

Mobilfunk-gestützte medizinische Wissensbasis mit sensorisch interaktiven Systemen

Qualitätssteigerung und Kostenreduktion in der medizinischen Versorgung durch den Einsatz moderner Technologien für Diagnostik und Therapie

Die soziodemografische Situation einerseits sowie die Kostensituation im Gesundheitswesen andererseits erfordern dringend den Einsatz effizienter und gleichzeitig humaner Behandlungsstrategien. Einsparungen dürfen nicht auf Kosten von Qualität und Quantität der medizinischen Versorgung erfolgen, sondern sie müssen durch deren Strukturierung zustande kommen. Dies beinhaltet sowohl den Einsatz moderner Technologien zur Diagnostik und Therapie, also im eigentlichen medizinischen Tätigkeitsfeld, als auch die Verwaltung von Patientendaten in elektronischen Patientenakten mit dem Ziel der ständigen Zugriffsmöglichkeit über medizinische Netzwerke.

Im praktischen Alltag der Gesundheitsversorgung zeigt sich ein hohes Mass an Überversorgung, unnötiger Mehrfachdiagnostik und nicht kohärenten Behandlungskonzepten. Patient und Arzt stehen dieser Situation teils hilflos

Bernhard Wolf, Alexander Scholz, Tobias Henning

gegenüber, teils wird diese Situation gewollt herbeigeführt. Um Diagnostik und Therapie auf wesentliche Massnahmen zu beschränken, fehlen dem medizinischen Personal der ständige Zugang über medizinische Datenbanken zur Krankengeschichte des Patienten und dessen alte Befunde. Der Patient kann – auf Grund seiner geringen Fachkenntnisse – nur bedingt über seine Krankengeschichte berichten und somit auch nur beschränkt helfend eingreifen.

In diesem Zusammenhang kann die moderne Informations- und Kommunikationstechnik bei der Aufgabe, die Gesundheitsversorgung strukturierter und effizienter zu gestalten, eine grosse Hilfe darstellen. Am Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik der Techni-

schen Universität München wird aus diesem Grund an mobilen, kabellosen Sensorsystemen gearbeitet. Ein solches System besteht aus einem miniaturisierten Sensor und einer Weiterleitungseinheit. Damit werden die mit dem Sensor gemessenen Daten an ein Mobiltelefon, ein PDA oder einen PC gesendet. Der Patient hat nun die Möglichkeit, seine Werte unmittelbar in einer grafischen Auswertung zu betrachten. Weiterhin können die Werte an eine Datenbank – z.B. beim Arzt – übermittelt werden. Dieser Informationsfluss funktioniert auch in die Gegenrichtung. So kann der Arzt beispielsweise seine Bemerkungen und Anweisungen an die Patienten senden.

Diese Abläufe nennt man «Medizin der Nähe». Sie symbolisieren das Heranbringen der ärztlichen Leistungen trotz räumlicher Trennung. Hier können beispielsweise sensorisch interaktive Mobiltelefonsysteme in Verbindung mit speziell ausgerüsteten Call Center erste diagnostische Hilfeleistungen bieten, sie können den Patienten Ereignis-bezogen betreuen und die Handlungsstrategie koordinieren.

Mit dieser Art von System werden Mobilität und Flexibilität gewährleistet, die

dem Patienten eine angenehme Therapie ermöglichen, ohne den gewohnten Tagesablauf zu behindern.

Ein weiterer, nicht unwichtiger Pluspunkt solcher Systeme ist die günstige Realisierbarkeit. Durch die in das Messgerät integrierte Sendeeinheit entfallen bisher notwendige, teure Displays am Gerät selbst, da die Daten an ein vorhandenes Gerät weitergeleitet werden. Dies bedeutet eine Einsetzbarkeit als «stand alone»-Medizingeräte sowie in der Telemedizin.

Telemedizin

Nach der von M. J. Field vorgeschlagenen Definition «Telemedicine is the use of information and telecommunication technologies to provide and support healthcare when distance separates the participants» [1] ist die Telemedizin die Schnittstelle von Telekommunikation und Informatik (= Telematik) im Bereich Gesundheitswesen und kann so eine medizinische Versorgung auch bei räumlicher Trennung gewährleisten. Aus technischer Sicht umfasst das Konzept drei Bereiche:

- die Generierung von Daten am Patienten mittels medizinischen Messgeräten (Blutdruck, Puls, EKG¹), Sauerstoffsättigung²) usw.) sowie die Generierung von Bildern (Radiologie, dermatologische Ferndiagnostik usw.) und Tönen (Konsultation per Bildtelefon);
- die Übertragung der Informationen zwischen Patient und medizinischem Personal;
- die medizinische Zentrale zur Auswertung und Archivierung der Daten und zur Planung des weiteren Vorgehens.

Die Einführung der Telemedizin wirkt sich sowohl im Sinne einer Qualitätssteigerung als auch im Sinne einer Kostenreduktion auf die medizinische Versorgung aus [2]. Aus diesem Grund wird dem telemedizinischen Markt ein sehr hohes Wachstum prognostiziert [3]. Zudem hat die deutsche Bundesregierung für das Jahr 2006 einen gesetzlichen Rahmen geschaffen, um die Einführung sol-

cher Programme zu beschleunigen. Krankenkassen und Ärzte, die ihren Patienten *Disease-Management-Programme*³⁾ anbieten, werden finanziell unterstützt [4]. Im Februar 2002 hat das Bundesministerium für Gesundheit auf der Grundlage der Empfehlung des Koordinierungsausschusses zunächst vier für Disease-Management-Programme geeignete Krankheiten benannt: Brustkrebs, koronare Herzkrankheit, Diabetes Mellitus und chronisch-obstruktive Atemwegserkrankungen.

Aus der Beschleunigung und der Vereinfachung der Kontaktaufnahme zwischen Patient und Arzt entstehen qualitative Verbesserungen in der medizinischen Versorgung. Ausserdem können die gewonnenen Informationen kontinuierlich in eine Datenbank eingelesen werden, um später jederzeit mit neuen Daten ergänzt und abgeglichen zu werden. Die Kommunikation ist durch parallele Datenübertragung (Bild, Daten, Ton) wesentlich informativer, als dies bei einem normalen telefonischen Gespräch der Fall ist. Verwendbare Techniken sind mobile oder feste Systeme der Telekommunikation;

vor allem Bluetooth und UMTS⁴⁾ bieten neue Möglichkeiten durch hohe Übertragungsraten.

Auf die Kosten der Gesundheitsversorgung wird sich die telemedizinische Betreuung senkend auswirken, sieht man von hohen Investitionen in die Etablierung des Systems ab. Datengestützte telefonische Konsultationen werden Arztbesuche teilweise ersetzen, vermeidbare Mehrfachdiagnostik wird durch die universale Konsultation der Patienten-Datenbanken weit gehend entfallen. Durch die Verlagerung von Diagnostik, Überwachung und Pflege in den häuslichen Bereich sinken die Kosten für stationäre Behandlungen. Zusätzlich ist mit einem Rückgang der Notarzttalarmierungen und einem schnelleren und gezielteren Einsatz der Rettungskräfte zu rechnen, denn die datengestützte Telekommunikation (EKG, Puls, Blutdruck, Pulsoxymeter⁵⁾, Blutzucker usw.) zwischen Patient und Notfallzentrale lässt erste medizinische Rückschlüsse zu.

Neben den Auswirkungen auf Qualität und Kosten verschafft die telemedizinisch gestützte Gesundheitsversorgung

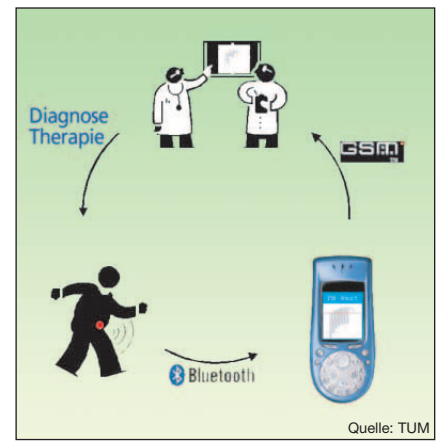


Bild 1 Der Patient benötigt keine datenverarbeitende Infrastruktur

Auf der Anwendersseite ist kein PC nötig. Dennoch hat der Patient die Möglichkeit, Messwerte zu beobachten. Dem medizinischen Personal stehen alle Möglichkeiten der modernen Informationsverarbeitung zu Verfügung.

dem Patienten ausserdem einen Gewinn an Lebensqualität. Die Vereinfachung der Kommunikation wird die Betreuung in den häuslichen Bereich verlagern und

| System | Firma | Einsatzbereich | Funktion | Besonderheit | Datenübertragung |
|--|--|--|--|--|----------------------|
| Pen-PC ¹⁾ | Kratzer Automation AG, Uni-Regensburg | Notfallmedizin: Einsatzprotokollierung, Einsatzplanung | Übertragung von Messwerten und Patientendaten an Rettungsleitstelle zur Einsatzplanung | Kabellose Datenübertragung von Messgeräten auf Pen-PC | Bluetooth, GPRS |
| Tosca ²⁾ | Augenklinik rechts der Isar, 21 Kliniken in Europa | Augenheilkunde: Glaukomdiagnostik, Früherkennung der diabetischen Retinopathie | Echtzeit-Telescreening-Dienst zur Diagnostik, Standardisierung von Behandlungsmethoden | Internationale Kommunikationsinfrastruktur, Standards: XML, DICOM, CORBAmed, TrustHealth | Festnetz |
| CardioMonitor ³⁾ | UbiCom GmbH Hohen Neuendorf | Homecare: Überwachung von Risikopatienten | EKG-Pflaster, GSM-Sendeinheit in Gürtel integriert | Mobiles EKG, Datenübertragung über HSCSD-Standard | GSM |
| Dermo Genius ⁴⁾ | Rodenstock, Uni-Regensburg | Dermatologie: Frühdiagnostik des malignen Melanoms | Auflichtmikroskopische Aufnahmen mit Spezialgerät «Dermo Genius», Versand der Bilder an Spezialisten | Ferndiagnostik, Fernkonsultation von Spezialisten | Festnetz |
| WellMate ⁵⁾ | Nokia | Diabetes: Fernüberwachung | Messwertübertragung per SMS an Zentrale | Übertragung per Handy, zentrale Datenspeicherung | GSM (SMS) |
| Herz Handy ⁶⁾ | Vitaphone | Kardiologie: Fernüberwachung | EKG-Aufzeichnung, Übertragung per GSM an Zentrale, Notruffunktion | Medizinische Zentrale (24/24, 7/7), GPS | GSM |
| Glucophone, VasoPhone ⁷⁾ | Vitaphone | Diabetes, Kardiologie: Fernüberwachung | Blutzucker- und Blutdruckmessung, Übertragung per Bluetooth und GSM an Zentrale, Notruffunktion | Medizinische Zentrale (24/24, 7/7), GPS | GSM, Bluetooth |
| «Kabelloses Patientenbett» ⁸⁾ | Colorado MEDtech | Intensivmedizin | Kabellose Geräteanbindung | Kabelloser Patient, Bluetooth | Bluetooth, IEEE 1073 |

¹⁾ http://www.akutmedizin.de/telemedizin/f_enp.htm

²⁾ Tele-Ophtalmological Services Citizen Centered Applications, <http://tosca.gsf.de>

³⁾ <http://www.ubicom.org/>

⁴⁾ www.dermogenius.com

⁵⁾ <http://www.tucs.fi/Publications/techreports/TR258.pdf>

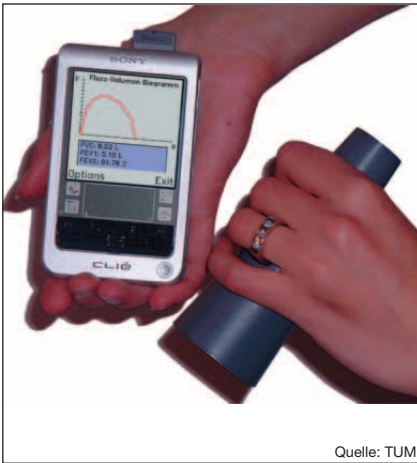
⁶⁾ <http://www.vitaphone.de>

⁷⁾ <http://www.vitaphone.de>

⁸⁾ <http://www.cmed.com>

Tabelle 1 Auflistung verschiedener – vornehmlich mobiler – Telemedizinssysteme aus verschiedenen Anwendungsbereichen

Es wurde eine Auswahl interessanter Technologien getroffen, die für die Projektplanung wichtig sind.



Quelle: TUM

Bild 2 Kompaktes neues Spirometer

Die Weiterleitung der Daten kann über Mobiltelefon oder PDA erfolgen

somit dem Patienten vermeidbare Arztbesuche, beispielsweise für Kontrollmessungen, ersparen können. Der Patient kann in seiner gewohnten Umgebung telemedizinisch überwacht werden, wo er sich sicher und versorgt fühlen kann. Die Daten werden dem Arzt online übermittelt, und über die Datenbank hat der Arzt direkten Zugriff auf die komplette Krankengeschichte. So können Wiederholungsuntersuchungen umgangen werden, neue Daten werden mit alten abgeglichen, und viele Anliegen können vielleicht in einer einzigen Konsultation geklärt werden.

Der medizinische Notfall verdeutlicht dies beispielhaft: Auch wenn erwiesenermaßen die meisten der kurzfristigen Befindlichkeitsstörungen ohne ärztliche Intervention nach einigen Tagen vergehen, muss das akute Beschwerdebild des Patienten ärztlich abgeklärt werden. Der Patient kann nun aber telemedizinisch untersucht werden. Auf Grund der Diagnose kann dies zu einer Alarmierung des Rettungsdienstes führen, oder aber der Patient wird in seiner Situation emotional stabilisiert und mit geeigneten hilfreichen

Informationen versehen. Dieses Vorgehen erspart dem Patienten einerseits unnötige zeitaufwändige Arztbesuche und andererseits dem Gesundheitssystem vermeidbare Belastungen durch unnötige Rettungsmaßnahmen. Interaktive Telefon-gestützte medizinische Expertensysteme können so einen Beitrag dazu leisten, die Qualität der medizinischen Versorgung bei rückläufiger Kostenstruktur zu verbessern.

Stand der Technik

Die Vorhersage, dass die Telemedizin während der letzten 10 Jahre das Gesundheitssystem verändern würde, ist nicht eingetreten. Die Entwicklung ist – vor allem in Europa – weit hinter den Erwartungen zurückgeblieben. Dennoch wurden viele Studien durchgeführt (Tabelle I), Projekte gestartet und auch Firmen gegründet, welche die Basis für die baldige alltägliche Anwendung darstellen. Das am Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik erstellte Konzept einer interaktiven Mobilfunk-gestützten Wissensbasis basiert auf diesen Ergebnissen, aber auch auf eigenen Entwicklungen.

Begrenzte Sendekapazitäten und zu hoher Energieverbrauch telemedizinischer Produkte im Zusammenhang mit der fehlenden Standardisierung von Schnittstellen verminderten die Verbreitung dieser Technologie. Zudem sind beinahe alle derzeitigen Produkte in diesem Bereich sehr Technik-bezogen und fordern ein entsprechend hohes Verständnis für Technik. Deshalb wurden die von Fachpersonal betreuten Projekte, wie beispielsweise das elektronische Versenden von Röntgenbildern, von den Patienten akzeptiert, während Patienten-bezogene Systeme auf Grund ihrer Komplexität von den Patienten abgelehnt wurden.

Die Entwicklungen im Bereich des Mobilfunks stellen die Situation der Telemedizin heutzutage anders dar. Die hohe Flächendeckung der Mobilfunktechnolo-

gie und die aktuellen Übertragungsraten ermöglichen eine nutzbringende Anwendung (Tabelle II).

Ergebnisse

Ziel der am Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik durchgeführten Entwicklungen ist die Kombination miniaturisierter Sensoren für medizinische Messungen mit der mobilen Kommunikationstechnik. Es sollen kleine und mobile Geräte entstehen, welche der Patient jederzeit mit sich führen kann. Die miniaturisierte Sensorik baut auf verfügbare Systeme auf und integriert eigene Neuentwicklungen. Die Datenübertragung basiert ebenfalls auf aktuellen Standards (Bluetooth, GPRS⁶⁾, UMTS). Wesentlich hierbei ist der Datenversand vom Endgerät per Bluetooth an eine zentrale Übertragungseinheit in Patientennähe, weil die entsprechenden Bluetooth-Module wesentlich kleiner sind als die anderer Übertragungsstandards [5]. Die Daten werden dann entweder direkt gespeichert oder mittels geeigneter Kommunikationstechnologien über grössere Entfernungen z.B. an ein medizinisches Call Center oder einen Arzt weiter versendet (Bild 1).

Spirometer zum Messen der Lungenfunktion

Ein Beispiel für diesen Bereich ist das an der TU München entwickelte Lungenfunktionsmessgerät (Spirometer, Bild 2).

Der Anwendungsbereich des Geräts liegt in der Peak-Flow-Messung⁷⁾ [6] und der dadurch einfach möglichen Diagnose von Asthmaerkrankungen. Damit ein Arzt solche Aussagen treffen kann, müssen bei den Patienten über einen Zeitraum von 2 Wochen mehrere Messungen durchgeführt werden. Da Atemwegserkrankungen bei rund 10% der Bevölkerung verbreitet sind [7], ist eine positive Diagnose sehr wahrscheinlich. Leider sind nur wenige Ärzte mit einem herkömmlichen Spirometer ausgestattet. Sicherlich sind die Gründe dafür in der fehlenden Mobilität sowie im Fehlen der automatisierten Datenübertragung und auch in den hohen Anschaffungskosten zu suchen.

Das am Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik entwickelte Spirometer dagegen ist klein, günstig und einfach zu bedienen.

Der Patient muss das Gerät lediglich einschalten. Daraufhin wird automatisch eine Verbindung zu einem Mobiltelefon aufgebaut und die Software (Bild 3) gestartet. Diese fordert den Anwender auf, in das Spirometer zu pusten (Bild 4a), wo

articles spécialisés

| | Übertragungsrate | Anwendungsbereich | Besonderheit |
|-----------|------------------|--|---|
| GSM | 9,6 KBit/s | <ul style="list-style-type: none"> • Textbasierte Anwendung • Grafik mit niedriger Auflösung | veraltet |
| GPRS | 53,6 KBit/s | <ul style="list-style-type: none"> • Einfache Bilder | Verbindung «Always on» |
| UMTS | 384 KBit/s | <ul style="list-style-type: none"> • Bilder hoher Auflösung • Grosse Datenmengen | Keine Flächendeckung vor 2008 |
| Bluetooth | 1 MBit/s | <ul style="list-style-type: none"> • Kurze Distanzen • innerklinischer Kabelersatz | <ul style="list-style-type: none"> • max. 200 m • kaum Störung durch Hindernisse • keine Verbindungskosten |

Tabelle II Standards in der Mobilfunktechnologie: Übertragungsraten und Bedeutung für die mobile Telemedizin

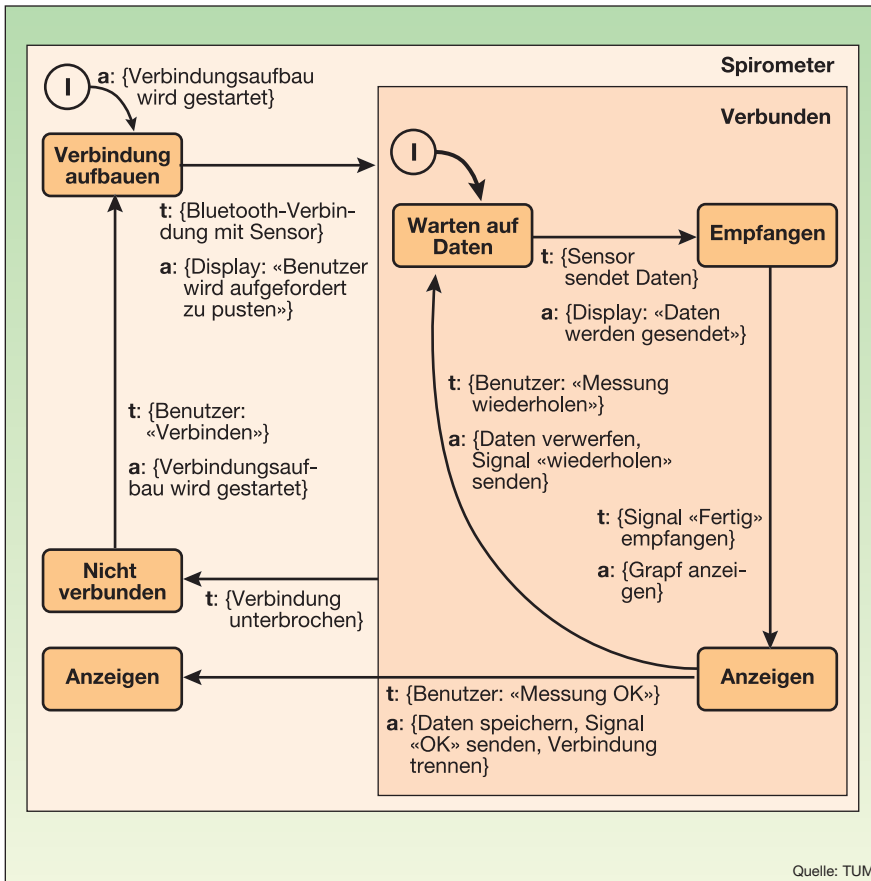


Bild 3 Detaillierter Programmablauf einer Software für die Kommunikation zwischen Sensor und Mobiltelefon am Beispiel des Spirometers

a: Aktion; t: Task; die Software wurde in C++ programmiert und läuft auf einer Symbian-OS-Plattform [7]

mit einem Gasdurchflusssensor die entsprechenden Werte gemessen werden. Danach werden die Daten via Bluetooth⁸⁾ [8] an das Mobiltelefon übermittelt (Bild 4b) und der Patient kann den zeitlichen Verlauf von Atemfluss und Volumen, sowie die implizierte Flow-Volumen-Funktion in grafischer Auswertung betrachten (Bilder 4c–f).

Nun ist eine erneute Messung oder die Speicherung der Daten möglich (Bild 4g). Wählt der Anwender die Speicherung, ist damit sogleich eine Weiterleitung der Daten per E-Mail an den Arzt

verbunden. Der Arzt kann mit Hilfe einer Auswertesoftware, die diese E-Mails automatisch empfängt, die Messwerte und Daten übersichtlich darstellen. Der Patient entscheidet in Absprache mit seinem Arzt über die Methode und Häufigkeit der Versendungen. So kann er beispielsweise nach jeder Messung (oberes Beispiel) jeden Sonntagabend oder bei Erreichen eines Alarmwerts automatisch die Messwerte versenden lassen. Da diese Funktionen für die Therapie von massgeblicher Bedeutung sind, können diese Einstellungen nur vom Arzt – aller-

dings mit Einwilligung des Patienten – eingestellt werden. Der Patient hat die Möglichkeit, anhand einer Logliste die Transaktionen zu beobachten, und kann im Falle eines Datenmissbrauchs seinen Sensor deaktivieren.

Das Fingerring-Projekt

Ein weiteres, in Ansätzen bereits realisiertes Beispiel ist das Fingerring-Projekt des Heinz-Nixdorf-Lehrstuhls (Bild 5, [9]). Hier sind in die Innenfläche eines Ringes (alternativ könnte auch eine Armbanduhr oder ein Armband verwendet werden) Sensoren integriert, die physiologische Parameter (Hautfeuchte, Puls, Temperatur, Blutzucker, O₂Sat²⁾) aufnehmen und über ein entsprechendes Transponder-System an eine Datenbank weiterleiten. Zwischen Sensor und medizinischer Zentrale ist ein Mobiltelefon oder eine Heimstation zwischengeschaltet, die sich in der Nähe des Patienten befinden und die Messdaten des Sensors oder auch anderer Sensoren sammelt und an ein medizinisches Call Center weiterleitet. Durch diese Zwischenstation kann die Datenübertragungselektronik im Sensor wesentlich miniaturisiert werden: Der Datenversand vom Endgerät findet per Bluetooth statt, die aufwändigere GPRS-Elektronik wird aus dem Sensor ausgelagert.

Ein grosses technisches Problem bei der Verwirklichung dieses Prinzips ist die mangelnde Verfügbarkeit miniaturisierter Sensoren. Die aktuelle Sensortechnik für diese Anwendungen basiert daher im Wesentlichen auf bereits etablierten Verfahren und ist nur bedingt verkleinerbar. Die angestrebte Miniaturisierung erfordert also technische Neuentwicklungen oder verschiedene Anpassungen etablierter Verfahren: Für die Pulsoxymetrie⁵⁾ scheint ein Abweichen von der üblichen Transmissionsmessung zum reflektorischen Messprinzip notwendig, während für die Blutzuckermessung neue Techniken wie die Iontophorese⁹⁾ verwendet

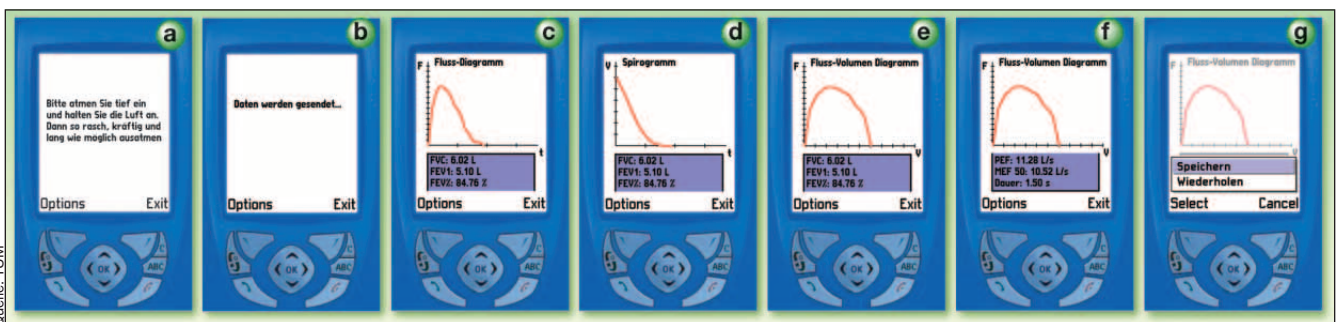


Bild 4 Veranschaulichung der verschiedenen Programmstadien während einer Spirometeranwendung

Auch ohne Bedienung am Mobiltelefon werden die Werte nach 5 Minuten gespeichert

werden können. Zur Messung des Flüssigkeitshaushalts kann ein sich derzeit am Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik in der Entwicklung befindender Impedanz-Haut-Sensor verwendet werden.

GPRS und UMTS sind verfügbare Techniken und bieten für die anfallenden Datenmengen ausreichende Übertragungsraten (53,6 KBit/s bzw. 384 KBit/s). Zur Datenarchivierung und -auswertung bietet sich Software an, die teilweise bereits in den Kliniken verwendet werden (SAP¹⁰, XML¹¹, DICOM¹², TrustHealth¹³); die Schaffung eines neuen Standards wäre hier allerdings sinnvoll. Die Voraussetzung zur Datenübertragung mit Bluetooth wurde in der Arbeitsgruppe des Lehrstuhls bereits geschaffen und an anderen sensorischen Messaufbauten erprobt [8].

Die Planung telemedizinischer Vorhaben sollte sich an bereits durchgeführten Studien orientieren und die vorhandene Infrastruktur verwenden. Die technische Machbarkeit mobiler Telemedizin wurde bereits in Studien demonstriert (Tabelle I). Die Zielsetzung weiterer Arbeiten in diesem Bereich sollte sich allerdings in einigen Punkten von bisherigen Projekten unterscheiden:

- Viele bisherige Pilotprojekte waren weder rentabel noch wirtschaftlich sinnvoll; sie waren vornehmlich Machbarkeitsstudien. Die technischen Entwicklungen sind inzwischen soweit abgeschlossen, dass zukünftige Studien ein fertiges praktikables Produkt und keinen Prototypen anstreben sollten.
- Eine maximale Miniaturisierung sowie die drahtlose Anbindung ermöglichen die Mobilität der Patienten und erhöht somit die Akzeptanz.
- Die gemessenen Parameter sollten – zumindest im Anfangsstadium – nicht zur Überwachung von Vitalfunktionen dienen. Dies erleichtert die Zulassung, reduziert die Skepsis vor neuer Technik und erhöht die Akzeptanz unter Medizinern.
- Für die Rentabilität eines medizinischen Call Center sind grosse Patientenzahlen nötig, weshalb das Entwicklungsziel ein praktikables Produkt für die Erprobung an einem grossen Patientenkollektiv sein sollte. Diese Perspektive für zukünftige Anwendungen wird die Akzeptanz bei den Krankenkassen als zukünftige Kostenträger und bei der Industrie als zukünftigem Betreiber erhöhen.
- Die Projektplanung ist darauf ausgelegt, die vorhandene Technik so schnell wie möglich in ein grossflächig

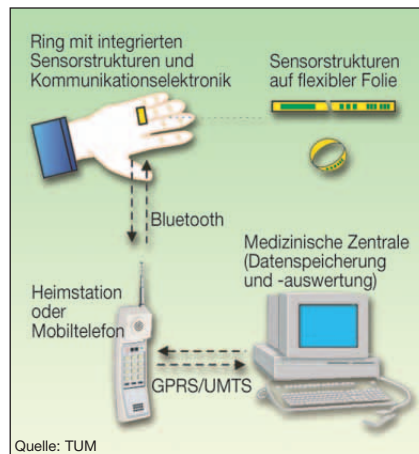


Bild 5 Schematische Darstellung des Ring-Projekts

Die Daten werden mit Mikrosensorstrukturen aufgezeichnet, zur medizinischen Zentrale übertragen und dort gespeichert und ausgewertet.

verfügbares Produkt mit Serviceumgebung umzuwandeln. Hierzu werden das medizinische und elektrotechnische Know-how sowie die bereits abgeschlossenen Entwicklungen des Heinz-Nixdorf-Lehrstuhles für Medizinische Elektronik verwendet. Eine Kooperation mit Mobilfunkbetreibern für die mobile Technik und die Netzbennutzung, mit Betreibern von Call Center zum Aufbau der medizinischen Zentrale und mit Krankenkassen zur Planung der zukünftigen finanziellen und praktischen Integration in die Gesundheitsversorgung bietet sich an.

Im Zentrum der Produktentwicklung sollten Patienten und Ärzte stehen, denn wie schnell und wie erfolgreich sich die mobile Telemedizin in das Gesundheitswesen integrieren wird, hängt letztlich davon ab, in welchem Masse die gewonnene Flexibilität und Freiheit von Patienten angenommen und von Ärzten verordnet werden wird.

Referenzen

- [1] M. J. Field: Telemedicine: a guide to assessing telecommunications in health care. Washington DC, National Academy Press, 1996.
- [2] Roland Berger & Partner GmbH: Telematik im Gesundheitswesen – Perspektiven der Telemedizin in Deutschland. 1997.
- [3] D. Kalanovic, M. O. Schurr: Studie Mikro Medizin. Studie im Rahmen des Verbundvorhabens IMEX gefördert im BMB-Förderschwerpunkt Mikrosystemtechnik 2000+, November 2003.
- [4] Gemeinsame Erklärung von dem Bundesministerium für Gesundheit und dem Aktionsforum Telematik im Gesundheitswesen: Gesetz über elektronische Register und Justizkosten für Telekommunikation (ERJuKoG) 3422 FNA. Bundesgesetzblatt 66: 2002.
- [5] B. Wolf, H. Grothe, A.-M. Otto, M. Brischwein: Microelectronics meets life sciences: Biohybrid mi-

croelectronic components for multiparametric lab-on-chip systems. *mstnews* 37–38, 2002.

- [6] F. Schmidt, G. Thews, F. Lang: Physiologie des Menschen. New York: Springer-Verlag 2000.
- [7] H. S. Füßel: Mehr Luft für Asthmatiker. *MMW – Fortschr. Med.* Nr. 40/2003
- [8] A. Scholz: Bluetooth-Anbindung von Biomodulen zur Messdatenübertragung. Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik, Technische Universität München. Dissertation, 2003.
- [9] B. Wolf: Einrichtung zur Früherkennung von kritischen Gesundheitszuständen, insbesondere bei Risikopatienten. DE 100 06 598 A1. Patent, 2003.

Angaben zu den Autoren

Bernhard Wolf, Prof. Dr. rer. nat., leitete die Abteilung Medizinische Physik und Elektronenmikroskopie an der Universität Freiburg. Dann lehrte er an der Universität Rostock im Fachbereich Biophysik und ist nun Inhaber des Heinz-Nixdorf-Lehrstuhls für Medizinische Elektronik der Technischen Universität München.

Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik, Technische Universität München, D-80290 München, bernhard.wolf@ei.tum.de

Alexander Scholz, Dipl.-Ing., studierte in Davis (Ca) und in München Elektrotechnik. Seit 2001 forscht er als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Telemedizin. Er spezialisierte sich am Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik auf *Telemetric Personal Health Monitoring*.

Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik, Technische Universität München, D-80333 München, alexander.scholz@ei.tum.de

Tobias Henning, Dr. med., hat in Freiburg und Hamburg Humanmedizin studiert. Er hat im Bereich zelluläre Mikrosensorik am Institut für Immunbiologie der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg promoviert. Seit 2002 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik und arbeitet an der Entwicklung miniaturisierter Sensoren für kutane¹⁴ nichtinvasive Messmethoden. Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik, Technische Universität München, D-80290 München, tobias.henning@ei.tum.de

¹ EKG: Elektrokardiogramm.

² Sauerstoffsättigung (O₂Sat). Die Sauerstoffsättigung kann durch die Pulsoximetrie (siehe Fussnote 5) gemessen werden. Dabei werden zwei Lichtimpulse verschiedener Wellenlänge z.B. durch den Finger geschickt. Die unterschiedlichen Dämpfungskoeffizienten sind ein Mass für den Grad der Sauerstoffsättigung im Blut. Mit einer Vielzahl von Krankheiten geht die Abnahme des Sauerstoffgehaltes im Blut einher. Die Pulsoximetrie zusammen mit der Kapnometrie, der Messung der Kohlendioxid-Konzentration in der Ausatemluft, hat zu einem deutlichen Rückgang von Narkosezwischenfällen geführt.

³ Das Konzept für Disease-Management-Programme (DMP, interdisziplinäres Behandeln von Krankheiten) wurde in den USA im Umfeld der Managed-Care-Organisationen entwickelt. DMP sollen bei der Behandlung von Kranken Qualität und Wirtschaftlichkeit miteinander verknüpfen.

⁴ UMTS: Universal Mobile Telecommunications System. Mobilfunk der dritten Generation (daher auch oft als 3G bezeichnet). Wird in der Schweiz GSM ergänzt.

⁵ Pulsoxymeter: Gerät zur kontinuierlichen, nicht-invasiven Ermittlung der arteriellen Sauerstoffsättigung und der Pulsfrequenz. Entsprechend bezeichnet Pulsoxymetrie die nicht-invasive Messung der arteriellen Sauerstoffsättigung.

⁶ GPRS: General Packet Radio Service

⁷ Beim Asthma lassen sich typische Veränderungen in der Lungenfunktion messen. Die Verengung der Atemwege (Bronchien) bewirkt einen erhöhten Widerstand beim Ausatmen. Mit der so genannten Peak-Flow-Messung, bei welcher der Patient selbst zu bestimmten Uhrzeiten oder bei bestimmten Beschwerden eine Messung seiner Atemleistung durchführt, kann die zeitliche Dy-

namik der Erkrankung erfasst und somit Verbesserungen und Verschlechterungen der Lungenfunktion frühzeitig erkannt werden. Für die Messung bläst der Patient stark in das Messgerät. Die maximale Atemströmung in Litern pro Minute wird vom Gerät protokolliert und kann abgelesen werden. Gemessen wird dabei mit einem «Segel», das durch den Atemstoss gegen die Kraft einer Feder bewegt wird.

⁸ Bluetooth Special Interest Group. [http://www. bluetooth.com](http://www.bluetooth.com) 2000

⁹ Iontophorese: Ionen werden mit Hilfe von Gleichstrom durch die Haut in den Körper eingeführt, wobei sie von der inaktiven Elektrode (Metallelektrode über einer mit der Arzneimittellösung getränkten Gaze-, Watte- oder Filterpapierschicht) in untere Hautschichten eindringen und in den Blutkreislauf gelangen. Diese Technik stellt einen sicheren, ökonomischen und bequemen Weg dar, elektrisch neutrale oder geladene Medikamente durch die Haut zu verabreichen.

¹⁰ SAP: Active Server Pages

¹¹ XML: Extensible Markup Language

¹² DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine. Software, welche die Bilder automatisch verlustfrei komprimiert, verschlüsselt und an eine definierte externe Zielstation sendet.

¹³ TrustHealth: Trustworthy Health Telematics. EU-Projekt zur Erstellung eines einheitlichen CardTerminal Application Programming Interface.

¹⁴ Kutan: die Haut betreffend.

Base de savoir médicale assistée par radio mobile à systèmes interactifs sensoriels

Amélioration de qualité et réduction des coûts dans les prestations médicales grâce aux technologies modernes de diagnostic et de thérapie

La situation socio-démographique d'une part et celle des coûts dans le domaine de la santé d'autre part rendent urgente l'application de stratégies de traitement plus efficaces et néanmoins à la mesure humaine. Les économies ne doivent pas être réalisées aux dépens de la qualité et de la quantité des prestations médicales mais par leur structuration. Cela englobe aussi bien l'application des technologies modernes de diagnostic et de thérapie, donc le domaine médical proprement dit, que la gestion des données de patients dans des dossiers électroniques permettant l'accessibilité permanente par des réseaux médicaux.