichtsreduktionsprogrammen. Gleichzeitig stellt die Aktivität einen wesentlichen Vitalparameter des Menschen dar. Gezielte und ausreichend Bewegung

ist ein geeignetes Mittel zur nachhaltigen Prävention vor allem bei kardiovaskulären Erkrankungen.

Besonders aussagekräftig ist das System, wenn es die individuellen kinematischen Bewegungsabläufe erfasst und gleichzeitig mit den Pulsfrequenzen in Beziehung setzt. Ein solches System ist am Lehrstuhl in Form eines Brustgurtes umgesetzt worden.

Somit ist die telematische Erkennung der Bewegungs- und Belastungsarten möglich (Abbildung 4).

## Intelligente Zahnschiene als Erprobungsträger für implantierbare Sensoren

Ein biokompatibler Sensorträger für die drahtlose Vernetzung von miniaturisierten Sensor-Implantaten im Körper wurde am Beispiel einer intelligenten Zahnschiene realisiert (Abbildung 5).

Die intelligente Zahnschiene misst den Aufbissdruck bei Patienten mit Bruxismus (Zähneknirschen und -pressen) und übermittelt die Messdaten drahtlos an einen in der Hosentasche getragenen Empfänger [6]. Das Sensorsystem in der Zahnschiene kann außerdem zur Messung von schlafrelevanten Daten eingesetzt werden, beispielsweise zur Bestimmung des Atemflusses bei Patienten mit dem Syndrom Schlafapnoe. Dieses System wird von einer weiteren Ausgründung des Heinz-Nixdorf-Lehrstuhls, der Sense Inside GmbH produziert.

Durch den modularen digital realisierten Aufbau ist eine Erweiterung des Systems um eine Vielzahl von Messparametern wie beispielsweise pH-Wert oder Temperatur problemlos möglich. Der am Beispiel des Mundraumes entwickelte Sensorträger kann in andere Körperregionen implantiert werden und so beispielsweise zum Screening von Zellaktivitäten eingesetzt werden.

## Systemische Telemedizin

Neben der Entwicklung solcher sensorischer telemedizinischer Systeme ist zugleich der Aufbau eines datenbankunterstützten Call Centers notwendig, das

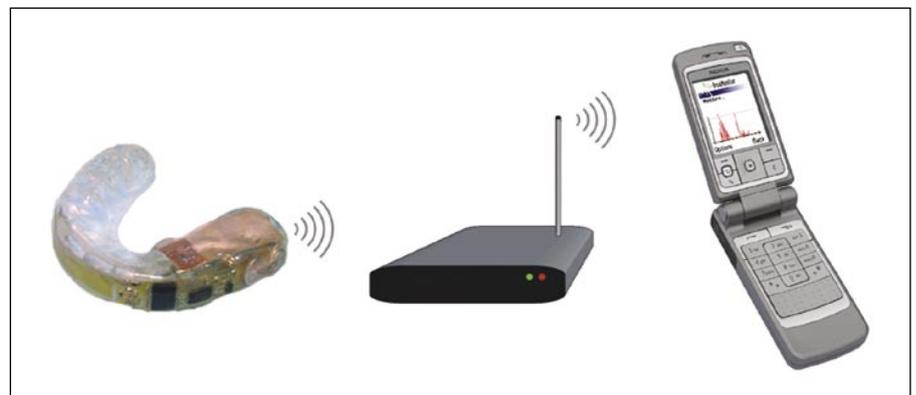
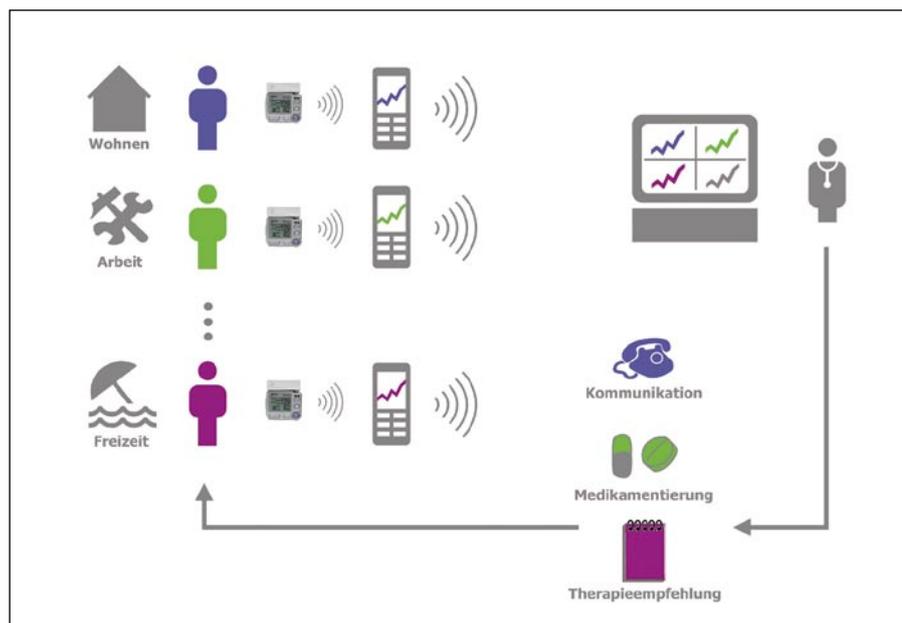


Abbildung 5: Die intelligente Zahnschiene



**Abbildung 6:** Interaktives medizinisches Expertensystem

mit medizinisch geschultem Personal besetzt ist. Das Call Center kann nun, gestützt auf die patientenspezifischen physiologischen Messdaten, mittels einer vorgegebenen strukturierten Befragung weitere Informationen vom Patienten mündlich einholen und diese über eine Wissensdatenbank abgleichen.

Ist der Patient mehrfach Kunde oder ständiger Benutzer dieser Einrichtung, besteht die Möglichkeit, über die vorhandenen Datenprofile die Diagnose zu präzisieren. Da erwiesenermaßen über die Hälfte der kurzfristigen Befindlichkeitsstörungen auch ohne ärztliche Intervention nach drei bis vier Tagen vergehen, könnte der Patient in seiner Situation emotional stabilisiert und mit geeigneten hilfreichen Hinweisen versehen werden. Dieses Vorgehen erspart dem Patienten einerseits unnötige zeitaufwendige und kostenträchtige Arztbesuche und andererseits dem Gesundheitssystem vermeidbare Belastungen.

Interaktive mobiltelefongestützte medizinische Expertensysteme (Abbildung 6) können so einen Beitrag dazu leisten, die Qualität der medizinischen Versorgung bei rückläufiger Kostenstruktur zu verbessern.

Mittlerweile ist die Mehrheit aller Mobiltelefone mit entsprechenden Multimediaeinrichtungen, z. B. Bildaufnahmeeinrichtungen versehen und somit kann ein weiterer Informationskanal zusätzlich

genutzt werden. Damit ist es möglich, in Verbindung mit den sensorisch ermittelten Parametern sich ein umfassendes Bild von der jeweiligen Situation des Patienten zu verschaffen.

Für die Sensorik bedeutet dies, dass auch komplexere optische Informationen genutzt werden können und unter Umständen der Aufwand an elektrischer Sensorik reduziert werden kann.

### Virtual Lab

Um dieses Potential voll auszuschöpfen wird die Telemetric Personal Health Monitoring Plattform in ihrer Leistungsfähigkeit erweitert. Dazu werden die Möglichkeiten und Grenzen von Biofeedbacktherapien im Rahmen eines virtuellen Labors analysiert [7]. Dies erfordert die technische Realisierung der Feedbackstruktur.

Publikationen aus unterschiedlichen medizinischen Disziplinen haben gezeigt, dass die Qualität bei der Erhebung physiologischer Daten an Menschen sehr stark von Ort und Zeitpunkt abhängig ist [8,9]. Im Bereich der Blutdruckselbstmessung spricht man hier vom sogenannten „Weisskitteleffekt“. In einem ersten Ansatz besteht das Labor derzeit aus zehn mobilfunk-gestützten Datenerfassungseinheiten, die über entsprechende Sensoren physiologische Daten übertragen können (Abbildung 6).

Mittels des beschriebenen Virtual Labs ist es möglich, authentische Datenmuster in personalisierter Umgebung der Probanden zu erheben und damit erstmals einen unmittelbaren wirklichkeitsgetreuen Eindruck von beliebigen Interventionsstrukturen zu erhalten.

Das System ist nicht auf die Messung des Blutdruckes beschränkt, sondern kann durch die Integration von weiteren Sensoren, beispielsweise in die Blutdruckmanschette, komplexe interventionskorrelierte Datenmuster erzeugen.

Alle bisher beschriebenen Systeme ermöglichen in einfacher Weise für jeden Nutzer umfangreiche Datenerhebungen. Damit eine komfortable und individualisierte Auswertung ermöglicht wird, ist ein datenbankgestütztes Expertensystem unentbehrlich. Dadurch können Profile über beliebige Beobachtungszeiträume erstellt werden und ermöglichen so eine systemische Diagnostik und verbesserte Therapeutik.

Daran schließt sich konsequenterweise die Realisierung des Telemedizin Centers an.

### Realisierung eines Telemedizin Centers

Um die Entwicklung eines solchen Systems möglichst effizient zu gestalten ist es notwendig, dass das zu seiner Realisierung erforderliche Konsortium über die entsprechenden Teilkompetenzen verfügt. Darum arbeitet der Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik auf diesem Gebiet mit zwei exzellenten, international anerkannten Industriepartnern zusammen. Als Mobilfunk-Provider beteiligt sich die T-Mobile und für den Betrieb des Data Centers samt der dazugehörigen Datenbank-Software die Synergy Systems GmbH. Die medizinische Begleitung und Umsetzung erfolgt in der Klinik Höhenried, das Rehabilitationszentrum am Starnberger See.

Aus dieser Darstellung möglicher Szenarien lassen sich bereits die gesundheitspolitisch und individuell gewünschten positiven Aspekte ersehen. Die skizzierte Vorgehensweise würde sich sowohl in einer Emanzipation des Patienten als auch flankierend in einer deutlichen Kostenreduktion niederschlagen [10, 11]. Weder die Einführung des Buchdruckes noch die

von Telefon und Fax haben das Patient-Arzt-Verhältnis beeinträchtigt.

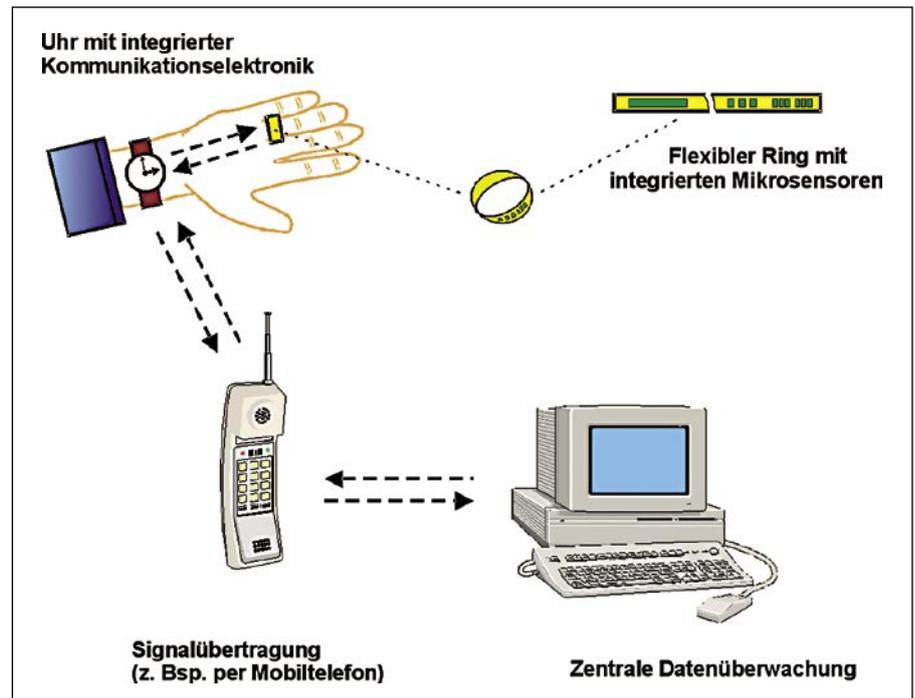
Das Konzept stellt auch keinen Neueinstieg in eine technokratisch orientierte Apparate-Medizin dar. Je nach Vorliebe des Patienten kann er sich beispielsweise eines schulmedizinisch, homöopathisch, oder psychosomatisch orientierten Dienstes bedienen oder die entsprechenden Informationen vergleichend bewerten.

## Prävention und Rehabilitation

Da unser gegenwärtiges Gesundheitssystem überwiegend umsatzorientiert strukturiert ist, kann das vorgeschlagene Modell auch auf eine mobilfunkunterstützte Präventionsstruktur übertragen werden. Eine große Zahl medizinischer Interventionskonzepte ist nicht evidenzbasiert. Durch den Einsatz entsprechender Datenbanksysteme kann der Nutzer sich im Vorfeld über bestimmte Vermeidungsstrukturen informieren oder aber sich dahingehend beraten lassen, inwieweit die Wahrscheinlichkeit des Eintretens bestimmter medizinischer Ereignisse durch entsprechende Vorbeugemaßnahmen zu beeinflussen ist. Auch hier können entsprechende sensorunterstützte Parameterverlaufsbeobachtungen hilfreich sein [12].

Ein solches Vorgehen wird am Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik mit der Entwicklung eines sensorbestückten Fingerringes verfolgt (Abbildung 7) [3]. Hier sind in die Innenfläche eines Armreifes oder eines Fingerringes Sensoren integriert, die physiologische Parameter (Bspw. Hautfeuchte, pH-Wert, Temperatur etc.) aufnehmen und über ein entsprechendes Transponder-System an eine Datenbank weiterleiten. Die Kontrolle ausreichender Flüssigkeitszufuhr ist u. a. ein zentraler Aspekt in der Prävention von Kreislaufkrankungen und solcher des Zentralnervensystems.

Bei den präventionsgewidmeten mobilfunkunterstützten Informationssystemen hat der Benutzer den Vorteil, dass er möglichen Risiken vorbeugen und damit kostenträchtige Behandlungsmaßnahmen vermeiden kann. Zwar verlagert sich in diesem Fall ein beschreibbarer Anteil bisher in Arztpraxen entstehenden Umsatzes an den „Gesundheits-Provider“, doch könnten Krankenkassen beispiels-



**Abbildung 7:** Fingerring als Sensorträger zur biomedizinischen Datengewinnung (DPA 100 06 598)

weise entweder, sich an diesem Service beteiligen, oder aber die Benutzung eines solchen Service durch eine individuelle Reduzierung der Prämie honorieren. Die bisherige Situation im Gesundheitswesen ist dadurch gekennzeichnet, dass nur in geringem Umfang verhaltensorientierte Präventionsstrukturen gefördert werden.

Der emanzipierte Patient in einer zukünftigen Informationsgesellschaft wird die Vorteile einer solchen Struktur sehr schnell erkennen und zu nutzen wissen.

Unter Fachleuten ist man sich zunehmend einig darüber, dass die gegenwärtig praktizierende Generation an Medizinern überwiegend große Mängel in ihren Anamnese-Fähigkeiten zeigt und zusätzlich in der Anzahl der zur Verfügung stehenden Therapeutika hoffnungslos überfordert ist. Die durch Qualitätsmängel in der Ausbildung entstehende diagnostische Unsicherheit führt je nach Temperament des behandelnden Arztes entweder zu kostenträchtigen Interventionsaktivitäten oder zu fahrlässig hervorgerufenen Unterlassungen.

Mobilfunkgestützte Expertensysteme könnten hier die Tätigkeit des Arztes qualitativ verbessern und zur Vermeidung unnötiger Mehrausgaben im Gesundheitswesen beitragen.

## Literatur

1. A. Scholz, V. Lob, J. F. Clauss, J. M. Herrmann, B. Wolf: „Einbindung von Sensorsystemen in das TPHM-System“, Biomedizinische Technik Band 49, pp. 224-225, 9/2004
2. www.lme.ei.tum.de
3. Wolf, B.: Einrichtung zur Früherkennung von kritischen Gesundheitszuständen, insbesondere bei Risikopatienten. Offenlegungsschrift DE 100 06 598 A 1, Deutsches Patent- und Markenamt, 2001
4. Praxis Depeschen Award 2004
5. A. Scholz in Jörg Eberspächer, Arnold Picot, Günter Braun: „eHealth: Innovations und Wachstumsmotor für Europa“ Kapitel 18, Seiten 261- 268, Springer 2005
6. J.F. Clauss, A. Scholz, H.-G. Gruber, A. Probst, B. Wolf: Telemetric diagnosis system for bruxism and sleep diseases. IFMBE Proceedings 11(1), ISSN: 1727-1983, 2005, The 3rd European Medical and Biological Engineering Conference EMBEC'05
7. P. Friedrich, A. Scholz, J. Clauss, D. Benning, B. Wolf: Virtuelles Labor zur Analyse personalisierter akustischer Biofeedback-Therapien, Fortschritte



- der Akustik: 32. Deutsche Jahrestagung für Akustik DAGA '06, Braunschweig, ISBN: 3-9808659-2-4, S. 711-712
8. Herrmann, J.M., Lisker, H., Dietze, G.J. (Hrsg.): Funktionelle Erkrankungen. Diagnostische Konzepte, Therapeutische Strategien. Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore, 1996
  9. F.P.Cappuccio et al., BMJ 329, 145-148, 2004; H. Schäfer et al., Praxis Klinische Verhaltensmedizin und Rehabilitation 2005, 68, 61-70
  10. H.-G. Gruber, A. Scholz, J. Clauss, B. Wolf: A new health care value chain through mobile telemetric Systems, Proceedings of the IADIS International Conference; 27 - 30 June 2005, Qawra, Malta, p.266-273
  11. Jäckel, A. (Hrsg.): Telemedizinführer Deutschland, Ausgabe 2006
  12. B. Wolf, A. Scholz, J.M. Herrmann: „Mikoelektronische Sensoren als Schlüsselbauelemente für telemetrische Health-Care Systeme“, Biomedizinische Technik Band 49, pp. 400-401, 9/2004

### **Kontakt**

**Prof. Dr. rer. nat. Bernhard Wolf**  
*Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl  
für Medizinische Elektronik  
an der Technischen Universität  
München  
Arcisstr.21  
80333 München  
Tel.: + 49 (0) 89 / 2 89 - 2 29 47  
Fax: + 49 (0) 89 / 2 89 - 2 29 50  
wolf@tum.de  
lme.ei.tum.de*