

Radiologieworkstation CHILI

Sicherer und herstellerübergreifender Bilddatenaustausch mit der erweiterbaren (Tele-) Radiologieworkstation CHILI

Engelmann U, Schröter A, Schwab M, Eisenmann U, Vetter M, Quiles J, Bahner ML, Meinzer HP
Abteilung Medizinische und Biologische Informatik, Abteilung Onkologische Diagnostik und Therapie, Im Neuenheimer Feld 280, 69120 Heidelberg; Steinbeis-Transferzentrum Medizinische Informatik
Im Neuenheimer Feld 517, D-69120 Heidelberg
E-mail: chili@chili-radiology.com; Internet: www.chili-radiology.com

Die Aufgabe der Teleradiologie ist die Übertragung von radiologischen Bildern von einem Ort zu einem anderen zwecks Interpretation und Konsultation. Die digital übertragenen Bilder können anschließend an verschiedenen Orten gleichzeitig dargestellt, bearbeitet und besprochen werden.

CHILI ist eine radiologische Workstation, die neben den klassischen Funktion einer Viewing Station auf die Teleradiologie spezialisiert ist. Entwickelt wurde das System vom Steinbeis-Transferzentrums Medizinische Informatik (STZ-MI) in Heidelberg. Diese junge Technologie-Transferfirma wurde 1995 von Mitarbeitern des Deutschen Krebsforschungszentrums gegründet. Das Ziel dieses Unternehmens ist es, Ergebnisse aus der Grundlagenforschung in Produkte umzusetzen, die direkt dem Arzt oder Patienten zugute kommen.

Die Entwicklung von CHILI beruht auf den zweijährigen Erfahrungen des erfolgreichen Teleradiologie-Projekts MEDICUS-2, das das STZ-MI gemeinsam mit dem Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg unter Finanzierung durch die Telekom-Tochter DeTeBerkom, Berlin, von 1994-1996 durchgeführt hat [1]. Die Entwickler haben sich den Luxus geleistet, die MEDICUS-Software vollständig „wegzuwerfen“ und alles noch einmal neu zu konzipieren und programmieren [2]. Nur so konnten auch alle gemachten Erfahrungen in das neue System, das inzwischen bei über 40 mal in Deutschland, Schweden und in den USA installiert ist, umgesetzt werden.

Die Arbeitsweise im Detail

Datenquellen

Bilder aus verschiedenen Quellen, wie z. B. CT, MR, Videokamera und Ultraschallgerät, können in CHILI importiert werden. Der Transfer der Bilddaten von den bildgebenden Modalitäten erfolgt weitgehend automatisch. In der Regel besteht die Übertragung der Daten aus einem Export-Befehl auf der bildgebenden Modalität. Der Datentransfer erfolgt in der Regel mit dem DICOM-Protokoll (C-Store).

DICOM ist zwar die Methode der Wahl, um Bilddaten zu kommunizieren, aber die noch mangelnde Durchdringung des DICOM-Standards bei den installierten bild-

gebenden Modalitäten macht auch den Anschluß von Geräten über firmenspezifische oder veraltete Standards notwendig. Solche Methoden wurden und werden in enger Kooperation der beteiligten Firmen realisiert [3].

Moderne und gut ausgestattete Radiologien verfügen über digitale PACS-Archive, die ebenfalls über das DICOM-Protokoll abgefragt werden können. Per DICOM-Query/Retrieve kann CHILI die Daten aus solchen Archiven holen.

Die in den Bilddateien enthaltenen alphanumerischen Daten (Patientenname, Identifikationsnummer, Geburtsdatum, Untersuchungsart, Datum, Serien-Nummer usw.) werden in einer SQL-basierten Patientendatenbank gespeichert. Das Datenmodell basiert auf dem DICOM-Datenmodell [4], denn die Erfahrung zeigt, daß die nachträgliche Konvertierung von eigenen Datenmodellen nach DICOM strukturelle Probleme mit sich bringt. Liegen die Bilddaten nicht in digitaler Form

vor, so kann man diese auch über Videokameras, Röntgenfilmscanner oder Dokumentenscanner in das System importieren. Auch das Video-Signal von Ultraschallgeräten kann auf diese Weise analog abgegriffen und digitalisiert werden.

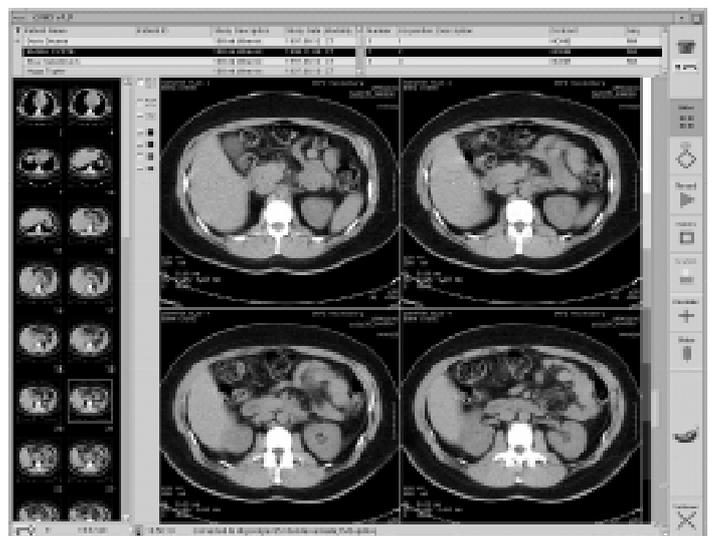
Bei der lokalen Speicherung der Daten werden alle personenbezogenen Daten mit einem symmetrischen Verschlüsselungsverfahren geschützt, um sie so vor unbefugten Zugriffen im lokalen Netzwerk zu schützen. Das Programm nutzt die alphanumerischen Informationen, um somit die Untersuchungen und Bilder in ähnlicher Weise zu präsentieren, wie es der medizinische Anwender (MTRA oder Radiologe) von den CT- oder MR-Konsolen gewohnt ist. Konfrontationen mit dem Betriebssystem, dem Dateisystem oder Transferprogrammen werden dem Benutzer erspart.

Die Graphische Benutzungsschnittstelle

Auf die graphische Benutzeroberfläche des Systems wurde sehr großen Wert gelegt.

Abbildung 1

Die Graphische Benutzungsschnittstelle von CHILI



Das System wird sowohl täglich von erfahrenen Benutzern bedient, andererseits aber auch von unerfahrenen, gelegentlichen Anwendern, die das System vielleicht in der Nacht bei einem Notfall zum ersten Mal allein bedienen müssen. Das Design der Benutzungsschnittstelle basiert auf den Erfahrungen, die die Entwickler gemeinsam mit einem schwedischen Team im Rahmen des EU-geförderten HELIOS-Projektes gesammelt haben [5]. Es basiert auf den Ergebnissen der Forschung in der Mensch/Maschine-Schnittstelle (MMS) und der kognitiven Psychologie. Das Design wurde von den schwedischen MMS-Spezialisten in Kooperation mit den zukünftigen Anwendern iterativ entwickelt und getestet.

Bildversand

Für den Bildversand sind drei Aspekte absolut wichtig:

- Effiziente und intuitive Bedienung
- Herstellerübergreifende Kommunikationsstandards
- Datenschutz

Die Effizienz des Bildversandes zeigt sich darin, dass komplette Untersuchungen mit drei Mausklicks verschickt werden können. Der Absender selektiert zunächst die radiologische Untersuchung über die Studiennummer oder den Patientennamen, wählt den Adressaten aus und aktiviert schließlich den Versand. Darüber hinaus ist es möglich, Untermengen (diagnostisch relevante Bilder) einer Untersuchung zu selektieren. Kurzbefunde und Begleitbriefe können mitgeschickt werden. Die Struktur der Bilddaten in Studien und Serien bleibt dabei erhalten.

Der Absender hat die Möglichkeit, die Rechte des Empfängers an den Bilddaten einzuschränken. So kann dem Datensatz mitgegeben werden, ob der Empfänger die Bilder außerhalb einer Telekonferenz sehen darf oder ob sie nach der Konferenz automatisch gelöscht werden sollen. Auch der Bilddatenexport und das Drucken von Bildern kann der Absender einschränken. Über digitale Signaturen und weitere Maßnahmen werden Urheberchaft, Integrität, Authentizität und Vertraulichkeit der Daten gesichert.

Herstellerunabhängige Versandprotokolle

Um die Anwender nicht in eine hersteller-spezifische Sackgasse zu zwingen, unterstützt das System ein breites Spektrum hersteller-

rübergreifender Protokolle für die Bildverteilung. Für jeden Kommunikationspartner ist getrennt festgelegt, auf welchem Wege er die Daten bekommen soll. Per CHILI-Protokoll kann man an andere CHILI-Workstations Daten versenden. Hierbei kommt das Datenschutzkonzept voll zum Einsatz (vgl. Abschnitt Sicherheitskonzept).

An DICOM-fähige Workstations oder Archive können Daten per DICOM-Protokoll versendet werden. Da DICOM keine Sicherheitsmaßnahmen beinhaltet, sollte der Versand auf diesem Wege nur im geschützten Bereich geschehen, um datenschutzrechtliche Probleme zu vermeiden.

Auch der Versand per E-Mail ist möglich. In diesem Fall werden die Bilder entweder als im JPEG oder als DICOM-Datei als MIME-kompatibles Attachment versendet. Auf diese Weise kann fast jeder Computer-Benutzer erreicht werden.

Weitere Protokolle sind ftp, nfs, rcp http oder per CD-ROM. Die Daten können auch einfach auf die Festplatte exportiert werden. Dabei können die DICOM-Bilder in die weit verbreitete Standard-Formate (z. B. TIFF, GIF, JPEG) umgewandelt werden.

Der Zeitpunkt der Datenübertragung wird vom Benutzer festgelegt. Die Übertragung selbst findet im Hintergrund ohne den Benutzer statt. So können auch günstige Leitungstarife in der Nacht ausgenutzt und Kosten gespart werden.

Ein CT-Bild mit 512x512 Bildpunkten und einer Bildtiefe von 12 bit wird auf zwei B-Kanälen eines ISDN-Basis-Anschlusses (64 kbit/sec pro Kanal) in ca. 33 Sekunden übertragen. Das heißt, die Datenübertragung eines typischen Datensatzes mit 30–60 CT-Bildern dauert etwa 15–30 Minuten ohne Kompression.

Bildkompression

Optional können Bilder für den Bildversand mit der Wavelet-Kompression MT-Wice® (MeVis Technology, Bremen) um den Faktor 10–100 komprimiert werden, was die Datenübertragung entsprechend beschleunigt. Bei einer Kompression um den Faktor 10 sind für den Nicht-Ra-

diologen keine Qualitätsverluste erkennbar. Die Bilder können nach der Kompression immer noch gefenstert werden.

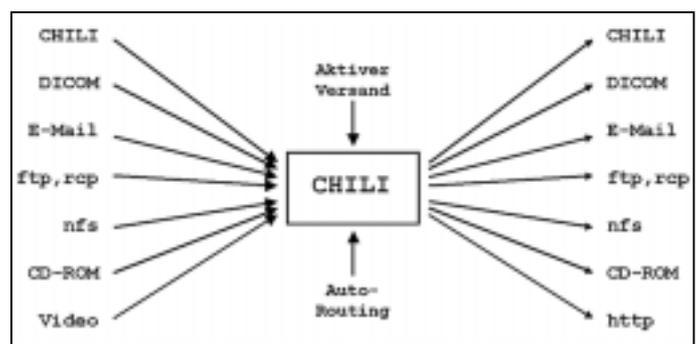
Sicherheitskonzept

Sobald personenbezogenen Daten über (öffentliche) Netze übertragen werden, müssen eine ganze Reihe von Gesetzen und Verordnungen beachtet werden (z. B. Bundesdatenschutzgesetz, Landesdatenschutzgesetz, ärztliche Schweigepflicht, Signaturgesetz, Musterberufsordnungen der Ärzte, Krankenhausgesetz und Sozialgesetz). Daher wurde ein Sicherheitskonzept für den Datenschutz entwickelt und implementiert. Dieses basiert auf dem Bundesdatenschutzgesetz und dem IT-Sicherheitshandbuch des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnologie BSI in Bonn und auch den europäischen Empfehlungen für IT-Sicherheit [6]. Die erarbeiteten Maßnahmen betreffen die Bereiche Organisation, Technik, Schulung und Software. Dieses einzigartige Konzept hat die Empfehlungen des Zentralverbandes der Elektronik- und Elektrotechnik-Industrie ZVEI [7], in der Hersteller, wie Siemens, Philips, Toshiba oder GE Medical Systems zusammengeschlossen sind, für PACS- und Teleradiologiesysteme maßgeblich beeinflusst, daß der CHILI-Sicherheitsstandard somit prägend für andere Systeme in der Zukunft werden wird.

Konsequenzen des CHILI-Sicherheitskonzeptes auf Software-Ebene sind, daß alle lokalen Daten mit einem symmetrischen Verfahren verschlüsselt werden. Für die Kommunikation werden die Datenpakete mit dem Public Key Kryptographie-System PGP verschlüsselt [8]. Dafür wird der öffentliche Schlüssel des Empfängers verwendet. Außerdem werden die Daten mit Checksummen und einer digitalen Unterschrift des

Abbildung 2

Ein- und Ausgabe-Schnittstellen von CHILI



Absenders versehen. Auf diese Weise werden Integrität, Authentizität und Vertraulichkeit der Datenübertragung gesichert. In digital signierten Log-Dateien werden alle Bildübertragungen und Telekonferenzen protokolliert, um im Falle einer Auseinandersetzung vor Gericht nachweisen zu können, daß eine Kommunikation stattgefunden hat.

Der Austausch der öffentlichen Schlüssel erfolgt automatisch durch die beteiligten CHILI-Systeme, so daß der Benutzer hiermit nicht belastet wird.

Telekonferenz und Viewing-Funktionalität

Die Telekonferenz wird mit einem konventionellen Telefonanruf begonnen. Danach starten beide Konferenzteilnehmer ihr CHILI-Programm. Einer der beiden Partner ruft den anderen Partner per Programm an, worauf bei diesem ein rotes Telefon im Programm „klingelt“. Die Verbindung wird aufgebaut, wenn der Angerufene das Telefon anklickt.

Danach werden die vorhandenen Bilddaten auf beiden Seiten abgeglichen, so daß nun nur noch Daten zu sehen sind, die auf beiden Seiten vorhanden sind. Beide Partner können nun gemeinsam Studien, Serien und Bilder auswählen sowie Operationen auf den Bildern durchführen. Alle Aktionen werden auf beiden Seiten synchron durchgeführt. Ein Telepointer zeigt die Mausposition der Partnerseite an.

Abbildung 3

Telekonferenz zwischen einem Radiologen am Deutschen Krebsforschungszentrum und Internisten und Urologen am Ev. Krankenhaus Salem.



Mehrere Bilder können gleichzeitig in verschiedenen Bildteilungen dargestellt werden. Es ist möglich, Grauwerte anzuzeigen und Regionen (regions of interest) zu analysieren (Dichte, Größe, Mittelwert, Standardabweichung). Es gibt eine Lupe, die Bildausschnitte vergrößert.

Der sichtbare Grauwertbereich der 12-bit-Bilder kann mit den Level/Window-Funktionen verändert werden. Mit den Meßfunktionen lassen sich Strecken, Winkel, Rechtecke und Kreise messen. Dabei sehen beide Partner immer exakt die gleichen Bilder und die Position des Mauszeigers des Kommunikationspartners auf dem eigenen Schirm.

Auf Funktionen zur Regelung des Aktionsrechtes wurde bewußt verzichtet. Im praktischen Gebrauch der Software hat sich erwiesen, daß die existierenden Konventionen der zwischenmenschlichen Kommunikation ausreichen. Auf eine Kontrolle durch den Computer kann daher verzichtet werden.

Funktionen über die Teleradiologie hinaus

CD-ROM

Die Bilddaten können zur Archivierung auf CD-ROM geschrieben werden. CHILI verwaltet die archivierten Daten weiterhin in seiner Datenbank. Bei Zugriff auf diese Bilder wird die entsprechende CD-ROM angefordert.

Auch zum Datenaustausch mit anderen Systemen können CD-ROMs verwendet werden. Der verwendete DICOMDIR-Standard gewährleistet, daß dies auch herstellerübergreifend möglich ist.

Bildverteilung per WWW-Technologie

Der CHILI-Webserver stellt die Bilder der Patientendatenbank mit WWW-Technologie zur Verfügung. Von jedem autorisierten Rechner kann man mit den üblichen WWW-Browsern (z. B. Netscape, Internet Explorer) auf die Daten zugreifen. Entsprechende Sicherheitsmaßnahmen sind Teil des Konzeptes (z. B. Benutzerkonzept, Passwort, Verschlüsselung). Der Webserver kann auch als Front-End für ein PACS-Archiv eingesetzt werden.

Die Bildverteilung per WWW-Konzept eignet sich nicht nur sehr gut für die einfache und preiswerte Inhouse-Kommunikation. Auch externen Kommunikationspartnern kann man so Zugriff auf die entsprechenden Bilder ermöglichen.

Aus Sicherheitsgründen wird man zu externen Partnern ISDN als Netzwerkanbindung verwenden. Üblicherweise wird man nicht den gesamten Datenbestand zur Verfügung stellen, sondern nur die jeweils relevanten Daten. CHILI hat dafür entsprechende Mechanismen vorgesehen, die aufgrund der Benutzererkennung den sichtbaren Datenbestand einschränken. Außerdem werden auf den WWW-Server nur die momentan relevanten Daten physikalisch bereitgestellt.

Cache-Mechanismus zum PACS-Archiv

Das System kann als allgemeine radiologische Workstation an einem PACS angeschlossen sein. Dabei hat das System seine eigene lokale Datenbank und auch Zugriff auf das digitale Archiv. Für den Benutzer ist es kein Unterschied, wo die Daten physikalisch liegen.

Werden Daten auf der lokalen Platte nicht gefunden, werden sie auf die lokale Platte geholt und dort zwischengespeichert. Nach welcher Strategie die Daten lokal wieder gelöscht werden, kann konfiguriert werden.

Der Vorteil dieses Mechanismus ist, daß Daten, die kürzlich schon einmal betrachtet wurden nicht wieder aus dem Archiv geholt werden müssen. Zugriffe auf das Archiv werden damit reduziert und das Netzwerk weniger belastet.

Diese Art der Konfiguration bietet sich für die Bildverteilung in einem großen Krankenhaus an. Ein Nebeneffekt ist die Möglichkeit der Telekonferenz, ohne daß die Daten vorher explizit versendet werden müssen.

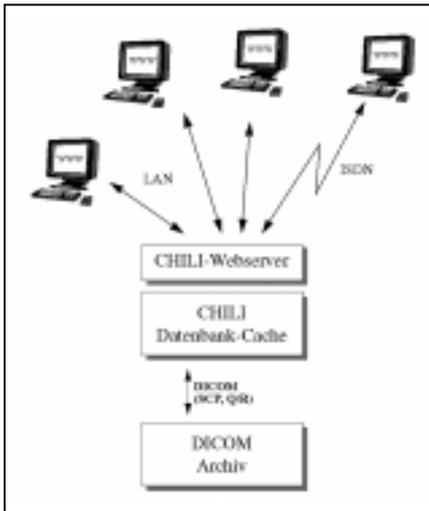


Abbildung 4
Bildverteilung per WWW-Technologie

Das Erweiterungskonzept per CHILI-PlugIn

Das Prinzip

In der computerunterstützten Radiologie ist es heutzutage ein Problem, daß fast jede Anwendung einen eigenen Computer benötigt: Konsolrechner zur Steuerung der bildzeugenden Modalitäten, Viewing Stations zur Befundung und Bildauswertung, Terminals für das Radiologieinformationssystem (RIS) und weitere Rechner für die Textverarbeitung.

Entwickler von neuen Bildauswertungssystemen stehen immer wieder vor dem Problem, daß die existierenden Computersysteme in der Radiologie, wie z. B. die Viewing Stations nicht offen genug sind. Die Hersteller von Viewing Stations erlauben üblicherweise nicht einmal die Installation von zusätzlicher Software auf dem Rechner. Daher muß in der Regel ein weiterer Rechner mit einer anderen Benutzungsschnittstelle und wieder eigenen Schnittstellen „zum Rest der Welt“ angeschafft werden, obwohl der Anwender „nur zusätzliche Funktionen“ auf seine Bilder anwenden möchte. Jeder Entwickler muß für viele Basiskomponenten das Rad zum zweiten oder dritten Mal erfinden, bevor er sich dem eigentlich Problem widmen kann.

Das Ergebnis der dargestellten Probleme ist, daß Entwickler neuer Bildverarbeitungsmethoden sehr viel zusätzlichen Aufwand haben. Die Anwender kommen, wenn überhaupt, sehr viel später und zu einem höheren Preis in den Genuß der neuen Methoden [9].

In CHILI wurde ein sog. PlugIn-Mecha-

nismus realisiert, der die Möglichkeit bietet, existierende Programme ohne Eingriff in deren Quellcode und ohne neues Linken zu integrieren. Hierbei werden verschiedene Methoden unterschieden.:

- Integration von existierenden Programmen, die nicht mehr verändert werden können: Dies ist sinnvoll, um beide Anwendungen konsistent in einer Umgebung zu haben. Am Beispiel der radiologischen Workstation könnte dies die Integration des Radiologie-Informationssystems bedeuten, so daß der Anwender die administrativen, alphanumerischen Daten und die Bilder an einem Bildschirm und in einer Arbeitsumgebung zur Verfügung hat.
- Existierende Anwendungen, für die der Sourcecode vorliegt, werden mit geringem Aufwand an CHILI angepaßt und integriert.
- Der Anwender schreibt neue Zusatzmodule für CHILI. Die neu geschriebenen Module werden von der Hauptanwendung erkannt und können von dieser auch verwaltet werden. Die PlugIns werden als sog. Worktasks realisiert [9]. Sie sind nahtlos in die graphische Benutzungsschnittstelle des Systems integriert, können auf die Datenbank zugreifen und haben Zugang zu den Middleware-Komponenten des Systems. Im Falle von CHILI werden Darstellungselemente (Motif-Widgets) zur Darstellung und Basismanipulation von medizinischen Bildern bereitgestellt. Realisiert werden PlugIns als sog. dynamische Shared Objects. Mit Hilfe von digitalen Signaturen lassen sich PlugIns zertifizieren. Nicht autorisierte PlugIns können auf diese Weise erkannt werden.

Auf dieser Basis wurden und werden Zusatz-Programme nachträglich in das CHILI-System integriert. Beispiele für solche Programme reichen vom Radiologie-Informationssystem bis zu PlugIns für die Planung von Leberresektionen bis zu dreidimensionalen Visualisierungswerkzeugen [10][11].

Einsatz in anderen wissenschaftlichen Bildverarbeitungssystemen

Mehrere Entwicklungsgruppen in der medizinischen Bildanalyse arbeiten an funktionalen Erweiterungen (PlugIns) des Systems. Hierzu gehören unter anderem auch Firmen, die Eigenentwicklungen auf diese Weise einfacher in den Markt bringen. Der

von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Sonderforschungsbereich SFB-414 (Computer- und Sensorgestützte Operationsplanung) benutzt CHILI einerseits, um die medizinischen Testdaten von der Klinik zu den Grundlagenforschern zu bringen und andererseits, um die im Rahmen dieser Forschung entwickelten Prototypen schneller miteinander integrieren und zum klinischen Einsatz bringen zu können [12]. Sieben Arbeitsgruppen an den Universitäten Karlsruhe und Heidelberg, sowie dem Deutschen Krebsforschungszentrum sind am SFB 414 beteiligt [10]. Abbildung 5 zeigt einen Prototypen für die 3-dimensionale Navigation und Visualisierung [12].

In einem vom Tumorzentrum Heidelberg/Mannheim geförderten Projekt wird CHILI als Basis für die Entwicklung eines Leberoperationsplanungssystems verwendet [13][14][15].

Die Auswertung von 4-dimensionalen Ultraschall-Datensätzen wird in einem gemeinsamen Projekt zwischen der Herzchirurgie der Universität Heidelberg und dem Deutschen Krebsforschungszentrum als CHILI-PlugIn realisiert [16]–[19].

Amerikanische Forschungsgruppen, die CHILI als Basis für die Entwicklung neuer Bildverarbeitungsmethoden einsetzen, arbeiten an der Harvard Medical School in Boston (Bildanalyse in der Kardiologie, [20]) und an der University School of Medicine in Stanford, USA, (Bestrahlungsplanung).

Vorteile für Entwickler und Anwender

Der Vorteil der realisierten PlugIn-Technologie liegt in der integrierten und homogenen Systemumgebung für den Anwender. Dies spart nicht nur Zeit für den Anwender, sondern vereinfacht für den Entwickler die Erstellung von neuen Anwendungen, insbesondere die Integration in das klinische Umfeld [21]. Jeder geübte Softwareentwickler ist nun in der Lage CHILI um eigene Funktionen zu erweitern. Dies spart nicht nur Kosten, sondern erleichtert dem Anwender den Umgang mit den neuen Methoden. In der Konsequenz kann der Patient nicht nur effizienter, sondern auch kostengünstiger behandelt werden [22].

Anwendung in klinischer Routine

Knapp über 40 Systeme befinden sich im Juni 1999 im täglichen Routineeinsatz. Das System wurde in den vergange-

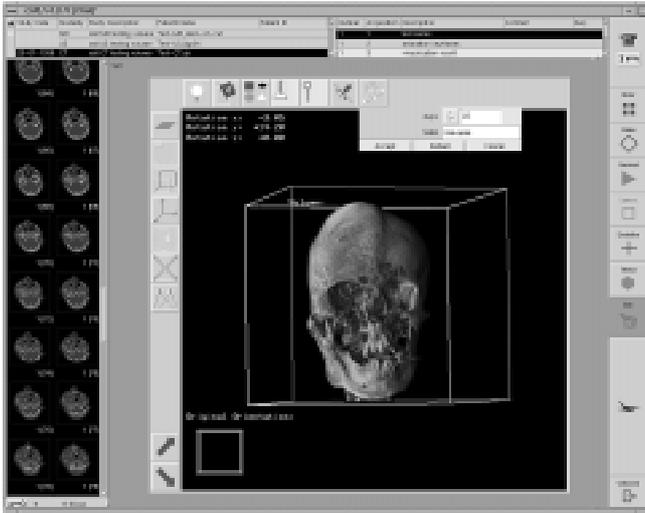


Abbildung 5
CHILI-PlugIn für 3-dimensionale Navigation und Visualisierung

nen 3 Jahren knapp 15.000 mal aufgerufen. Dabei wurden über 270.000 digitale Bilder verarbeitet. Davon wurden mehr als 145.000 Bilder in per ISDN zu anderen medizinischen Partnern verschickt. Üblicherweise besteht ein Paket aus einer Studie mit mehreren Bild-Serien. Die durchschnittliche Anzahl von Bildern pro Studie betrug 42. Es wurden mehr als 1.700 Telekonferenzen durchgeführt. Aus den Accounting-Daten des Systems geht hervor, daß eine typische Konferenz ca. 5 Minuten gedauert. Alle Konferenzen waren kürzer als 10 Minuten. Die typische Zeit zum Versand einer Studie betrug etwa 3 Sekunden. Werden beim Versand auch Kurzbefunde eingetippt, beträgt die Vorbereitung eines Bildversandes durchschnittlich 2 Minuten.

Das entwickelte System zeichnet sich in erster Linie durch seine übersichtliche Bedienbarkeit aus, die auch dem Computeralien eine Nutzung dieser Ressource ermöglicht. Als Aspekte seien hier beispielhaft das sehr einfache Verschicken der Bilddaten zu dem gewünschten Partner, aber auch insbesondere die Übersichtliche Gestaltung der sog. Benutzungsschnittstelle genannt [23].

Im klinischen Einsatz wurde die Teleradiologie sowohl von Seiten der Radiologen, aber auch von den beteiligten Klinikern schnell akzeptiert und in die tägliche Arbeit integriert. einerseits passiert dies durch eine verbesserten und beschleunigten Informationsfluß zwischen Diagnostiker und behandelndem Kliniker.

Anwendungsbeispiele

Ein Anwendungsbeispiel aus dem Deutschen Krebsforschungszentrum soll den Einsatz des Systems erläutern [23]: Die erhobenen Befunde eines Patienten mit unklarer Blutarmut, bei dem in der Computertomographie ein kleines Nierenkarzinom entdeckt wurde, können direkt nach der Untersuchung mit

Hilfe der Teleradiologie an den behandelnden Internisten verschickt werden. In der anschließenden Telekonferenz werden dann die übertragenen Bilder gemeinsam diskutiert und sofort ein Urologe hinzugezogen. Somit können auch alle Fragen dieses Kollegen, die eventuell zur Planung der Operation auftauchen, direkt beantwortet werden und die für den Patienten beste Therapie sofort gemeinsam diskutiert und ausgewählt werden. Der ganze Vorgang dauert dabei teilweise kürzer als der Transport des Patienten zurück in die überweisende Klinik, so daß die notwendige Therapie sofort und ohne Zeitverzögerung in der bestmöglichen Qualität eingeleitet werden kann.

Folgende Anwendungsszenarien wurden von den Anwendern realisiert:

- BILDVersand an Einsender,
- regelmäßige interdisziplinäre Röntgenbesprechung,
- Einholen und Abgeben von Vorabdiagnosen,
- Vernetzung dezentraler Radiologien,
- Ressourcen sharing,
- Datentransfer zur Strahlentherapie-Planung,
- wissenschaftliche Kooperationen und
- Einsatz zur Qualitätskontrolle.

Die Teleradiologie eröffnet darüber hinaus noch Möglichkeiten der Kostenreduktion im Gesundheitswesen, die zunehmende Bedeutung erlangen. Da die behandelnden Kliniker oft die Bilder der durchgeführten radiologischen Untersuchungen benötigen, werden Duplikate der angefertigten Filme zur Verfügung gestellt. Nachteil hierbei sind die anfallenden erheblichen Materialko-

sten. Mit Hilfe der Teleradiologie können diese Bilder wenn nötig sogar mehrfach kostengünstig zur Verfügung gestellt werden, da nur die Nutzung der Telefonleitungen bezahlt werden muß. Für eine einzige übliche Computertomographie ergeben sich hierbei Einsparungen in Höhe von ca. DM 20,-. Denkbar sind darüber hinaus noch weitere Einsparungen zum Beispiel dadurch, daß Patienten schneller und effektiver behandelt und dadurch früher entlassen werden können (sog. Liegezeitverkürzung). Auch heute manchmal nicht zu vermeidende Doppeluntersuchungen könnten mit Hilfe der Teleradiologie vermieden oder zumindest deutlich reduziert werden und damit dem Patienten Wartezeiten und unnötige Belastungen erspart werden. Allerdings sind diese Effekte erst durch einen breiten Einsatz der Teleradiologie meßbar, so daß die tatsächlichen Kostenreduktionen durch die Teleradiologie, die auch ein Beitrag bei der Konsolidierung des bundesdeutschen Gesundheitswesens sein können, erst noch evaluiert werden müssen und derzeit nur als möglicher Trend abgeschätzt werden können.

Zusammenfassung

CHILI ist ein System mit sehr weit entwickelten Teleradiologie-Funktionen. Dabei ist die Basis des Systems eine allgemeine radiologische Workstation, die, wie ähnliche Systeme anderer Hersteller, generell für die Bildbetrachtung und Befundung geeignet ist. Mit seinen Anschlüssen zu DICOM-konformen Archiven und der Möglichkeit der Archivierung ist das System somit eine generelle Workstation im PACS-Umfeld, die sich durch herstellerübergreifende Kommunikationsmerkmale und Sicherheitsfunktionen unterscheidet.

In der Teleradiologie bewirkt CHILI eine Senkung der laufenden Kosten. Einsparungen sind bei Filmmaterial, Patiententransporten, Personal sowie mittels Ressourcen sharing möglich. Dieses Potential übertrifft nach bisherigen Erfahrungen deutlich die anfallenden Nutzungskosten der ISDN-Leitungen. Die Qualität von Diagnostik und Therapie wird durch die direkte Kommunikation zwischen Radiologen und Klinikern verbessert. Durch den beschleunigten Informationsfluß sind weitere Kosteneinsparungen z.B. durch Verkürzung der Liegezeiten im Krankenhaus möglich.

Auszeichnungen

Das CHILI System wurde 1997 mit European Information Technology Prize der Europäischen Union (Esprit) und 1998 mit dem Multimedia-Preis der Deutschen Röntgengesellschaft ausgezeichnet.

8. Literatur

- 1 Bahner ML, Engelmann U, Meinzer HP, van Kaick G. Anforderungen an ein Teleradiologiesystem – Erfahrungen aus dem MEDICUS-2 Feldtest. *Radiologie* 37 (1997) 269–277.
- 2 Engelmann U, Schröter A, Baur U, Werner O, Schwab M, Müller H, Bahner M, Meinzer HP. Second Generation Teleradiology. In: Lemke HU, Vannier MW, Inamura K (eds): *Computer Assisted Radiology and Surgery*. Amsterdam: Elsevier (1997) 632–637.
- 3 Engelmann U, Schröter A, Evers H, Schwab M, Baur U, Meinzer HP. Teleradiology: Not always Plug & Play. A Case Report. In Piqueras J, Carreno JC (eds). *Proceedings of the 16th EuroPACS Annual Meeting*. Barcelona: Vall d'Hebron (1998) 159–162.
- 4 American College of Radiology, National Electrical Manufacturers Association. *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM): Version 3.0*. In ACR/NEMA Standards Publication No. PS3. ACR/NEMA Committee, Working Group.
- 5 Borälv E, Göransson B, Olsson E, Sandblad B. Usability and efficiency. The HELIOS approach to development of user interfaces. *Computer Methods and Program in Biomedicine* 45 (Suppl.) (1994) 47–64.
- 6 Baur, H.J., Engelmann, U., Saurbier, F., Schröter, A., Baur, U., Meinzer, H.-P.: How to deal with Security and Privacy Issues in Teleradiology. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 53, 1 (1997) 1–8.
- 7 ZVEI. Arbeitskreis Vernetzung und Archivierung des Fachverbandes Elektromedizinische Technik im ZVEI e. V.: Positionspapier zu Datenschutz und Telemedizin bei medizinischen Bilddaten. Frankfurt: Zentralverband für Elektrotechnik und Elektroindustrie e. V. (ZVEI), 1997.
- 8 Garfinkel S. PGP: Pretty Good Privacy. Sebastopol: O'Reilly (1995).
- 9 Engelmann U, Schröter A, Baur U, Schwab M, Werner O, Makabe MH, Meinzer HP. Openness in (Tele-) Radiology Workstations: The CHILI PlugIn Concept. In: Lemke HU, Vannier MW, Inamura K, Farman A (Eds). *CAR'98 – Computer Assisted Radiology and Surgery*. Amsterdam: Elsevier (1998) 437–442.
- 10 Evers, H., Mayer A, Engelmann, U., Schröter, A., Baur, U., Wolsiffer, K., Meinzer, H.-P.: Volume visualization and interactive tools plugged into a teleradiology system. *Proceedings of SPIE Conf. on Medical Imaging 1998*. San Diego: SPIE (1998) 20.
- 11 Evers H, Mayer A, Engelmann U, Schröter A., Baur U, Demiris AM, Giess Chr, Wolsiffer K, Meinzer HP. Extending a Teleradiology System by Tools for Visualization and Volumetric Analysis Through a Plug-in Mechanism. *International Journal of Medical Informatics* 53 (1999) 265–275.
- 12 Evers H, Weingärtner T, Salb T, Mayer A, Gieß C, Meinzer HP, Dillmann R. Interaktive Visualisierung und Simulation zur Planung chirurgischer Eingriffe. *Informatik Forsch. Entw.* 14 (1999) 9–15.
- 13 Glombitza G, Lamadé W, Demiris AM, Göpfert MR, Richter G, Otto G, Lehnert Th, Bahner ML, Meinzer HP, Herfarth, Ch.: Computer aided planning of liver tumour resection. *Caramella: 15th International EuroPACS Meeting, Pisa, 1997*. Brussels: EuroPACS Association (1997) 215–218.
- 14 Thorn M, Sonntag S, Glombitza G, Lamadé W, Meinzer, HP. Ein interaktives Tool für die Segmenteinteilung der Leber in der chirurgischen Operationsplanung. In Evers, H. et al. (Hrsg.): *Bildverarbeitung für die Medizin - Informatik aktuell*, Springer (1999) 155–159.
- 15 Glombitza G, Lamadé W, Demiris AM, Göpfert M, Mayer A, Bahner ML, Meinzer, H.-Meinzer HP, Richter G, Lehnert T, Herfarth C.: Virtual planning of liver resections: image processing, visualization and volumetric evaluation. *International Journal of Medical Informatics* 53 (1999) 225–237
- 16 DeSimone R, Glombitza G, Vahl CF, Albers J, Meinzer HP, Hagl S. Three-Dimensional Color Doppler: A New approach for Quantitative Assessment of Mitral Regurgitant Jets. *J American Society Echocardiography* 12,3 (1999) 173–185.
- 17 Glombitza G, DeSimone, R, Mende U, Merdes M, Krempien R, Zerfowski D, Vahl, CF, Meinzer HP, Hagl S. Neue klinische Anwendungen der dreidimensionalen Rekonstruktion in der echographischen Diagnostik. *Informatik Forsch. Entw.* 14 (1999) 16–23.
- 18 DeSimone R, Glombitza G, Vahl CF, Albers J, Meinzer HP, Hagl S. Three-dimensional color Doppler for assessing mitral regurgitation during valvuloplasty. *European J of Cardio-thoracic Surgery* 15 (1999) 127–133.
- 19 DeSimone R, Glombitza G, Vahl CF, Albers J, Meinzer HP, Hagl S. Assessment of Mitral Regurgitant Jets by Three-Dimensional Color Doppler. *Ann Thorac Surg* 67 (1999) 494–499.
- 20 Heiland M, Makabe M, Pearlman JD, Meinzer HP. The Cyclic Cylinder Model – A new Approach to Segment and Analyze Image Data of the Moving Heart. In Lemke, H.U. et al. (eds.): *Computer Assisted Radiology, CAR '96: Proceedings of the International Symposium on Computer and Communication Systems for Image Guided Diagnosis and Therapy*. Amsterdam: Elsevier (1997) 203–208.
- 21 Engelmann U, Schröter A, Baur U, Schwab M, Werner O, Meinzer HP. Das CHILI-Plug-in Konzept: Funktionale Offenheit in einer radiologischen Workstation. *Fortschr. Röntgenstr.* 168 (1998) S177–178.
- 22 Engelmann U, Schröter A, Baur U, Schwab M, Werner O, Dörries J, Meinzer HP. Funktionale Offenheit in einer radiologischen Workstation: Das CHILI-PlugIn-Konzept. In Greiser E, Wischnowsky M (eds). *Methoden der Medizinischen Informatik, Biometrie und Epidemiologie in der modernen Informationsgesellschaft*. Proceedings 43. Jahrestagung der GMDS. München: MVV (1998) 194–197.
- 23 Engelmann U, Bahner ML. Teleradiologie: Verbesserung der Kommunikation in der radiologischen Diagnostik. In: *Krebsforschung heute. Berichte aus dem Deutschen Krebsforschungszentrum 1998*. Darmstadt: Steinkopf (1998) 139–145.