

# Mobile Teleradiologie mit CHILI

U. Engelmann<sup>1</sup>, T. Schweitzer<sup>2</sup>, A. Schröter<sup>2</sup>, E. Borälv<sup>3</sup>, H.P. Meinzer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg

<sup>2</sup> Steinbeis-Transferzentrum Medizinische Informatik, Heidelberg

<sup>3</sup> Universität Uppsala, Uppsala, Schweden

## Einführung

Teleradiologiesysteme sind bis heute auf stationäre Computer mit kabelgebundenen Netzwerken angewiesen gewesen. So basiert auch das von den Autoren aufgebaute CHILI-Teleradiologienetzwerk mit seinen über 60 Installationen in Deutschland und den USA auf stationären Rechnern, die entweder über ISDN, das Internet oder Standleitungen miteinander verbunden sind.

Ende 1998 hatten die CHILI-Entwickler die Idee, ihre Teleradiologiesoftware mit einem Mobiltelefon und einem Persönlichen Digitalen Assistenten (PDA) zu vereinen (s. Abb. 1). Der Teleradiologie-Anwender sollte den Rechner bequem in der Tasche mitnehmen können und unabhängig vom Standort drahtlos Bilder empfangen und in der Telekonferenz synchron mit einem Kommunikationspartner ansehen und bearbeiten können.

Zur Realisierung einer solchen Vision waren allerdings Ressourcen für Hardware und für die Softwareentwicklung notwendig, die bisher nicht zur Verfügung standen. Deshalb wurde nach entsprechenden Fördermitteln und geeigneten Partnern für ein Projekt gesucht. So kam es schließlich zur Gründung eines Konsortiums, das einen erfolgreichen

Projektantrag im Forschungsprogramm "Information Society Technologies" (IST) der Europäischen Kommission stellte.

## 2 EU PROJEKT MULTIMEDIA TERMINAL MOBILE (MTM)

Das EU-Projekt Multimedia Terminal Mobile (MTM) wird von der Europäischen Kommission im Förderprogramm IST von Januar 2000 bis Dezember 2001 gefördert [1]. Das Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Persönlichen Digitalen Assistenten (PDA), der die Verarbeitung und Übertragung von multimedialen Daten (z. B. Bilder, Video und Audio) erlaubt. Er bietet Internetzugang mit entsprechenden Funktionen für WWW, e-mail etc.. Die Datenkommunikation erfolgt über die 3. Generation der mobilen Telefonie, UMTS [2]. Im Rahmen des Projektes werden professionelle Anwendungen realisiert, die die Machbarkeit der Projektziele nachweisen: ein digitaler Touristenführer, eine Anwendung für das Entfernte Lernen (Distance Learning) und ein Teleradiologiesystem [1].

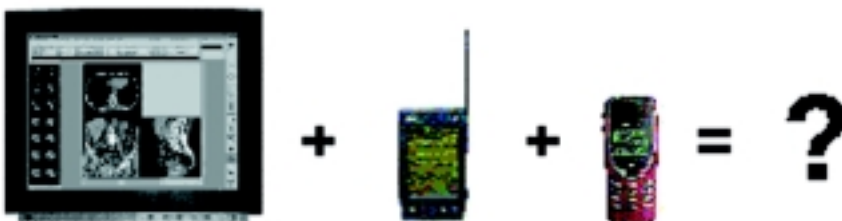
Projektpartner sind hierbei: Die Firma Pointercom (Rom, Italien) ist technischer Projektkoordinator. Die Firma ist auf mobile Telefonie und Internet-Telefonie spezialisiert. Die Stadt Rom ist Finanzkoordinator des Projektes und inhaltlich an der Entwicklung

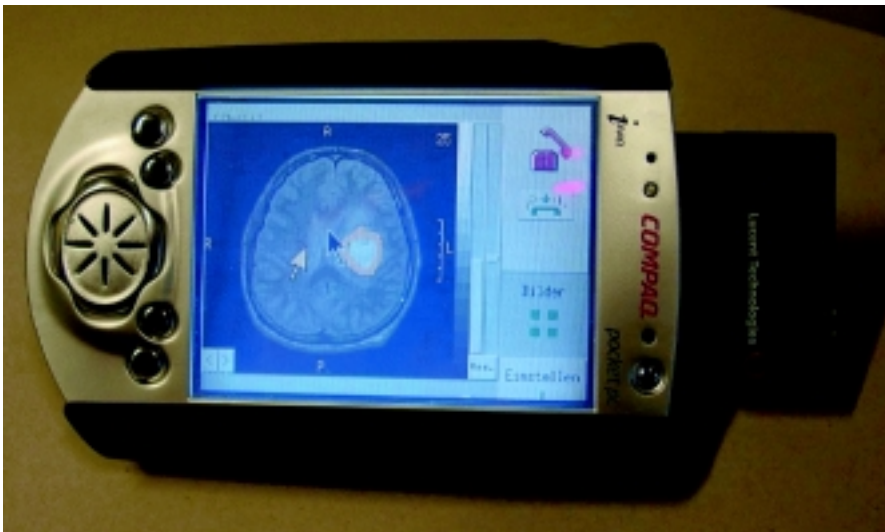
eines Museumsführers für das Museum der Stadt Rom (Museo di Roma) beteiligt. Die für das Projekt benötigte PDA-Hardware wird von den Firmen Matla (Madrid, Spanien) und dem Marktführer für integrierte UMTS Chips, die Firma Sirius in Brüssel, Belgien, entwickelt. Basisfunktionen für Multimediaanwendungen, wie z.B. das Videokonferenzmodul, werden von der Firma Systemas Espertos (Madrid, Spanien) realisiert. Die Fachhochschule Madrid ist verantwortlich für die Lernanwendungen. Die Universität Avignon entwickelt Spracherkennungssoftware für den MTM-PDA, mit der die Software verbal gesteuert und auch der Sprecher erkannt werden kann. Die Teleradiologiesoftware für den PDA wird gemeinsam vom Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) und dem Steinbeis-Transferzentrum Medizinische Informatik (STZ-MI), beide in Heidelberg, Deutschland, konzipiert und entwickelt. Dabei liegt der Schwerpunkt des DKFZ in der Konzeption und Evaluation, während das STZ-MI primär für die Softwareentwicklung verantwortlich ist. Die Telemedizinanwendung wird von den deutschen Partnern DKFZ (Abt. Onkologische Diagnostik und Therapie) und der Radiologie im Klinikum Nord in Nürnberg, sowie von zwei Spanischen Partnern in der Clinica Femenia, Palma de Mallorca, Spanien und dem Sanatorio del Rosario, Madrid, Spanien definiert und in klinischer Routine evaluiert.

In diesem Beitrag liegt der Schwerpunkt auf der Teleradiologieanwendung. Weitergehende Aspekte der anderen Projektaktivitäten sind auf der Homepage des Projektes unter <http://www.mtm-project.com/> zu finden [1].

### Abbildung 1

Die Vision: Vereinigung von radiologischer Workstation, PDA und Mobiltelefon.





**Abbildung 2**  
 Prototyp "Avignon" in der Telekonferenz mit einem stationären CHILI (zwei Mauszeiger). Prototyp während der Evaluation (rechts am Gerät die Funk-LAN-PC-Card)

### 3 Vorgehen bei der Softwareentwicklung

#### 3.1 Projektphasen für die Teleradiologie

Die Realisierung der Teleradiologiesoftware erfolgt in mehreren Phasen, die sich zum Teil zyklisch wiederholen. In der ersten Phase wurden von den medizinischen Endanwendern Anwendungsszenarien definiert, in denen der Einsatz eines mobilen Teleradiologiesystems auf einem PDA mit drahtloser Datenübertragung sinnvoll ist. Folgende Szenarien wurden dabei identifiziert [3]:

- Bessere Erreichbarkeit von Oberarzt/Chefarzt
- Modalität an der "langen Leine"
- Neurochirurgische Notfallkonsultation
- Zugang zu Bildern am Krankenbett
- Konsultation von Spezialisten für funktionelles MR

In der zweiten Phase wurden für jedes Anwendungsszenario die spezifischen Benutzeranforderungen an Hardware und Software von den Anwendern erfragt. Diese wurden von etwa 40 Radiologen in Deutschland und Spanien mit einer gesamten professionellen Erfahrung von mehr als 400 Jahren in Form eines Fragebogens erfaßt und ausgewertet.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung bilden die Grundlage für Konzeption und Realisierung des zu entwickelnden Systems [3].

Im nächsten Schritt folgte die Umsetzung in Prototypen. Schwerpunkt war hierbei insbesondere die Erprobung von neuen Konzepten für die Benutzungsschnittstelle, da zur Eingabe von Daten und die Steuerung des Programms weder eine Tastatur noch eine Maus mit drei Maustasten zur Verfügung stehen. Auch ein kleinerer Bildschirm mit einer Auflösung von nur 320x240 Bildpunkten ist eine Herausforderung für die Konzeption der Mensch/Maschine-Schnittstelle.

Die Evaluation der Prototypen durch Anwender war die nächste Projektphase. Hierbei wurde den Anwendern in Einzelsitzungen zunächst der Prototyp erklärt und anschließend wurden eine Reihe von Aufgaben gestellt, die diese selbständig durchführen mußten. Die Anwender wurden schließlich gebeten, vordefinierte Fragen zu beantworten und ggf. Verbesserungsvorschläge zu machen. Die Evaluationssitzungen wurden schriftlich protokolliert und per Videokamera aufgezeichnet, um später kritische Situationen genauer analysieren zu können. Mehrere Entwicklungs- und Evaluationsphasen wurden im Projekt durchgeführt.

#### 3.2 Die Hardware des MTM-PDA

Im Rahmen eines auf 2 Jahre angelegten Europäischen Projektes läßt sich kein kompletter neuer PDA entwickeln. Daher wurde vom Konsortium ein auf dem Markt befindliches Gerät ausgewählt. Dieses mußte zum einen den in der Umfrage ermittelten Anforderungen der Benutzer entsprechen und au-

ßerdem den technischen Zielen des Projektes im Hinblick auf multimediale Erweiterungen für Videokonferenz und UMTS [2] gerecht werden.

Der iPAQ Pocket PC H3600 der Firma Compaq entsprach in idealer Weise den Ansprüchen sowohl der Entwickler als auch der zukünftigen Endanwender in verschiedenen Bereichen. Der iPAQ kann über sog. Jackets erweitert werden. Von Compaq stehen bereits Erweiterungen z. B. für PC-Cards (PCMCIA) zur Verfügung. Die Schnittstelle zwischen der Jacket-Erweiterung und dem PDA wurde von Compaq offen gelegt. So können auch von Drittherstellern Hardwareerweiterungen entwickelt werden.

Einige technische Kennzeichen des H3600 sind:

- 206 MHz StrongArm RISC-Prozessor
- 32-64 MB SDRAM, 16-32 MB Flash ROM
- TFT Touch Display 320x240 Pixel, 4 bit
- Betriebssystem: Microsoft Windows CE oder Linux (verschiedene Distributionen, z.B. Familiar 0.4)

Als Betriebssystem für den iPAQ stehen Microsoft Windows CE und verschiedene Linux-Versionen, die zum Teil von Compaq selbst unterstützt werden, zur Auswahl. Aufgrund technischer Vorteile und wegen der Forderung der Anwender nach Offenheit für die MTM-Plattform wurde Linux als Betriebssystem ausgewählt.

Die Industriepartner des MTM-Projektes entwickeln ein eigenes Jacket, das die zusätzlich benötigte Hardware, wie UMTS/GSM-Komponenten, Videokamera, IRDA-Schnittstelle, PC-Card-Slot und ein rauschunterdrückendes Mikrofon enthält. Die auf Betriebssystemebene notwendige Schnittstelle zwischen dem iPAQ und dem MTM-Erweiterungsjacket wird ebenfalls im Rahmen des Projektes entwickelt. Dies ist insbesondere durch die Verwendung des offenen Betriebssystems Linux einfacher als in einem kommerziellen Betriebssystem, wie z. B. Windows CE.

Während der Projektlaufzeit stand das MTM-Jacket und insbesondere die Infrastruktur für UMTS [2] noch nicht zur Verfügung. Daher wurde die drahtlose Kommunikation zunächst über ein Funk-LAN (oder WLAN) gem. dem Standard IEEE 802.11b [4] mit Hilfe einer entsprechenden



**Abbildung 3**  
Prototyp während der Evaluation (rechts am Gerät die Funk-LAN-PC-Card)

PCMCIA-Karte in einem PC-Card-Jacket realisiert. Damit kann der iPAQ mit 11 Mbit/sec und einen Access Point (z. B. ORiNOCO WLAN Access Point) in existierende lokale Netzwerke integriert werden und per TCP/IP Daten mit anderen Rechnern austauschen. Da die spätere UMTS-Funkverbindung ebenfalls TCP/IP als Netzwerkprotokoll zur Verfügung stellen wird, können Anwendungen, die in dieser Umgebung entwickelt werden, später ohne Umstellung übernommen werden.

### 3.3 Aufbau auf dem existierenden CHILI-System

Die mobile Teleradiologiesoftware sollte nicht von Grund auf neu entwickelt werden, sondern auf der Basis der existierenden CHILI Softwarefamilie (Steinbeis-Transferzentrum Medizinische Informatik, Heidelberg) realisiert werden [5].

CHILI besteht aus etwa zwanzig eigenständigen Softwarekomponenten, die über ein Nachrichtensystem (middleware) miteinander kommunizieren [6]. Auf der Grundlage dieser Komponenten lassen sich Softwarekonfigurationen für verschiedene Anwendungsszenarien realisieren. Die wichtigsten Komponenten sind der Viewer, die relationale Datenbank und verschiedene DICOM-Komponenten für Versand, Empfang, Query/Retrieve und das Drucken von Bilddaten. Spezielle Softwaremodule wurden für die Teleradiologie auf der Basis eines eigenen Sicherheitskonzeptes entwickelt. So kön-

nen Bilder und Befunde sicher und effizient zwischen den Systemen ausgetauscht und in der Telekonferenz synchron dargestellt und gemeinsam bearbeitet werden.

Auf der Basis der Komponenten lassen sich verschiedene Softwarepakete realisieren. Beispiele sind die PACS-Workstation mit Doppelmonitor und erwei-

terten Funktionen zur Befundung, die klassische Teleradiologieworkstation oder die Empfangsstation beim Arzt im Hintergrunddienst zu Hause. Je nach Bedarf können individuelle Lösungen für spezifische Aufgaben konfiguriert werden. Über die offene PlugIn-Schnittstelle können nachträglich weitere, auch bereits existierende Softwaresysteme, in CHILI integriert werden.

Im Sommer 2001 waren mehr als 60 Systeme in Deutschland und in den USA installiert und werden in den Bereichen PACS, Teleradiologie und Telekardiologie in der täglichen Routine eingesetzt. Fast fünf Millionen Bilder wurden in den letzten 5 Jahren von den Systemen verarbeitet [7].

### 3.4 Herausforderungen auf dem PDA

Im Rahmen des MTM-Projektes sollte der existente Viewer und andere notwendige Softwarekomponenten auf einem PDA portiert werden [1]. Hierfür waren Modifikationen notwendig, da die neue Plattform sich in einigen Punkten stark von der herkömmlichen CHILI-Hardwarebasis (PC unter dem Betriebssystem Linux) unterscheidet:

- Das Display des PDA hat eine reduzierte Bildgröße

von 320x240 Bildpunkten in vier Bit Grauwerttiefe.

- Der Arbeitsspeicher (32-64 MB SDRAM) ist sehr limitiert. Es gibt keine Festplatte, statt dessen ein Flash ROM mit nur 16 MB (32 MB angekündigt). Beide Speicherbereiche müssen sich Betriebssystem und Anwendungen teilen.
- Das Gerät verfügt weder über eine Tastatur, noch eine Maus. Alle Eingaben haben statt dessen mit einem Stift über das berührungsempfindliche Display zu erfolgen. Die graphische Benutzerschnittstelle muß daher den neuen Gegebenheiten angepaßt werden.
- Für die Datenübertragung über WLAN oder UMTS sind keine spezifischen Anpassungen notwendig, da alle existierenden Kommunikationsprotokolle des CHILI-Systems auf TCP/IP basieren. Änderungen betreffen ausschließlich Anpassungen an geringere Übertragungsbreiten.

### 3.5 Entwicklung von Prototypen

Ab Herbst 2000 wurden die ersten beiden Softwareprototypen für das mobile Teleradiologiesystem entwickelt. Ein sog. "Mockup" wurde in der Programmierspra-

**Abbildung 4**  
Evaluations in der Radiologie des Deutschen Krebsforschungszentrums: Dr. Christian Fink (li.) und Tilman Schweizer (re.).







**Abbildung 5**  
Die erste Vollversion von "Mobile CHILI".  
(Beachten Sie die neue Benutzungsoberfläche gegenüber Abb. 2.)

che Java entwickelt. Dieser diente primär der Erprobung von neuen Bedienungsmechanismen über den Stift auf dem berührungsempfindlichen Display. Alle Verarbeitungsfunktionen wurden hierbei simuliert. Der Mockup wurde von Entwicklern und ausgewählten Anwendern evaluiert. Die Ergebnisse flossen direkt in die funktionsfähigen Prototypen ein.

Die ersten funktionalen Prototypen wurden als Modifikationen des existierenden CHILI-Viewers realisiert. Die Funktionen können in folgende Gruppen eingeteilt werden:

- Bilder empfangen (sog. Pager Mode)
- Bilder darstellen und analysieren (Grauwertanalyse, Grauwertfensterung, Lupe, Pan/Zoom, ...)
- Synchrone Telekonferenz (Computerunterstütztes kooperatives Arbeiten)
- Audioverbindung über Internet-Telefonie (H323)
- PACS-Integration (Langzeitarchiv, Modalitäten, Befundungsworkstations etc.)
- Aktive Abfrage von Bildern aus dem PACS
- Sprachsteuerung (Kommando- und Sprechererkennung)

Modifikationen waren notwendig, um die existierende Anwendung an die begrenzten Ressourcen, bzgl. Speicherplatz, Displaygröße und Peripherie anzupassen.

Der erste Prototyp "Palma" (Oktober

2000) lief noch nicht nativ auf dem iPAQ, sondern war ein modifiziertes CHILI, dessen Display (per X-Window-System) auf den iPAQ umgelenkt wurde. Der zweite Prototyp "Avignon" (Dezember 2000) hatte weitere Modifikationen, speziell für die Bedienung per Stift (s. Abb. 2).

Der dritte Prototyp "Madrid" (März 2001) lief erstmals nativ auf dem Prozessor des iPAQ. Die eigentliche Portierung des Quelltextes mit Übersetzung und Einbindung hardwareabhängiger Bibliotheken dauerte weniger als einen Tag. Mehr Aufwand kostete die Reduzierung des durch das Programm beanspruchten Speicherplatzes und die Entfernung nicht benötigter Betriebssystemteile. Denn das Original-Binary des CHILI-Viewers und das Linux-Betriebssystem hätten nicht gemeinsam in das 16 MB große Flash ROM gepaßt. Außerdem wurden zusätzliche Funktionen eingebaut:

- Ein Datenbank-Browser, realisiert als eigener Arbeitsbereich (Worktask) der graphischen Benutzungsoberfläche (GUI), dient der Anzeige und Navigation in der Datenbank, in der die Patienten- und Untersuchungsdaten verwaltet werden (s. Abb. 5).
- Zur Eingabe von Text (z.B. Suche nach bestimmten Patienten) wurde ein On-Screen-Keyboard integriert, das mit dem Stift bedient werden kann.
- Eine weitere neue Worktask dient der Hardwarekontrolle. Hier kann man die Intensität der Hintergrundbeleuchtung des Displays einstellen, das Display für den Stift kalibrieren und die Prozessorgeschwindigkeit verändern.
- Weitere Änderungen des GUI wurden aufgrund von Erfahrungen aus Evaluationen mit Benutzern eingeführt (s. unten).

Die nächste Version "Rome" (Juni 2001) konnte erstmals per Sprachkommando gesteuert werden und Audioverbindungen zu IP-Telefonen (Voice over IP; H323) aufbau-

en. Diese erste Vollversion (Version 1.0) konnte für die selbständige Benutzung von Radiologen im klinischen Alltag, eingebunden in die bildgebende Infrastruktur der Radiologie, freigegeben werden.

### 3.6 Evaluationen durch Anwender

Die Softwareprototypen wurden mehrfach von radiologischen Anwendern in deren klinischer Umgebungen vor Ort mit Routinedaten evaluiert (s. Abb. 3). Die Testumgebung hatte folgende Konfiguration:

- Die bildgebenden Modalitäten der jeweiligen Radiologien (CT, MR) wurden per DICOM an ein stationäres CHILI-System angeschlossen. Dieses wurde bei den spanischen Partnern auf existierenden Unix-Workstations (O2, Firma SGI) installiert. In der Radiologie des Deutschen Krebsforschungszentrums wurde das vorhandene CHILI-PACS System auf Personalcomputern unter Linux verwendet [8].
- Das drahtgebundene LAN (local area network) wurde jeweils um einen ORiNOCO Wireless LAN Access Point erweitert. Dieser erlaubt den Anschluß von Rechnern über drahtloses LAN (WLAN) per Kommunikationsstandard IEEE 802.11b [4].
- Als mobile Geräte wurden iPAQs H3630 (Fa. Compaq) verwendet, die mit einem Erweiterungsjacket für entsprechende WLAN PC-Cards ausgestattet waren. Hardwaredriver für die WLAN-Karten waren unter Linux kein Problem.
- Die Übertragungsbandbreite des WLANs betrug 11 Mbit/sec.
- Routinebilder wurden direkt von den Bedienungskonsolen der bildgebenden Modalitäten (CT, MRI, fMRI, Ultraschall und andere) oder von radiologischen Befundungsworkstations (Advantage Windows, Radworks) per DICOM-Protokoll an die stationären CHILI-Systeme übertragen.
- Von dort wurden die Bilder per WLAN mit dem CHILI-Protokoll auf den iPAQ übertragen.
- Auf dem mobilen Gerät konnten die Bilder dargestellt und analysiert werden.
- In der Telekonferenz konnten Bilder zwischen dem stationären und dem mobilen System synchron besprochen und bearbeitet werden. Die Maus-, bzw. Stiftzeiger

der beiden Kommunikationspartner waren auf beiden Systemen sichtbar.

- Die Sprachverbindung wurde (ab Prototyp "Rome") per "Voice over IP" zwischen dem iPAQ und einem im LAN installierten IP-Telefon (Siemens) durchgeführt.

Im Februar und März 2001 wurde der Prototyp "Avignon" in den Radiologien des Deutschen Krebsforschungszentrums (DKFZ) in Heidelberg, der Clinica Femenia, Palma de Mallorca in Spanien und des Sanatorio de Nuestra Señora del Rosario in Madrid, Spanien, von acht Radiologen und einem Biochemiker evaluiert. Abb. 4 zeigt den Radiologen Dr. Fink (DKFZ) in der Evaluationssitzung mit Tilman Schweizer. Die Ergebnisse der Evaluation waren:

- Der PDA und die Software sind gut für die Anwendungsszenarien geeignet.
- Insbesondere Gewicht und Größe der Hardware und die Größe und die Bildqualität des Displays gefielen den Testpersonen.
- Manche Funktionen waren noch nicht gut bedienbar. Insbesondere die "Tab&Hold"-Funktionalität, mit der die sonst über die rechte Maustaste aufgerufenen Funktionen per Stift aktiviert werden, war sehr gewöhnungsbedürftig und konnte von den Testpersonen nicht sicher bedient werden.
- Die gegenüber herkömmlichen PCs geringere Leistung des Prozessors war Ursache für Bedienungsprobleme bei kontinuierlichen Funktionen, wie z.B. der interaktiven Einstellung der Grauwertfensterung (Level/Window), beim kontinuierlichen Vergrößern von Bildern oder der Lupe.

Aufgrund der gewonnenen Erfahrungen wurden einige Veränderungen an der graphischen Benutzungsoberfläche vorgenommen, die primär die Steuerung und Dateneingabe mit dem Stift betrafen:

- Die Verwendung von "Pop-Up-Menues" wurde, so weit es ging, vermieden, da die Methode "Tab&Hold" (bei der der Benutzer den Stift auf den Bildschirm klickt und dann eine bestimmte Zeit den Stift still hält) nicht besonders gut zu bedienen war. Statt dessen wurden Funktionsknöpfe eingeführt, die direkt angeklickt werden.

- Kontinuierliche Rechenoperationen wurden auf diskrete Operationsschritte umgestellt. Dies betraf vor allem die Funktionen zum Skalieren der Bildgröße (Zoom) und zur interaktiven Modifikation der Grauwertfensterung (Level/Windowing).

Ab Prototyp "Madrid" standen die oben genannten Funktionen den radiologischen Evaluatoren zur Verfügung und wurden ab Juni 2001 im laufenden Betrieb weiter getestet. Die Erfahrungen waren nun:

- Die Benutzbarkeit hat sich noch weiter verbessert. Die Änderungen gefielen den Anwendern generell gut.
- Die neu eingeführte Grauwertfensterung über eine Referenzregion im Bild wurde als schnell und einfach zu bedienen betrachtet.
- Bildgröße verändern und sichtbaren Bildausschnitt verschieben (zoom/pan) waren aus der Sicht der Anwender schnell. Ein einmal eingestellter Bildausschnitt sollte bei einem Wechsel auf das nächste Bild aber erhalten bleiben.
- Die Navigation über das Datenbankinterface hat die Zugriffsgeschwindigkeit auf die Bilder stark verbessert und beschleunigt. Damit war es nun auch möglich, die gesamte Datenbank des vorhandenen PACS (bis hin zu Daten im Langzeitarchiv) abzufragen [8]. Allerdings wird die Performance bei der Navigation in großen Datenbeständen mit mehr als 5000 Patienten schlechter, ist aber immer noch akzeptabel.
- Die Qualität der Sprachverbindung über das Internetprotokoll war gut. Bei gleichzeitiger Durchführung von rechenintensiven Operationen gab es Aussetzer in der Sprachübertragung. Im IP-Telefon hört man die Gegenseite (iPAQ) mit einem etwas störenden Echo, wenn kein Headset verwendet wird.
- Es wurde bemän-

gelt, dass serverseitig (in dieser Prototypversion) synchrone Telekonferenz und Audioverbindung noch getrennt aktiviert werden mußten.

- Die Spracherkennungssoftware zur Steuerung der Anwendung wurde als hilfreich betrachtet.
- (Immer noch mögliche) kontinuierliche Bewegungen der Lupe sind zu langsam und "frieren das Gerät ein".
- Es wurde vorgeschlagen, dass die Bildserien, wie in der stationären Vollversion auch, als kleine "thumbnails" der Bilder dargestellt werden und so die Navigation in großen Datenmengen (Multislice CT mit mehreren hundert Einzelbildern/Serie) beschleunigt werden können.
- Die Anwender wollten die Systeme von nun an in der täglichen Routine verwenden. Primäre Anwendungsszenarien sollten dabei Notfälle und kurze, befundungsrelevante Konferenzen sein.

Die Beseitigung der kritisierten Mängel und der Einbau von vorgeschlagenen Verbesserungen wird in der folgenden Version der Software realisiert.

### 3.7 Ein Nebenprodukt: CHILI auf dem Webpad

Für das Anwendungsszenario "Bilder mitnehmen", z. B. in der Klinik bei der Visite sind mobile Geräte von der Größe eines

**Abbildung 6**  
CHILI-Webpad mit vollem Funktionsumfang der stationären Version und drahtloser Netzwerkanbindung.



PDA's wegen des kleinen Displays nicht geeignet, da hier oft mehrere Personen gemeinsam die Bilder auf dem Display ansehen möchten. Daher wurde Ausschau nach entsprechenden mobilen Geräten gehalten, die ebenfalls keine Maus und Tastatur besitzen und über einen Stift auf dem berührungssensitiven Display bedient werden. Solche Geräte werden bereits seit einigen Jahren auf dem Markt angeboten, waren aber bisher als Nischenprodukte noch relativ teuer und noch nicht sehr leistungsfähig. Zur Zeit werden eine ganze Reihe neuer Produkte unter dem Namen "Webpad" entwickelt, die nicht nur leistungsfähiger sondern auch preiswerter sind.

Ein solches, neues Gerät ist das ProGear (Fa. Frontpath), das auf einem stromsparenden, aber leistungsfähigen Transmeta-Prozessor mit 400 MHz beruht und in das ein drahtloses Ethernet (IEEE 802.11b) eingebaut ist. Das Display hat eine Auflösung von bis zu 1024x768 Bildpunkten. Mit 64-128 MB RAM Hauptspeicher und eingebauter Festplatte ist dies Gerät so leistungsfähig, dass ein gesamtes CHILI-System mit allen Funktionen einer stationären Version ohne Probleme darauf läuft. Diese mobile Version profitiert nun von den Anpassungen des GUI an Stift und berührungssensitivem Display. Damit ist die radiologische PACS-Workstation wirklich mobil geworden. Hiermit sind Online-Abfragen im PACS ebenso möglich, wie synchrone Telekonferenzen (s. Abb. 6).

Erste Tests von Radiologen waren sehr positiv. Es ist nun geplant, dieses System in der täglichen klinischen Routine zu testen. Voraussetzung in der Klinik ist natürlich eine flächendeckende Infrastruktur mit WLAN Access Points, so dass der Zugang zum PACS immer gewährleistet ist. Bei noch nicht ausreichender Abdeckung in der Fläche ist aber auch das Vorladen der relevanten Bilder (z.B. für die Visite) auf die Festplatte eine interessante Lösung.

#### 4 Zusammenfassung und Wertung

Im Rahmen des MTM-Projektes wurde eine mobile Teleradiologieanwendung auf der Basis eines Pocket-PC in mehreren Phasen erfolgreich konzipiert und implementiert. Alle Prototypen wurden von zukünftigen Anwendern evaluiert.

Zusammenfassend kann man sagen, dass das Feedback der Anwender sehr positiv ist.

Die Bildqualität ist (trotz 4 bit Grauwertauflösung!) erstaunlich gut und akzeptiert. Die Bedienungsoberfläche erforderte spezifische, hardwareabhängige Anpassungen.

Die gemachten Erfahrungen zeigen, dass mobile Geräte mit hinreichender Performance, Hauptspeicher und Bildschirmqualität bereits vorhanden, aber auch noch weiter ausbaufähig sind. Ein Engpass auf dem iPAQ ist heute das auf 16 MB begrenzte Flash ROM, in das alle persistenten Daten passen müssen. Dies ist zwar gelungen, aber Versionen mit 32 MB oder mehr würden weiteres Potential für zusätzliche Anwendungen auf dem Gerät ermöglichen. (Auf dem asiatischen und arabischen Markt sind diese bereits verfügbar.)

Nicht vorhandene Gleitkomma-Prozessoren erschweren heute noch sehr rechenintensive Anwendungen, wie Spracherkennung. Dies ist durch Anpassung der Algorithmen auf ganzzahlige Rechenoperationen oder spezielle Floatingpoint-Bibliotheken des Prozessorherstellers zu beheben.

Das MTM-Konsortium hat sich aufgrund der Forderung der künftigen Anwender (und natürlich der Entwickler) für das Betriebssystem Linux (statt Windows CE) entschieden. Diese Wahl hat die Portierung schon vorhandener Anwendungen, nicht nur der Teleradiologie, sehr erleichtert und viel Arbeit und Lizenzgebühren erspart. Einziger Nachteil unter Linux ist, dass es im Moment noch nicht so viele kleine Anwendungen, wie z.B. auf dem PalmPilot oder anderen PDAs gibt. Dieses Problem wird vermutlich mittelfristig durch die Offenheit des Systems gelöst werden.

Die entwickelte Teleradiologieanwendung wird nun weiter in der klinischen Tagesroutine erprobt. Weitere funktionale Erweiterungen finden zur Zeit (8/2001) statt. Ein wichtiger Schritt ist der Einbau eines DICOM-Servers auf dem PDA, der den Hersteller-unabhängigen Versand von Bilddaten per DICOM-Protokoll ermöglicht. Der Datenschutz wird

weiter ausgebaut werden. Die DICOM-TLS-Verschlüsselung ist eine von mehreren Maßnahmen.

Zum Projektende wird es einen Prototypen eines iPAQ-Jackets mit eingebautem UMTS-Chip geben. Sobald die UMTS-Infrastruktur vorhanden ist, wird der Anwender sich wirklich frei bewegen können und das Gerät auch in der Rufbereitschaft überall hin mitnehmen können (s. Abb. 7). Ein Zwischenschritt, oder vielleicht sogar ein Konkurrent zu UMTS, wird die 2,5te Generation der mobilen Kommunikation, GPRS, sein, für das heute bereits Infrastrukturen vorhanden sind, bzw. aufgebaut werden. Erste Versuche mit einem mobilen CHILI-PDA auf GPRS-Basis sind für den Herbst 2001 geplant.

Typischerweise enden geförderte Entwicklungsprojekte nach dem Auslaufen der Förderung. Dass dies nicht immer so sein muß, hat das MEDICUS-Projekt schon einmal bewiesen, aus dem das kommerzielle (Tele-) Radiologiesystem CHILI hervorgegangen ist. In gleicher Weise wird auch das Mobile CHILI vom Steinbeis-Transferzentrum Medizinische Informatik in Heidelberg als Produkt weiterentwickelt und vermarktet werden [5].

#### 5 Danksagung

Wir danken der Europäischen Kommission für die Förderung des Projektes im Rahmen des IST-Programms. Der Deutschen

#### Abbildung 7

Die Vision fast erreicht: Mobile CHILI am Meer.



Röntgengesellschaft danken wir für die Anerkennung unserer Arbeit durch die Verleihung des diesjährigen @Roentgen-Preises.

## 6 LITERATUR

- [1] MTM-Konsortium (Multimedia Terminal Mobile). EU Projekt im IST-Programm (Projekt Nr. MTM IST-1999-11100). URL: <http://www.mtm-project.com/> [zugegriffen 18.8.2001].
- [2] The European Telecommunications Standards Institute (ETSI). Digital cellular telecommunications system; Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); 3rd Generation mobile system Release 1999 Specifications. URL: <http://www.etsi.org/> [zugegriffen 18.8.2001].
- [3] Engelmann U, Borälv E, Schröter A, Bernauer K, Schwab M, Söllig C, Lopez JL, Pappa A, Bahner MR, Loose R, Meinzer HP. Mobile Teleradiologie: Anwendungsszenarien und Benutzeranforderungen. In Jäckel A (Hrsg). Telemedizinführer Deutschland. Ausgabe 2001. Ober-Mörlen: Deutsches Medizin Forum AG (2000) 327-331.
- [4] Wireless Ethernet, Telecommunications and information exchange between systems - local and metropolitan area networks, <http://standards.ieee.org/catalog/IEEE802.11.html>. [zugegriffen 18.8.2001].
- [5] Steinbeis-Transferzentrum Medizinische Informatik, Heidelberg: Die CHILI (Tele-) Radiologie-Produktfamilie. URL: <http://www.-chili-radiology.com/> [zugegriffen: 18.8.2001].
- [6] Engelmann U, Schröter A, Schwab M, Eisenmann U, Meinzer HP. Openness and Flexibility: From Teleradiology to PACS. In: Lemke HU, Vannier MW, Inamura K, Farman AG (Eds). CARS'99. Amsterdam: Elsevier (1999) 534-538.
- [7] Engelmann U, Ellsäcker C, Schwab M, Söllig C, Schröter A, Meinzer HP. Evaluation des CHILI-Teleradiologie-Netzwerkes nach drei Jahren im klinischen Einsatz. In Jäckel A (Hrsg). Telemedizinführer Deutschland. Ausgabe 2001. Ober-Mörlen: Deutsches Medizin Forum AG (2000) 343-345.
- [8] Engelmann U, Schröter A, Schwab M, Eisenmann U, Bahner ML, Delorme S, Hahne H, Meinzer HP. The Linux-based PACS project at the German Cancer

Research Center. Lemke HU, Inamura K, Farman AG, Doi K (Eds). CARS 2000: Computer Assisted Radiology and Surgery. Proceedings of the 14th International Congress and Exhibition. Amsterdam: Elsevier (2000) 419-424.