



Dr. sc. hum. Uwe  
Engelmann

Deutsches Krebs-  
forschungszentrum  
Heidelberg,  
CHILI GmbH, Heidelberg

E-Mail:  
u.engelmann@dkfz.de

## Teleradiologie: Der Weg von der Forschung in die Regelversorgung

Die Teleradiologie ist vermutlich das am weitesten entwickelte Gebiet der Telemmedizin. Seit der Verbreitung des DICOM-Standards werden medizinische Bilder in Tausenden von Installationen versendet. Die dabei eingesetzten Technologien haben sich im Laufe der Jahre immer weiter entwickelt. Heutige Anwender können zwischen verschiedenen technischen Lösungen auswählen. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Entwicklung der Technik und Anwendungsszenarien der Teleradiologie, sowie aktuelle Trends aus persönlicher Sicht.

### Einführung

Der Beitrag basiert auf den langjährigen Erfahrungen in der Teleradiologie, die der Autor seit Anfang der 90er Jahre im Rahmen von wissenschaftlichen und kommerziellen Projekten gesammelt hat.

Die Entwicklung begann in den frühen 90er Jahren mit dem von der DeTeBerkom geförderten MEDICUS-Projekt. Auf der Basis einer Systemanalyse bei zukünftigen Anwendern wurde ein reines Teleradiologie-Projekt entwickelt und zur Vernetzung von dreizehn Kliniken installiert und in Routine eingesetzt. Nach zwei Jahren erfolgreichen Einsatzes der Software mit anschließender Evaluation [1], wurde die Software unter dem Namen CHILI neu konzipiert und ab 1997 als kommerzielles Produkt einer Spin-Off-Firma des Deutschen Krebsforschungszentrums (DKFZ), Heidelberg, auf den Markt gebracht. Dabei wurden wichtige Erkenntnisse aus dem MEDICUS-Projekt berücksichtigt. Eine von mehreren wichtigen Erfahrungen war, dass dedizierte Teleradiologie-Systeme keinen Sinn machen! Denn bei projektbegleitenden Untersuchungen hatten wir herausgefunden, dass die Anwender nur in etwa 30% der Systemnutzungen Teleradiologie machten, sondern tatsächlich sich einfach nur Bilder ansahen – also befundeten! Daraus folgte die Erkenntnis, dass die Teleradiologie in die arbeitstäglichen Routinewerkzeuge, wie z.B. die Befundungsworkstation, und insbesondere in den radiologischen bzw. sogar den klinischen Workflow integriert sein muss.

Die kontinuierliche Analyse der Anwenderwünsche und Verbesserung der Software [2] [3] gehört auch heute noch zu den Prinzipien von CHILI. Benutzeranforderungen werden in Routine gesammelt und dienen als Grundlage für die Weiterentwicklung [4]. Die Konformität zum Medizinproduktegesetz ist dabei eine wichtige Randbedingung.

Mehrere grundlegende Architekturen auf der Basis verschiedener technischer Ansätze wurden so in den letzten Jahren implementiert und heute in der täglichen Routine eingesetzt.

### Teleradiologie-Architekturen

#### Der prinzipielle Unterschied: Push oder Pull?

In der klassischen Architektur eines Teleradiologie-Systems werden Bilder von einem Sender zu einem Empfänger übertragen (Push-Modell). Abbildung 1 zeigt das Prinzip dieser Arbeitsweise: Die Daten werden beim Versand bis auf die Festplatte des Empfängers übertragen. Der Empfänger greift bei der Bildbetrachtung oder -befundung auf seinen lokalen Speicher zu.

Eine andere Möglichkeit stellt das Pull-Modell dar (s. Abbildung 2). Hierbei werden die Daten an einem vereinbarten Platz zur Verfügung gestellt, von dem der Empfänger sich die Bilddaten aktiv abholt. Dies ist in der Regel nicht der PACS-Server, sondern ein dedizierter Server, der sicherheitstechnisch geschützt ist und z.B. in der DMZ (demilitarisierten Zone) steht. Beispiele für solche Server sind Mailserver oder Webserver. Das prinzipielle Merkmal des serverbasierten Pull-Ansatzes ist, dass die Daten erst beim expliziten Zugriff des Empfängers während der interaktiven Benutzung (Webserver) oder durch einen regelmäßigen Abholprozess zum Empfänger gesendet werden (Mailserver).

#### Peer-to-peer oder serverbasiert?

Die Topologie der Netzwerke ist abhängig davon, ob das Push- oder das Pull-Modell zum Einsatz kommt. Abbildung 3 zeigt ein kleines Netzwerk aus sechs Partnern. Wie man leicht sieht, werden für eine bilaterale Vernetzung aller Partner  $(n \cdot (n-1)) / 2 = 15$  Verbindungen benötigt, die sowohl auf Sender- als auch auf Empfängerseite konfiguriert werden müssen und in diesem kleinen Beispiel bereits zu 30 Schnittstellenkonfigurationen führt. Das heißt, dass in bis zu 30 Fällen die Firewall-Einstellungen der Partner beantragt, diskutiert und konfiguriert werden müssen, was zu einem erheblichen Kommunikations- und Diskussionsaufwand mit den für die Netzwerksicherheit verantwortlichen Personen führt.

Betrachtet man dagegen Abbildung 4, das den serverbasierten Ansatz skizziert, so sieht man schnell, dass die Zahl der Verbindungen sich von 15 auf 5  $(n-1)$  reduziert

hat. Somit hat auch die Komplexität der Konfiguration des Netzwerkes stark abgenommen. Für jeden einzelnen Partner bedeutet dies, dass nur noch die Verbindung zum bzw. vom zentralen Server konfiguriert werden muss.

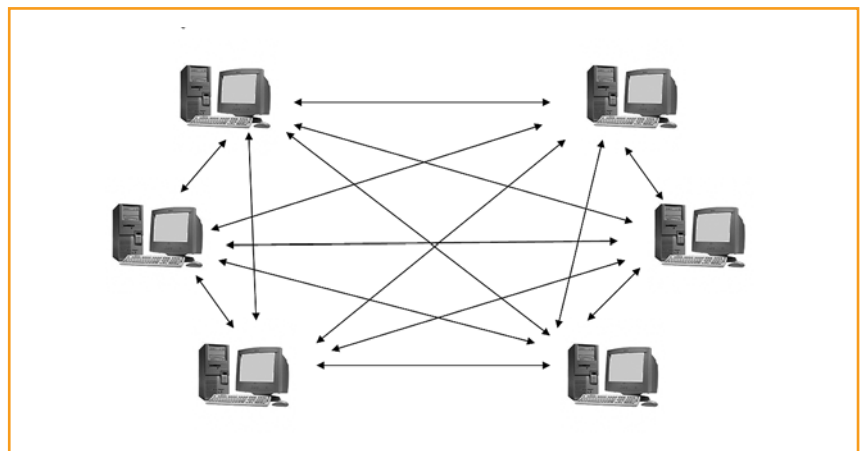
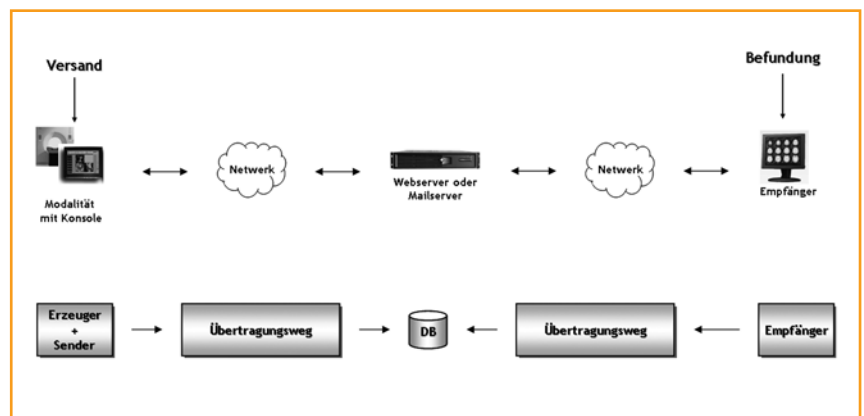
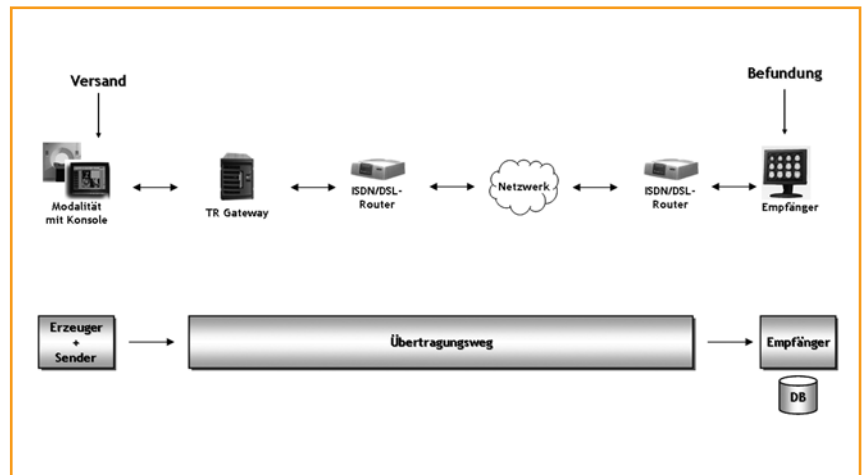
### Teleradiologie Workstations

In der klassischen Teleradiologie werden die Bilddaten von einer Workstation zu einer anderen übertragen. Beide Workstations sind in der Regel so ausgestattet, dass sie Bilddaten direkt an die Gegenseite senden können. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist, dass beide Rechner sich gegenseitig per TCP-IP erreichen können. Für die Übertragung selbst werden verschiedene Protokolle auf der Basis von TCP-IP verwendet, wie z.B. DICOM C-Store oder proprietäre Protokolle mit eingebauten Sicherheitsmaßnahmen und Telekonferenzfunktionalität. Der Nachteil dieses Ansatzes besteht darin, dass eine direkte Verbindung zwischen den Workstations benötigt wird. Setzt einer der beiden Kommunikationspartner eine Firewall ein, muss diese Verbindung explizit in der Firewall konfiguriert werden. Die Einrichtung einer bilateralen Verbindung ist so – wenn auch mit hohem Aufwand – einmalig machbar. Benötigt eine Einrichtung jedoch viele Verbindungen und kommen spontan neue Kommunikationspartner hinzu, entsteht durch die Konfigurationsarbeit in den Firewalls ein Engpass, da die Zahl der Einstellungen exponentiell mit der Anzahl der möglichen Verbindungen zunimmt.

### Teleradiologie per DICOM-E-Mail

E-Mail ist heute eine akzeptierte und weit verbreitete Methode des Datenaustausches. Das Supplement 54 des DICOM-Standards definiert, wie DICOM-Bilder als Anhang (so genannte MIME-Attachments) von E-Mails verschickt werden können [5]. Abbildung 5 zeigt das Prinzip dieses Verfahrens in vereinfachter Form: Partner 1 sendet z.B. Bilder per DICOM C-Store von der Modalität an das Teleradiologie-System. Dort wird jedes Bild einzeln digital signiert, verschlüsselt und als E-Mail mit dem Standard-Mailprotokoll SMTP auf den Mailserver geschickt. Dort fragt Partner 2 regelmäßig sein Postfach ab und holt seine E-Mails per IMAP bzw. IMAP/S-Protokoll ab. Dann werden die E-Mails entschlüsselt, die digitale Signatur überprüft und die daraus resultierenden ursprünglichen DICOM-Bilder per DICOM C-Store z.B. an das PACS oder eine Workstation gesendet [7].

Die Verwendung dieser Methode ist in vielfacher Hinsicht vorteilhaft, aber es müssen eine Reihe von zusätzlichen Maßnahmen implementiert werden, um z.B. Datenschutz und Datensicherheit zu gewährleisten. Andere zu berücksichtigende Aspekte sind Mengenbeschränkungen in Mailgateways sowie die Tatsache, dass radiologische Untersuchungen sehr viele Dateien umfassen, deren

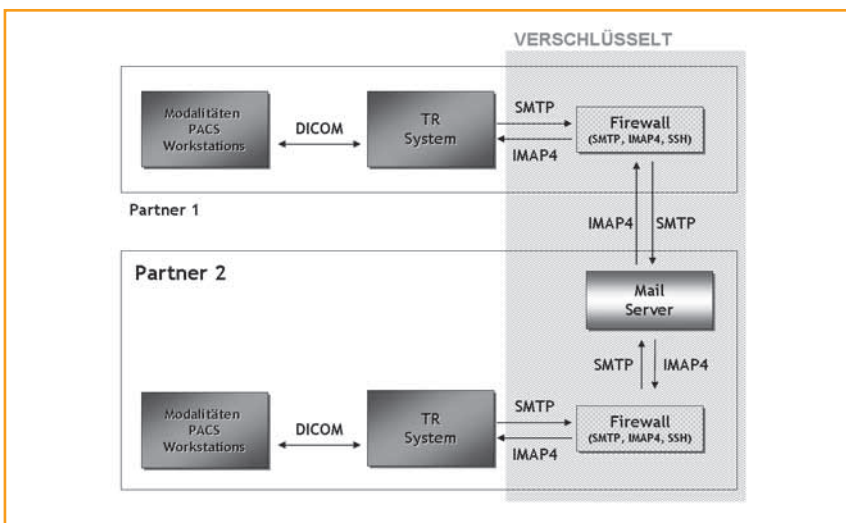
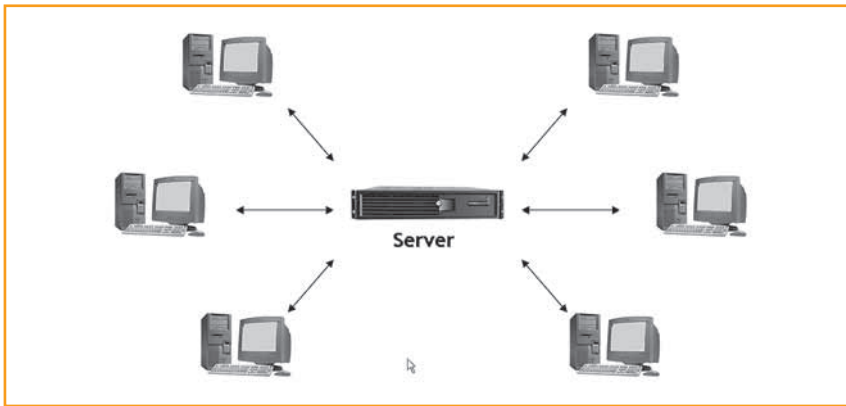


Anzahl bei Schnittbildserien beispielsweise zwischen 50 und 2.500 liegen können und somit ein manueller Versand und Empfang der Bilddaten nicht so einfach ist [6]. Die Arbeitsgemeinschaft Informationstechnologie @GIT der Deutschen Röntgengesellschaft DRG hat einen Minimalstandard für die Teleradiologie auf der Basis von E-Mail und dem DICOM Suppl. 54 entwickelt, die diese zusätzlich erforderlichen Maßnahmen berücksichtigt. Mehr als 100 Institutionen setzen diesen Standard inzwischen in Deutschland ein [7]. Das größte regionale Netzwerk, das

**Abb. 1:**  
**Push-Modell**

**Abb. 2:**  
**Pull-Modell**

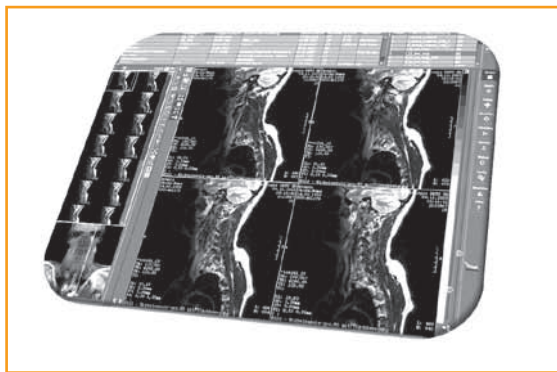
**Abb. 3:**  
**Peer-to-Peer-Netzwerk**



**Abb. 4:**  
Serverbasiertes  
Netzwerk

**Abb. 5:**  
Datenfluss und Proto-  
kolle bei DICOM-E-Mail

**Abb. 6:**  
CHILI/Java Webviewer



primär auf DICOM-E-Mail basiert, ist wahrscheinlich das Teleradiologienetzwerk Rhein-Neckar-Dreieck [8].

Der Hauptvorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass ein Teleradiologie-Netzwerk einfach erweitert werden kann und keine aufwendigen Konfigurationen von Teleradiologie-Workstations und Firewalls erfordert. Eine Voraussetzung ist, dass alle Kommunikationspartner einen Mailserver im Internet erreichen können, zu dem die Bilddaten geschickt und von dem sie auch abgeholt werden. Als Mailserver empfiehlt sich ein explizit für die Teleradiologie abgestellter Server, da existierende Server

möglicherweise den Austausch dieser großen Datenmengen durch Mengenbeschränkungen verhindern oder die Durchlaufzeit eines Standardservers zu lang ist.

### Webserver

Die Bildverteilung innerhalb von Kliniken wird in modernen PACS-Systemen (Picture Archiving and Communication Systems) über die Web-Technologie realisiert. Will man diese Technik auch für die Bildzustellung zum Einweiser oder gar bis zum Teleradiologen zu Hause erweitern, werden zusätzliche Funktionen für Datenschutz und Datensicherheit notwendig. Außerdem müssen die geringeren Übertragungsbandbreiten über das Internet berücksichtigt werden. Im lokalen Netzwerk (LAN) der Klinik oder der Praxis stehen heutzutage Netzwerke mit 100 oder 1.000 Mbit/s zur Verfügung, während ein Standard-DSL-Anschluss nur eine maximale Download-Bandbreite von 768 kbit/s bietet. Selbst sehr gute DSL-Anschlüsse mit max. 16 Mbit/s sind deutlich langsamer als ein lokales Netzwerk.

Es ist daher erforderlich, Webserver für die Bilddatenverteilung um flexible Kompressionsverfahren und andere Methoden einer besseren Ausnutzung der geringeren Bandbreite zu erweitern, damit sie auch über langsame, öffentliche Leitungen genutzt werden können [9].

Das Ergebnis der Konsensus-Konferenz Bildkompression der Deutschen Röntgengesellschaft ist eine wichtige Orientierung bei der Kompression. Sie hat organ- und modalitätenbezogen definiert, bis zu welchem Kompressionsfaktor DICOM-Bilder verlustbehaftet per jpeg oder jpeg-2000 komprimiert werden können, ohne dass die diagnostische Aussagekraft beeinträchtigt wird [10].

Außerdem sind geeignete Methoden zur Sicherung des Datenschutzes und der Datensicherheit einzusetzen, um die Vertraulichkeit, Authentizität und Integrität zu gewährleisten.

Eine weitere Verbesserung der klassischen Bildverteilung stellt die Möglichkeit der interaktiven Telekonferenz sowohl zwischen Anwendern des Webserver als auch zwischen Webserver und Befundungs-Workstations dar.

Bei Realisierung dieser Maßnahmen ist der Ansatz der webbasierten Bildverteilung über die Grenzen einer Institution hinaus eine sehr sinnvolle Methode der Teleradiologie (vgl. Abbildung 1) [9].

### Webportal

Das Webportal ist eine Erweiterung des klassischen Webserver-Ansatzes, bei dem nicht nur Bilder zum Ansehen oder Download zur Verfügung gestellt werden, sondern auch Daten zum Server hochgeladen werden können (s. Abbildung 7). Das CHILI/Web-System stellt z.B. auch die DICOM-Protokolle zum Versand (C-Store SCU) und

Empfang (C-Store SCP) im Applet zur Verfügung [9]. Somit können im LAN vorhandene DICOM-Geräte Bilder direkt per C-Store an das im Browser laufende Java-Applet schicken, das die Daten verschlüsselt zum Webserver weiterleitet. Neben dem Upload per DICOM-Protokoll können auch Dateien aus dem Filesystem oder von einer DICOMDIR-CD im Laufwerk des lokalen Rechners eingelesen und hochgeladen werden. Die auf verschiedene Weise zum Webserver hochgeladenen Daten können anschließend in den klinischen Workflow integriert werden.

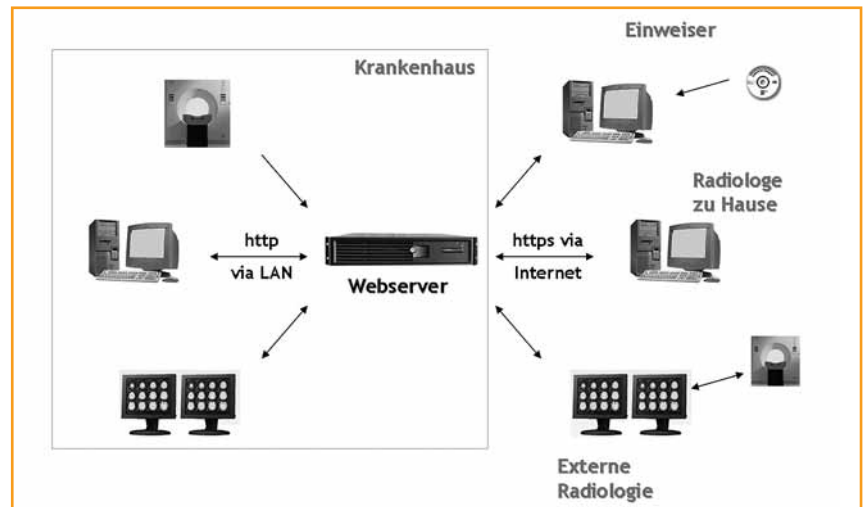
In der umgekehrten Richtung kann das Applet Daten per DICOM-C-Store an ein DICOM-Gerät im LAN senden (s. Abbildung 7 unten rechts) [9].

Das Web-Portal ermöglicht außerdem die selektive Bereitstellung von Bildern für Einweiser per Webtechnologie. Abbildung 8 zeigt dabei eine Ausprägung dieses Prinzips: Auf dem Webserver werden die bereitgestellten Bilddaten explizit für den Einweiser »freigegeben« [10]. Der Zugriff auf diese Daten erfolgt mit einem Schlüssel, den der Einweiser kennen muss. Die Übermittlung des Schlüssels erfolgt in diesem Fall in einer verschlüsselten E-Mail, die automatisch bei der Freigabe an den Einweiser gesendet wird. Zusätzliche Sicherheitsaspekte, wie zeitliche Begrenzung der Zugangsberechtigung, Client-Zertifikate oder Access-Gateways, die die Zugriffe aus dem Internet zusätzlich auf valide URLs prüfen und darauf begrenzen, sind möglich. Ebenso die Übermittlung des Zugangsschlüssels mit dem Arztbrief.

### Teleradiologie-Gateways

Teleradiologie-Gateways (TR-Gateways) sind Blackbox-Systeme, die einfach in vorhandene PACS-Umgebungen integriert werden können, um darüber eine transparente Kommunikation mit externen Partnern zu realisieren. Dabei kann die Funktionalität des Gateways eine Kombination der bisher beschriebenen Kommunikationsmethoden sein. Der wesentliche Vorteil besteht darin, dass die Teleradiologie-Benutzer ihre vorhandenen Arbeitsplätze für Bildgewinnung und Befundung weiter nutzen können und keine Einarbeitung in neue Anwendungen notwendig ist. Daten werden mit den darin vorhandenen Protokollen des lokalen Systems (z.B. HL7, DICOM) auf das TR-Gateway gesendet, das automatisch die notwendigen Protokollumsetzungen in Abhängigkeit des (externen) Empfängers vornimmt. Zusätzlich werden Datenschutzmaßnahmen, Kompression und Fehlertoleranz durch das TR-Gateway sichergestellt.

Diese Art der Realisierung ist gut geeignet, um viele Institutionen in großen Regionen oder ganzen Ländern mit einer wartungsfreundlichen, ausfallsicheren Blackbox-Lösung miteinander zu vernetzen. Das »landesweite« Teleradiologie-Netzwerk von Grönland wurde mit TR-Gateways realisiert (s. Abbildung 9) [12].



### Heterogene Netzwerke

Die oben beschriebenen Techniken können auch kombiniert werden, um mit mehreren Kommunikationspartnern, die jeweils verschiedene Protokolle einsetzen, Daten auszutauschen. Ein Beispiel für solch ein heterogenes Netzwerk wurde rund um die Universitätsklinik Freiburg aufgebaut. Die Kommunikationspartner benutzen DICOM über VPN, DICOM-E-Mail und https, um bildgebende Modalitäten, radiologische Workstations, spezifische Teleradiologie-Workstations, Webserver und E-Mail-Server miteinander zu verbinden. Die zentrale Komponente dieses Netzwerkes ist ein CHILI-Kommunikationsserver, der alle Protokolle beherrscht und per Auto-routing mit integrierter Protokoll-Umsetzung die Daten automatisch zwischen den beteiligten Systemen vermittelt [13].

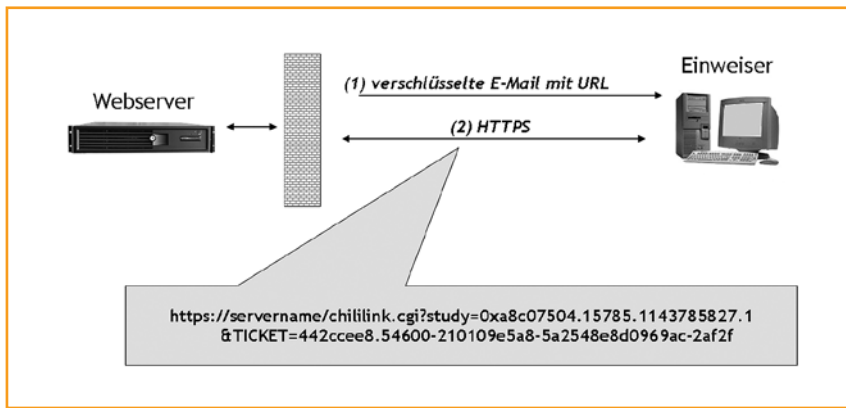
### Workflow Integration (IHE)

Teleradiologie-Systeme stellen oft isolierte Inseln in der IT-Landschaft der Betreiber dar. Dies liegt darin begründet, dass fremde Patienten-IDs und Auftragsnummern der externen Kommunikationspartner mit den eigenen Nummernkreisen kollidieren können. Ein weiteres Problem entsteht, wenn KIS, RIS und PACS stark miteinander verzahnt sind. Erlaubt ein PACS z.B. den Zugriff auf Bilddaten im PACS nur über das RIS oder KIS, sind normalerweise vom PACS per DICOM empfangene Bilddaten nicht sichtbar, da das KIS und das RIS diese nicht kennen.

Dieses Problem betrifft nicht nur Daten, die per Teleradiologie empfangen werden, sondern auch Daten, die z.B. von einer mitgebrachten Patienten-CD eingelesen werden.

Die Integration der Teleradiologie in die IT-Infrastruktur und den Workflow des Betreibers ist eine wichtige Voraussetzung für den langfristigen Erfolg einer Teleradiologie-Lösung. Die internationale Initiative »Integrating the Healthcare Enterprise« (IHE) hat hierzu in ihrem

**Abb. 7:**  
**Webportal zur Bereitstellung von Bildern im Haus, aber auch zum bilateralen Datenaustausch mit externen Partnern**



**Abb. 8:** Übermittlung eines temporären Zugangs-schlüssels per verschlüsselter E-Mail. Der Einweiser kann damit zeitlich begrenzt und verschlüsselt auf die für ihn bereitgestellten Daten zugreifen.

technischen Rahmenwerk (Technical Framework) Lösungsvorschläge auf der Basis von etablierten, herstellerunabhängigen Standards erarbeitet [14]. Das IHE-Profil »Import Reconciliation Workflow« (IRWF) definiert die notwendigen Schritte der beteiligten Informationssysteme, um eine »saubere« Integration von Fremddaten in das eigene System zu gewährleisten [15].

### Qualitätssicherung in der Teleradiologie

Die Teleradiologie nach Röntgenverordnung, also zur Primärbefundung von Bildern, die mit ionisierenden Strahlen ohne einen fachkundigen Arzt vor Ort aufgenommen wurden, ist in Deutschland genehmigungspflichtig und unterliegt einer strengen Qualitätskontrolle bzgl. Übertragungszeit, Vollständigkeit, Korrektheit der übertragenen Daten und deren Darstellung. Der Normenausschuss Radiologie der Deutschen Röntgengesellschaft NAR hat unter der Federführung des Autors in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Institut für Normung die DIN 6868-159 für die Abnahme- und Konstanzprüfung von Teleradiologie-Systemen nach Röntgenverordnung erarbeitet [16], die 2009 veröffentlicht wurde [17] und seitdem angewendet wird.

Fortschrittliche Teleradiologie-Systeme stellen Funktionen für die Sicherstellung und Überwachung der Qualität bereit, um den Betreiber in effektiver und zuverlässiger Weise bei den täglichen und monatlichen Qualitätssicherungsmaßnahmen zu unterstützen. Das Teleradiologie-Statistik-Modul des CHILI-Systems ist ein Beispiel für eine solche Software, die dies schon heute leistet. Für den DICOM-E-Mail-Standard wurden inzwischen Service-Nachrichten definiert, die unter anderem auch der Qualitätssicherung nach der DIN dienen sollen. Allerdings wurden diese Spezifikationen noch nicht abschließend freigegeben. Nach der Freigabe ist hierfür ein weiteres DICOM-E-Mail-Connectathon geplant, um die Interoperabilität auch herstellerübergreifend zu testen.

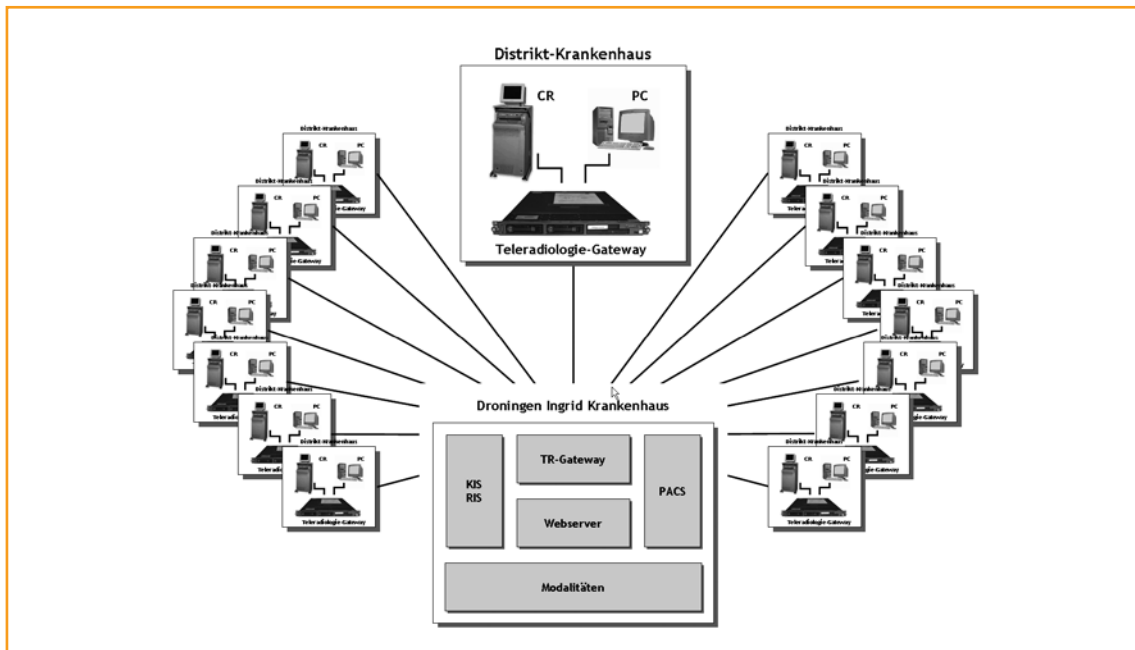
### Aktuelle Trends

Krankenhaus-Radiologien werden heute zunehmend durch niedergelassene Radiologen betrieben, die mehrere Standorte haben, nur an einem Standort archivieren, aber an allen Standorten befunden wollen. In solchen Szenarien muss die Teleradiologie als ein integraler Bestandteil des PACS-Systems sein, das so gut implementiert sein, dass es im Grunde »unsichtbar« für den Anwender ist. Die Herausforderung für die Technik ist hierbei, dass der Übergang zwischen ambulanter und stationärer Versorgung datenschutzmäßig sauber umgesetzt wird. Weitere Herausforderungen sind hierbei mangelnde Verfügbarkeit von internationalen Standards, wie HL7 oder IHE-Profile bei den IT-Systemen im niedergelassenen Bereich, die aber lösbar sind, wie Beispiele in der Routine zeigen.

Auch regionale Verbünde von Krankenhäusern, die zwar mehrere Radiologien haben, aber nur an einer Stelle archivieren wollen, benötigen in ihren verteilten PACS-Systemen Teleradiologie-Funktionalitäten, die sowohl für den Radiologen wie für den Kliniker unsichtbar bleiben sollten, dafür aber in den klinischen Workflow integriert sind.

Radiologisch unterversorgte Regionen setzen die Teleradiologie seit mehreren Jahren erfolgreich in der täglichen Routine ein. Und das nicht nur in Grönland. Das primäre Ziel des Netzwerkes TeleRad M-V in Mecklenburg-Vorpommern ist die Bereitstellung einer für alle Gesundheitseinrichtungen offenen und landesweiten telemedizinischen Plattform unter Berücksichtigung aller Bedingungen des Datenschutzes, der Datensicherheit, sowie der Hochverfügbarkeit gem. der o.g. DIN 6868-159 [18].

In den letzten Jahren kommen vermehrt elektronische Akten auf den Markt, die als Gesundheitsakte, Krankenakte, Patientenakte oder unter anderen thematischen Schwerpunkten angeboten werden. Auf Anwenderseite ist zu beobachten, dass am Behandlungsprozess eines Patienten beteiligte Institutionen immer intensiver miteinander kooperieren wollen oder müssen. Auch in der Forschung werden vermehrt webbasierte Akten für wissenschaftliche Studien realisiert und angewendet. All diesen elektronischen Akten ist gemeinsam, dass sie in der Regel webbasiert sind und Patientendaten über Institutionen hinweg speichern oder per Link miteinander verbinden. Solche Systeme widmen sich zunächst dem Austausch alphanumerischer Daten. Es stellt sich aber schnell heraus, dass die Integration der medizinischen Bilder im DICOM-Format in solche Systeme ebenfalls notwendig ist. Das heißt, dass auch überregionale Aktensysteme in der Lage sein müssen, mit bildgebenden Geräten oder PACS-Systemen Daten auszutauschen, temporär zu speichern und auch anzuzeigen. In verschiedenen Projekten und kommerziellen Produkten konnte gezeigt werden, dass



**Abb. 9:**  
**Die Vernetzung**  
**Grönlands mit Tele-**  
**radiologie-Gateways.**

die Integration eines bildbasierten Webservers, der über die entsprechenden Schnittstellen zu KIS/RIS/PACS verfügt, in solche möglich ist. Hierfür stehen entsprechende Standards aus dem DICOM-Bereich («Web Access to DICOM Persistent Objects» (WADO)) [19] bzw. aus der IHE-Initiative (XDS) [20] als sinnvolle Grundlagen zur Verfügung. Teleradiologische Systeme verschmelzen mit regionalen oder organisationsübergreifenden Telemedizinssystemen.

Ein Beispiel hierfür ist die Integration des CHILI-WADO+ Gateways mit Soarian Integrated Care (Siemens Healthcare AG) [22], die in mehreren deutschen Universitätskliniken und dem Rhön-Konzern im täglichen klinischen Einsatz ist [23].

Verschiedene BMBF-Projekte setzen die CHILI/Telemedizinakte zur dezentralen Sammlung von DICOM-Bildern für multizentrische Studien ein. Die an der Studie teilnehmenden Partnern können die dezentral gewonnenen Daten webbasiert und verschlüsselt in die Studienakte hochladen [21]. Der Charme diese Lösung liegt darin, dass der Anwender außer Internetzugang und Webbrowser keine zusätzliche Software benötigt. Die Besonderheit in diesem Kontext ist die Pseudonymisierung der Patientendaten mit dem PID-Generator der Technologie- und Methodenplattform für die vernetzte medizinische Forschung TMF e.V. [24].

Ein weiteres Beispiel aus dem wissenschaftlichen Bereich ist der Einsatz der Telemedizinakte mit DICOM-Bildern in der Hadronen-Therapie im Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT) [25]. Dort ist die Akte direkt mit dem KIS, Labor-Informationssystem, mehreren Strahlentherapiesystemen und zwei PACS-Systemen integriert. Internationale Kooperationspartner können

DICOM-Strahlentherapie-Daten verschlüsselt hochladen und an gemeinsamen Studien teilnehmen oder Patienten gemeinsam therapieren [26]. Dabei stehen nicht nur die Teleradiologie-Funktionen im Vordergrund, obwohl dies mit Strahlentherapie-Daten heute nicht selbstverständlich ist, sondern auch die studienindividuelle Dokumentation in der Hadronen-Therapie, bei der neben anderen Datenschutzaspekten auch ausgefeilte Rollen- und Rechtekonzepte zum Einsatz kommen.

Neben den Radiologen sind inzwischen auch die Unfallchirurgen zu wichtigen Akteuren der Teleradiologie geworden. Die deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) hat sich in ihrem Weißbuch zum Ziel gesetzt, dass jeder Schwerverletzte innerhalb von 30 Minuten nach dem Unfall in einem für die Behandlung der Verletzungsfolgen geeigneten Krankenhaus kompetent versorgt werden soll [27]. Hierzu gehört der Aufbau von Traumanetzen, die nach den Kriterien des DGU-Weißbuch Schwerverletztenversorgung zertifiziert werden. Um dies zu ermöglichen, werden natürlich auch teleradiologische Netzwerke benötigt. Ursprünglich für z.B. die Schlaganfall-Versorgung aufgebaute Netzwerke werden deshalb inzwischen auch für die Unfallchirurgie verwendet. Wobei hierbei Datenmengen in ganz anderen Dimensionen übertragen werden müssen. Es werden aber auch dedizierte Traumanetze aufgebaut, von denen die ersten inzwischen zertifiziert sind. Ziel der DGU ist es, ein flächendeckendes Netzwerk (TraumaNetzwerkD) für ganz Deutschland aufzubauen [27].

Ein Beispiel für ein regionales Netzwerk ist das Traumanetzwerk Ostbayern (TNO), das unter dem Namen exdicomed firmiert und in der Region rund um Regensburg

## Literatur

- [1] Engelmänn U, Schröter A, Baur U, Werner O, Schwab M, Müller H, Bahner M, Meinzer HP, Borälv E, Göransson B. The German teleradiology system MEDICUS: System description and experiences in a German field test. *European Journal of Radiology* 26 (1998) 219-225.
- [2] Engelmänn 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] Engelmänn U, Schröter A, Baur U, Werner O, Schwab M, Müller H, Meinzer HP. A Three-Generation Model for Teleradiology. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* 2 (1) (1998) 20-25.
- [4] Engelmänn U, Schröter A, Schwab M, Meinzer HP. Reality and perspectives in teleradiology: a personal view based on personal experiences. *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 64 (2-3) (2001) 449-459.
- [5] DICOM Standards Committee, Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). Supplement 54: DICOM MIME Type. [http://medical.nema.org/Dicom/supps/sup54\\_pc.pdf](http://medical.nema.org/Dicom/supps/sup54_pc.pdf). [Letzter Zugriff 28.04.2011].
- [6] Engelmänn U, Schroeter A, Schweitzer T, Meinzer HP. The communication concept of a regional stroke unit network based on encrypted image transmission and the DICOM-Mail standard. In: Lemke HU, Vannier MW, Inamura K, Farman AG, Doi K, Reiber JHC (eds). *CARS 2002*. Heidelberg: Springer (2002) 612-617.
- [7] Weisser G, Walz M, Ruggiero S, Kämmerer M, Schröter A, Runa A, Mildnerberger P, Engelmänn U, Standardization of teleradiology using Dicom e-mail: recommendations of the German Radiology Society. *Eur Radiol*. 2006 Mar;16(3):753-8.
- [8] Teleradiologie-Projekt RND. Homepage. <http://www.teleradiologie-rnd.de/> [Letzter Zugriff 28.04.2011].
- [9] Münch H, Engelmänn U, Schröter A, Meinzer HP. The integration of medical images with the electronic patient record and their web-based distribution. *Acad Radiol* 2004; 11:661-668.
- [10] Loose R, Braunschweig R, Kotter E, Mildnerberger P, Simmler R, Wucherer M. Kompression digitaler Bilddaten in der Radiologie, Ergebnisse einer Konsensuskonferenz. *Fortschr Röntgenstr.* 2009; 181: 32-37.
- [11] Münch H, Schröter A, Meinzer HP, Engelmänn U. A webbased approach to distributing medical images for referring physicians outside hospitals without specialised user management. *Int. J CARS* (2006) 1:130-132.
- [12] Engelmänn U, Münch H, Schröter A, Schweitzer T, Christoph K, Eilers R, Olesen H, Møller Jensen J, Meinzer HP. A teleradiology concept for entire greenland. *Int. J CARS* (2006) 1:121-123.
- [13] Engelmänn U, Münch H, Schröter A, Meinzer HP. Jäckel A (ed). *Von der bilateralen Teleradiologie zur Vernetzung von Regionen: Der CHILI-Ansatz. Telemedizinführer Deutschland, Ausgabe 2005. Ober-Mörlen: Deutsches Medizin Forum* (2004) 265-269.
- [14] Hussein R, Engelmänn U, Schröter A, Meinzer HP. Implementing a full-feature PACS solution in accordance with the IHE technical framework: The CHILI approach. *Academic Radiology* 11/4 (2004) 439-447.
- [15] Integrating the Healthcare Enterprise Initiative (IHE). Import Reconciliation Workflow. [http://wiki.ihe.net/index.php?title=Import\\_Reconciliation\\_Workflow](http://wiki.ihe.net/index.php?title=Import_Reconciliation_Workflow) [Letzter Zugriff 28.04.2011].
- [16] DIN 6868-159:2009-03 (D). *Sicherung der Bildqualität in röntgendiagnostischen Betrieben – Teil 159: Abnahme- und Konstanzprüfung in der Teleradiologie nach RÖV*. Berlin: Beuth 2009. ([www.beuth.de](http://www.beuth.de))
- [17] Engelmänn U, Seidel B. DIN 6868-159: Eine Norm für die Abnahme- und Konstanzprüfung in der Teleradiologie nach Röntgenverordnung In: Duesberg (Hrsg.) *e-Health 2010*. Solingen: medical future (2009) 51-54.
- [18] Ministerium für Soziales und Gesundheit Mecklenburg-Vorpommern. Teleradiologie-Netzwerk Mecklenburg-Vorpommern. [http://www.telerad-mv.de/content/telerad\\_broschuere.pdf](http://www.telerad-mv.de/content/telerad_broschuere.pdf) [Letzter Zugriff 28.04.2011].
- [19] DICOM Standards Committee, Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Part 18: Web Access to DICOM Persistent Objects (WADO) Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Part 18: Web Access to DICOM Persistent Objects (WADO). <http://www.nema.org/stds/ps3-18.cfm> [Letzter Zugriff 28.04.2011].
- [20] IHE Radiology Technical Framework. Supplement 2005-2006. Cross-enterprise Document Sharing for Imaging (XDS-I). [http://www.ihe.net/Technical\\_Framework/upload/IHE\\_RAD-TF\\_Suppl\\_XDSI\\_TI\\_2005-08-15.pdf](http://www.ihe.net/Technical_Framework/upload/IHE_RAD-TF_Suppl_XDSI_TI_2005-08-15.pdf) [Letzter Zugriff 28.04.2011].
- [21] Müller-Mielitz S, Ohmann C, Goldschmidt AJW. *Klinische Studien mit EDC und PACS*. MDI Heft 2 (2010) 52–55.
- [22] Siemens Healthcare AG. Soarian Integrated Care. [http://www.medical.siemens.com/siemens/de\\_DE/gg\\_gs\\_FBAs/files/brochures/SIC\\_ProductBrochure\\_d\\_2006.pdf](http://www.medical.siemens.com/siemens/de_DE/gg_gs_FBAs/files/brochures/SIC_ProductBrochure_d_2006.pdf) [Letzter Zugriff 28.04.2011].
- [23] Haferkamp S, Resch S. Die Einführung einer elektronischen Kommunikationsplattform im Rahmen eines Traumanetzwerks am UK Aachen. MDI Heft 3 (2010) 99–100.
- [24] Technologie- und Methodenplattform für die vernetzte medizinische Forschung TMF e.V. PID-Generator. [http://www.tmf-ev.de/Themen/Projekte/V015\\_01\\_PID\\_Generator.aspx](http://www.tmf-ev.de/Themen/Projekte/V015_01_PID_Generator.aspx) [Letzter Zugriff 28.04.2011].
- [25] Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT). Homepage. <http://www.klinikum.uni-heidelberg.de/Heidelberger-Ionenstrahl-Therapie-HIT.106580.0.html> / [Letzter Zugriff 28.04.2011].
- [26] Kessel K, Bougatf N, Münch H, Bohn C, Oetzel D, Combs S, Bendl R, Meinzer HP, Debus J, Engelmänn U. A Web-based Telemedicine Record for Documentation and Exchange of DICOM RT Images and other RT Treatment Data for Multicenter Clinical Studies in Hadron Therapy. *JCARS 2011* (in print).
- [27] Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie DGU. Weißbuch Schwerverletztenversorgung. <http://www.dgu-online.de/de/unfallchirurgie/weissbuch/index.jsp> [Letzter Zugriff 28.04.2011].
- [28] Exdicomed Homepage. Teleradiologisches Fullservicekonzept für Kliniker und niedergelassene Ärzte. <http://www.exdicomed.de> [Letzter Zugriff 28.04.2011].
- [29] Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie DGU. TraumaNetzwerkD der DGU. <http://www.dgu-traumanetzwerk.de/> [Letzter Zugriff 28.04.2011].
- CHILI GmbH, Heidelberg. List of CHILI related publications. <http://www.chili-radiology.com/de/pub/> [Letzter Zugriff 28.04.2011].
- [30] Fallakte e.V. Homepage. <http://www.fallakte.de/> [Letzter Zugriff 28.04.2011].
- [31] Fallakte e.V. Presseerklärung: Röntgenbilder werden Standard für die Fallakte. <http://www.fallakte.de/presse/62-roentgenbilder-werden-standard-fuer-die-fallakte/> [Letzter Zugriff 28.04.2011].

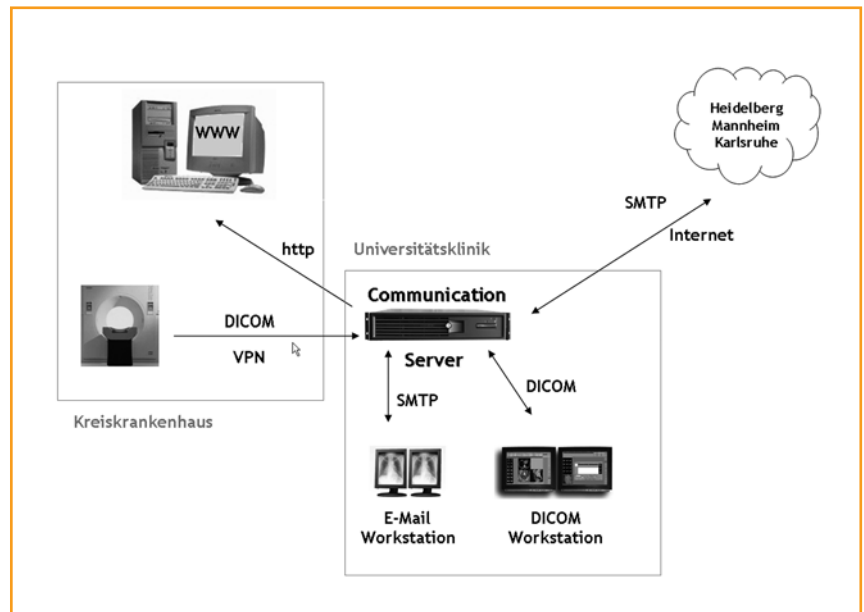
Unfallchirurgen mit einem zentralen Webportal und Teleradiologie-Gateways in ausgewählten Institutionen untereinander vernetzt [28].

## Diskussion

Im Laufe der Jahre hat es in der Teleradiologie eine ständige Weiterentwicklung von isolierten Systemen auf der Basis von proprietären Protokollen bis hin zu vollständig in den klinischen Workflow integrierten Systemen auf der Grundlage von standardisierten Protokollen gegeben. Vor dem Aufbau eines Teleradiologie-Netzwerkes oder den Anschluss an ein existierendes Netzwerk sollte eine Analyse der vorhandenen IT-Systeme (z.B. KIS, RIS und PACS, Modalitäten und Teleradiologie-Systeme) vorgenommen werden. Dabei sollte die Sicherheitspolitik der beteiligten Institutionen und deren vorhandene Sicherheitsinfrastruktur (z.B. Firewalls) berücksichtigt werden. Große Aufmerksamkeit ist auch den Bedürfnissen der zukünftigen Teleradiologie-Anwender zu widmen. Die Auswahl der für den individuellen Fall angemessenen technischen Umsetzung sollte auf den Ergebnissen dieser Analyse beruhen und im Ergebnis eine der oben dargestellten technischen Möglichkeiten oder eine Kombination verschiedener Techniken sein. Alle dargestellten technischen Möglichkeiten wurden mit Softwarekomponenten der CHILI-Software-Familie realisiert und befinden sich im täglichen Routineeinsatz.

## Zusammenfassung und Ausblick

Anfang der 90er Jahre wurden dedizierte Teleradiologiesysteme, wie z.B. die KAMEDIN- oder MEDICUS-Workstation, entwickelt. Mitte der 90er Jahre wurde erkannt, dass reine Teleradiologieworkstations, die ausschließlich für die Teleradiologie genutzt werden, keinen Sinn ergeben. Die Restriktion auf diesen Einsatzzweck ist nicht nur teuer, sondern bringt auch gravierende Nachteile bei der (gelegentlichen) Nutzung mit sich, wie vergessene Passwörter oder mangelnde Vertrautheit mit dem System. Mit der Konzeption der CHILI-Architektur wurde daher konsequent auf einer allgemeinen Workstation aufgebaut, die der Anwender in der täglichen Routine primär für seine Standardaufgaben (z.B. Befundung) nutzt, die jedoch über eingebaute Teleradiologie-Funktionen verfügt. Heutzutage sind die CHILI-Systeme, egal ob die radiologische Befundungsworkstation oder der webbasierte Viewer, telekonferenzfähig und können Daten über verschiedene standardisierte Protokolle mit anderen Partnern austauschen. Krankenhaus- oder konzernübergreifende Telemedizinakten wurden entwickelt und in der Routine eingesetzt. Dabei sind auch zunehmend die radiologischen Bilder integriert.



Die elektronische Fallakte (eFA) ist eine 2006 gestartete Initiative für die Schaffung eines einheitlichen, bundesweit gültigen Kommunikationsstandards für Ärzte. Das Ziel ist es, mit Hilfe der eFA-Plattform den Austausch und die Zusammenarbeit zwischen dem stationären und dem ambulanten Sektor deutlich zu verbessern [30]. Seit Anfang 2011 hat sich die eFA-Initiative zum Ziel gesetzt auch DICOM-Bilder in den eFA-Standard mit aufzunehmen. Hierbei werden voraussichtlich die oben aufgezeigten Implementierungsbeispiele und internationale Standards (DICOM, HL7 und IHE) einfließen [31].

War die Teleradiologie zunächst ein Gebiet, das ausschließlich von Radiologen zur Einholung von Zweitmeinungen und dann zur Primärdiagnostik am entfernten Ort eingesetzt wurde, spielt die Integration von DICOM-Bildern nun auch im generellen klinischen Kontext bei der sektorenübergreifenden Kooperation eine wichtige Rolle. Hierbei werden die Systeme nicht nur in der Diagnostik und Therapie, sondern auch in der multizentrischen Forschung und auch multidisziplinär eingesetzt. Als eine der ersten »Tele-Disziplinen« hat die Teleradiologie stark von der internationalen Standardisierung in der digitalen Radiologie profitiert. Nach der Lösung der technischen Probleme hat sie sich schon früh mit der Standardisierung von Qualitätssicherungsmaßnahmen beschäftigt und entsprechende Normen entwickelt, die in anderen Telemedizinbereichen noch nicht erkennbar sind.

Abschließend kann festgestellt werden, dass die Teleradiologie längst in der Regelversorgung angekommen ist. Sie spielt für die Qualität und Effizienz in der Medizin eine wichtige Rolle und ist insbesondere für die schnelle und kompetente Diagnostik und Therapie der Patienten nicht mehr wegzudenken. ■

**Abb. 10:** Beispiel für ein heterogenes Teleradiologie-Netzwerk mit den Protokollen: DICOM C-Store, DICOM-E-Mail und Webzugriff per http(s)