

Aus der Radiologischen Abteilung der
Missionsärztlichen Klinik
Leiter: Priv.-Doz. Dr. med. H.-J. Langen

**Veränderung der Prozessabläufe durch die vollständige
Digitalisierung einer Röntgenabteilung**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von
Ralph Selbach
aus Augsburg
Würzburg, Dezember 2005

Referent: Priv.-Doz. Dr. H.-J. Langen

Koreferent: Prof. Dr. D. Hahn

Dekan: Prof. Dr. G. Ertl

Tag der mündlichen Prüfung: 24.05.2007

Der Promovend ist Arzt

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Zielsetzung	2
3	Material und Methode	3
3.1	Die Missionsärztliche Klinik	3
3.2	Die Radiologische Abteilung	3
3.3	Aufbau- und Ablauforganisation der konventionellen Radiologie	4
3.4	Aufbau und Systemarchitektur der digitalen Radiologie	6
3.5	Ablauforganisation der digitalen Radiologie	8
3.6	Prozessanalyse und Zeiterfassung	9
3.7	Berechnung der Teilprozesse	11
3.8	Ausgeschlossene Untersuchungen	12
3.9	Statistische Auswertung	12
4	Ergebnisse	13
4.1	Untersuchungsdauer des Patienten	13
4.2	Bearbeitungszyklus	14
4.3	Befundungszyklus	16
4.4	Fertigstellungszyklus	17
4.5	Zeit bis zur Verfügbarkeit der Befunde	18
4.6	Dauer der Befundung	20
4.7	Zusammenfassung der Ergebnisse	21
5	Diskussion	22
5.1	Diskussion der Methode	22
5.1.1	Wahl der Messmethode	22
5.1.2	Ausgleichsberechnung	22
5.1.3	Vergleichbarkeit der Abteilungen	23

5.2	Diskussion der Ergebnisse	24
5.2.1	Untersuchungsdauer des Patienten	24
5.2.2	Untersuchungsdauer aus Sicht der Notaufnahme	25
5.2.3	Bearbeitungszyklus	26
5.2.4	Befundungszyklus	27
5.2.5	Fertigstellungszyklus	28
5.2.6	Zeit bis zur Verfügbarkeit der Befunde	29
5.2.7	Dauer der Befundung	30
5.3	Schlussfolgerungen	32
6	Zusammenfassung	33
7	Literaturverzeichnis	34
8	Anhang	37
8.1	Tabellarische Prozessanalyse des konventionellen Betriebes	37
8.2	Tabellarische Prozessanalyse des digitalen Betriebes	40

Danksagung

Lebenslauf

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen / Begriffe

Abb.	Abbildung
CA	Chefarzt
CT	Computertomographie
DB	Datenbank
DLR	Digitale Lumineszenzradiographie
Fa.	Firma
GB	Gigabyte
GOÄ	Gebührenordnung für Ärzte
HL 7	Health Level Seven (Protokol zur Übertragung medizinischer Daten)
KIS	Krankenhausinformationssystem
Min	Minuten
MTRA	Medizinisch Technische/r Röntgenassistent/in
OA	Oberarzt
PACS	Picture Archiving and Communication System
Pat.	Patient/Patienten
PC	Personal Computer
PCR	Philips Computed Radiography
RAID	Redundant Array of Independent Disks (Technik zur Datenspeicherung)
RIS	Radiologieinformationssystem
Sek	Sekunden
Sign	Signifikant
Std	Stunden

1 Einleitung

Schon seit einigen Jahrzehnten werden mit modernen radiologischen Verfahren wie der Computertomographie Bilder in digitaler Form erzeugt. Voraussetzung für eine filmlose Radiologie war jedoch ein Medium, das den Film in der konventionellen Aufnahmetechnik ersetzen konnte. Dies war mit der Entwicklung und Produktreife der Speicherfolientechnik bzw. der digitalen Lumineszenzradiographie (DLR) gegeben. Die DLR ist im Vergleich zum konventionellen Film-Folien-System als diagnostisch gleichwertiges oder überlegenes Verfahren akzeptiert^{4, 17, 18, 39}. Die heute zur Verfügung stehenden, hochauflösenden Monitore mit der nötigen Leuchtstärke lassen zusammen mit der Möglichkeit der manuellen Kontrastveränderung eine adäquate Befundung am Bildschirm ohne Qualitätsverlust zu^{9, 28}. Gleichzeitig müssen Röntgenbilder in digitaler Form archiviert und verfügbar gemacht werden. Erst mit der Entwicklung leistungsfähiger Netzwerktechnologie und Rechner für die Radiologischen Informationssysteme (RIS) sowie Speichermedien mit genügend hoher Kapazität und Zukunftssicherheit für die Bildarchivierungs- und Kommunikationssysteme (PACS) wurden die anfänglichen Schwierigkeiten überwunden und die Grundsteine für den filmlosen Betrieb gelegt. 1987 sollte der erste Versuch einer filmlosen Röntgenabteilung noch scheitern⁶. Anfang der 90er Jahre wurde das filmlose Krankenhaus - u.a. am neuen Donauespital in Wien - auch in Europa zur Realität²¹. Wo es über die Jahrhundertwende noch nicht zur Routine geworden ist, ist es zumindest erklärtes Ziel¹⁰.

Das filmlose Krankenhaus hat seinen Preis. Bei der Neuanschaffung digitaler Systeme sollte neben den Systemeigenschaften und der Ausstattung auch der Wirtschaftlichkeit eine hohe Priorität eingeräumt werden¹⁷. Trotz der relativ hohen Anschaffungskosten amortisieren sich jedoch die Investitionen bereits nach wenigen Jahren^{1, 18, 38}. Entscheidender Faktor ist die Reduktion bzw. der Wegfall des Filmverbrauches. Nicht zuletzt durch die geringeren Betriebskosten und einer verbesserten Ertragssituation (durch entsprechende GOÄ-Ziffern) lassen die Rechnung für die digitalen Systeme am Ende positiv aufgehen¹.

Während sich jedoch die Kosten für Anschaffung und Betrieb solcher technischen Systeme relativ einfach berechnen lassen, sind viele Nutzeffekte nur schwierig mit Zahlen zu berechnen. Viele Vorteile, die nur schwer zu quantifizieren sind, werden für die digitalen

Systeme oft propagiert. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sollten sich auch nicht allein auf den Ort des Einsatzes, also die Radiologieabteilung beschränken²⁹. Qualität der Patientenversorgung, Reduktion der Strahlenbelastung, Effektivitätssteigerung und auch zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten (z.B. Teleradiologie) sind sicherlich nur ein paar Beispiele derartiger Nutzeffekte für Informationssysteme in der Radiologie^{18, 20, 37}. Da radiologische Verfahren oft einen zentralen Punkt in Diagnostik und Therapie einnehmen, kommt es also auch außerhalb der Radiologie zu enormen Veränderungen. Der Wegfall der stets lästigen Suche nach Röntgenbildern durch das Personal aller Abteilungen ist wohl der eindrucksvollste Nutzeffekt außerhalb der Radiologie, der sich nur schwer in Zahlen ausdrücken lässt.

Zeitersparnis hingegen ist ein Nutzeffekt von Informationssystemen, der sich relativ leicht messen lassen sollte. Bisher existieren allerdings nur wenige wissenschaftliche Studien, die mit Hilfe der Analyse von Zeitabläufen die Auswirkungen von RIS und PACS auf die Prozessabläufe einer radiologischen Abteilung untersucht haben^{7, 15, 16, 23, 35}.

2 Zielsetzung

Die Einführung einer digitalen Radiologie mit RIS und PACS stellt einen Prozess mit vielen Umstrukturierungen dar und ist mit erheblichen Änderungen der Arbeitsabläufe innerhalb der radiologischen Abteilung verbunden. Gleichzeitig hat die Umstellung Auswirkungen auf die Prozessqualität im gesamten Krankenhaus. Für den Radiologen, den behandelnden Arzt und auch den Patienten kann gerade ein zeitlicher Vor- oder Nachteil von großer Bedeutung im diagnostischen Prozess sein. Um diese zeitlichen Änderungen und deren Bedeutung zu erfassen, wurde die Umstellung in der Missionsärztlichen Klinik von dieser Studie wissenschaftlich begleitet. In Form einer Vorher-Nachher-Studie sollten die zeitlichen Abläufe in der konventionellen und in der digital arbeitenden Abteilung miteinander verglichen werden. Die zeitlichen Änderungen der radiologischen Prozessabläufe sollten im Routinebetrieb untersucht und somit eventuelle, zeitliche Vorteile des digitalen Betriebes quantifiziert werden.

3 Material und Methode

3.1 Die Missionsärztliche Klinik

Die Missionsärztliche Klinik ist ein Krankenhaus der Versorgungsstufe II mit 363 Planbetten und gleichzeitig akademisches Lehrkrankenhaus der Julius-Maximilians-Universität in Würzburg. Neben den medizinischen Fachabteilungen der Chirurgie, Inneren Medizin, Tropenmedizin, Urologie, Pädiatrie, Anästhesie, Gynäkologie und Geburtshilfe verfügt das Haus über eine interdisziplinäre Intensivstation mit 10 Betten. Des weiteren unterhält die Klinik eine interdisziplinäre Notaufnahme sowie einige ambulante Einrichtungen verschiedener Fachrichtungen, die ebenfalls regelmäßig die Leistungen der radiologischen Abteilung in Anspruch nehmen (z.B. Chirurgische Nachschauambulanz, Ambulanz für Innere Medizin, Tropenambulanz, Arbeitsmedizinischer Dienst). Im stationären Bereich werden in der Missionsärztlichen Klinik ca. 13.000 Fälle pro Jahr versorgt*.

3.2 Die Radiologische Abteilung

Die Radiologische Abteilung der Klinik erbringt über 20.000 Leistungen pro Jahr an ambulanten und stationären Patienten. Tabelle 1 bietet einen Überblick über das Leistungsspektrum der Abteilung²⁵. Die MTRA der Abteilung arbeiten im Schichtdienst, so dass 24 Stunden am Tag Röntgenaufnahmen angefertigt werden können. Auch am Wochenende ist rund um die Uhr mindestens eine MTRA anwesend. Neben dem Chefarzt der Radiologie ist ein weiterer Facharzt sowie ein Assistenzarzt für die radiologischen Leistungen der Abteilung verantwortlich. Nachts und am Wochenende wird kein ärztlicher Dienst vorgehalten, so dass eine radiologische Befundung der Bilder nur werktags von 8 bis 18 Uhr erfolgt.

* Quelle: Verwaltung der Missionsärztlichen Klinik, mit freundlicher Genehmigung der Geschäftsführung

Tabelle 1: Anzahl der Leistungen der Radiologischen Abteilung nach Jahren

Jahr	1998	1999	2000	2001
Skelett, Gelenke, Wirbelsäule	9124	10751	10700	10640
Thorax und Thoraxorgane	7572	7759	8096	8735
Gastrointestinaltrakt	1260	1062	1354	1315
Schädel, einschl. Spezialaufnahmen	612	390	418	310
Niere und Harnwege	140	168	368	319
Mammographien	609	576	756	734
Lat. Urethrozystogramme	224	258	278	307
Darstellungen natürlicher und fehlerhafter Gangsysteme	40	60	14	7
Phlebo-, Anglo-, Lympho-, Hysterosalpingographien	56	60	56	38
Computertomographien	/	/	1208	1554
Filmdigitalisierungen	/	/	606	2021
Sonographien	/	/	152	30
Leistungen Gesamt	19637	21084	23996	25910

3.3 Aufbau- und Ablauforganisation der konventionellen Radiologie

Die Ablauforganisation der Abteilung ist in Abbildung 1 dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte ist der tabellarischen Prozessanalyse im Anhang 8.1 zu entnehmen.

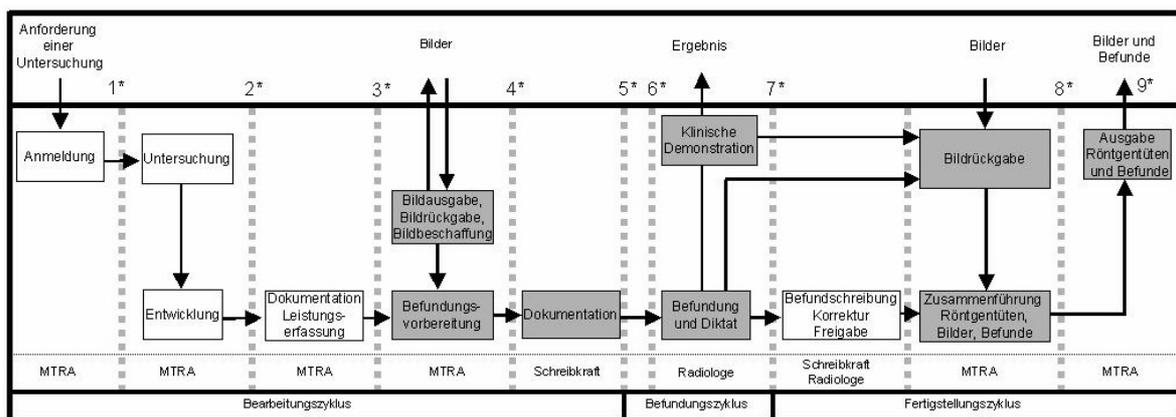


Abbildung 1: Ablauforganisation konventionelle Radiologie*

* Die aufgeführten Zahlen entsprechen den festgelegten Zeiten in Tabelle 2

Im konventionellen Betrieb wurden Röntgenaufnahmen von den Stationen und Ambulanzen handschriftlich auf Papier angefordert und an die Radiologie übermittelt. Die radiologische Abteilung verfügte bis Ende 1999 über einen Röntgenraum mit Buckytisch und Wandstativ, einen Arbeitsplatz für Durchleuchtungen (Diagnost 76, Fa. Philips, Hamburg) sowie ein Mammographiegerät (Mammo Diagnost 2000, Fa. Philips, Hamburg). Alle Aufnahmen wurden mit den herkömmlichen Film-Folien-Systemen angefertigt. Die angefertigten Aufnahmen wurden in der Dunkelkammer maschinell auf Folien entwickelt. Die digitalen Bilder der Durchleuchtungseinheit wurden ebenfalls auf Folie entwickelt.

Nach Anfertigung einer Röntgenaufnahme (Punkt 2 in Abb. 1) wurde die Untersuchung manuell dokumentiert (Leistungserfassung) und musste mit den Voraufnahmen des Patienten zusammengeführt werden. Die Archivierung der Röntgentüten erfolgte im Klinikarchiv. Alle Voraufnahmen eines Patienten wurden deshalb beim Archivpersonal oder den Abteilungen telefonisch angefordert (Bildbeschaffung) und von Hilfspersonal überbracht. Da ein Teil der Bilder den Patienten unbefundet mitgegeben wurde (insbesondere ambulanten Patienten aus der Notaufnahme, sowie Nachts und am Wochenende) mussten neben den Voraufnahmen auch die aktuellen Bilder von den Stationen und Ambulanzen später wieder angefordert werden. Von der MTRA wurde nach Abschluss dieser Bildaquisition alle relevanten Voraufnahmen den Röntgentüten entnommen und mit den aktuellen Aufnahmen zur Befundung zurechtgelegt (Befundvorbereitung). Im Anschluss wurde von der Schreibkraft die Untersuchung in der Patientenkartei dokumentiert und die Bilder dem Radiologen zur Befundung übergeben (Punkt 5 in Abb. 1).

Zur Befundung standen den Radiologen zwei Arbeitsplätze mit Alternator und einer mit Leuchtschirm zur Verfügung. Der Befund wurde auf Band diktiert und der Schreibkraft übergeben (Punkt 7 in Abb. 1). Die klinischen Demonstrationen fanden an einem Alternator im Konferenzraum der Röntgenabteilung statt. Hier wurde täglich jeweils eine Röntgenbesprechung für die Abteilung der Inneren Medizin und der Chirurgie abgehalten, bei der den behandelnden Ärzten alle befundeten Untersuchungen demonstriert wurden.

Nach Abschluss der Befundung, der klinischen Demonstration und nach Korrektur und Freigabe des diktierten Befundes wurden eventuell ausgegebene Bilder wieder angenommen und eine Befundkopie auf die Röntgentüte aufgeklebt. Nach Abschluss dieser Zusammenführung (Punkt 8 in Abb. 1) wurde die Röntgentüte und der Befund zur Abholung für die Stationen bereitgelegt.

Außerhalb der radiologischen Abteilung gab es zusätzlich einen eigenständigen Röntgenraum in der Kinderklinik und einen Durchleuchtungsplatz in der urologischen Ambulanz, die unabhängig von den Abläufen in der Radiologie betrieben wurden.

3.4 Aufbau und Systemarchitektur der digitalen Radiologie

Im Rahmen des Neubaus eines Kliniktraktes im Jahre 2000 wurde der Betrieb auf die digitale Lumineszenzradiographie (PCR, Fa. Philips, Hamburg) umgestellt und durch die Installation eines RIS (Rados, Fa. Philips, Hamburg) und PACS (Sectra, Fa. Philips, Hamburg) digitalisiert. Im Februar 2000 wurde der erste Patient im RIS erfasst und nach einer kurzen Übergangsphase wurde die Radiologie schließlich vollständig auf den digitalen Betrieb umgestellt. Seit Juni 2000 sind alle angeforderten Untersuchungen für die Stationen und Ambulanzen ausschließlich digital verfügbar mit digitaler Archivierung und Befundung am Monitor.

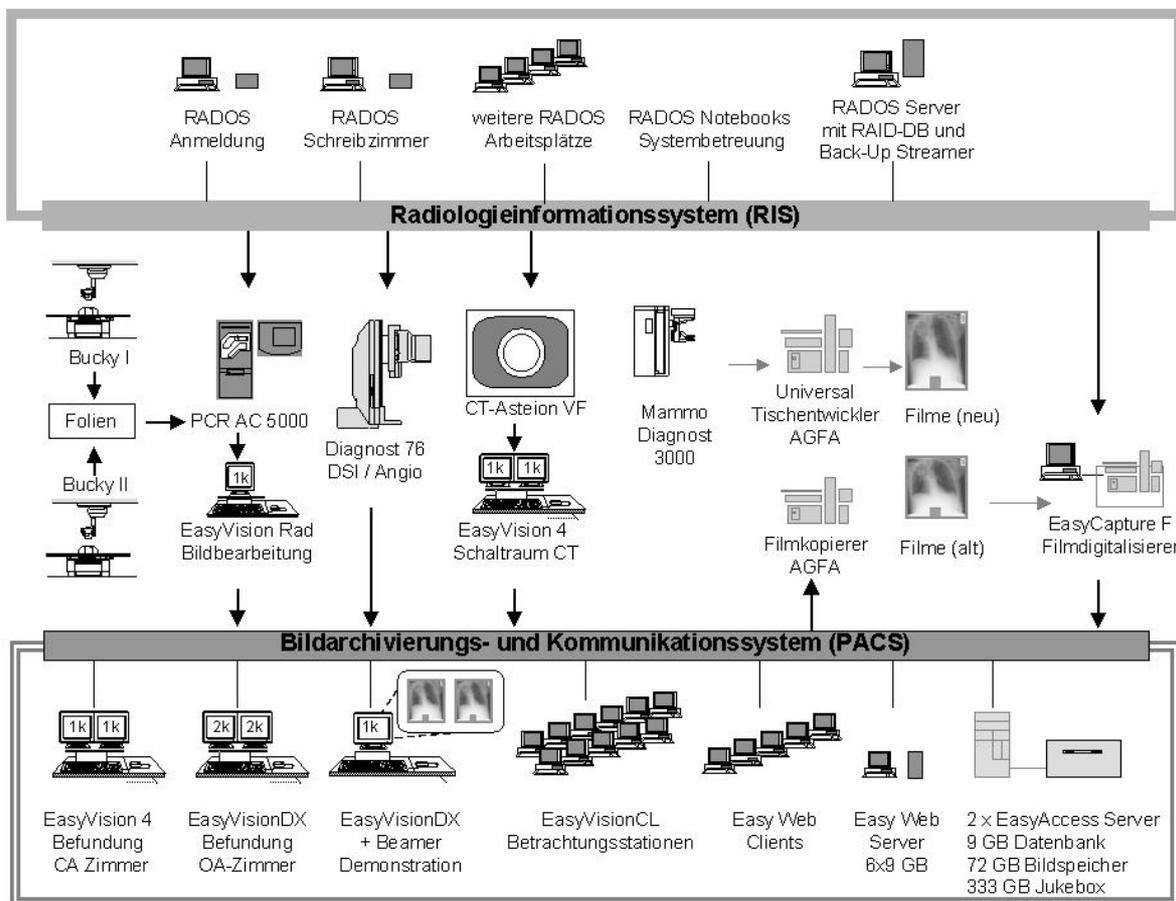


Abbildung 2: Systemarchitektur und Ausstattung der Röntgenabteilung 2001

Im Radiologieinformationssystem (RADOS, Fa. Philips) werden nun Patientendaten, Leistungsinformationen und Befunde gespeichert und mit den Bildern im digitalen Archiv verknüpft. Die Arbeitsplätze z.B. für die radiologische Anmeldung, die Befundschreibung und die Administration sind mit dem RIS verbunden und greifen zur Informationsverarbeitung auf die Datenbanken des Servers zu. An den Workstations mit Zugriff auf das Bildarchivierungssystem (Sectra, Fa. Philips) ist nun, je nach Berechtigung und Aufgabe die Nachbearbeitung, Betrachtung, Befundung oder Demonstration der Bilder möglich. Durch die Verknüpfung von RIS und PACS (sog. Easy-link-Verbindung) können an den PACS-Workstations auch die Befunde im RIS eingesehen werden.

In den neuen Räumlichkeiten befinden sich jetzt zwei Arbeitsplätze, an denen Aufnahmen mit der digitalen Lumineszenzradiographie angefertigt werden können (Bucky I und Bucky II). Mittels einer Laserkamera (Philips PCR) können die Bilder ausgelesen und im digitalen Archiv gespeichert werden. Die Durchleuchtungseinheit (Diagnost 76, Firma Philips, Hamburg) wurde in die neue Abteilung übernommen. Zusätzlich wurde die Abteilung um einen Computertomographen (Asteion, Fa. Toshiba, Neuss) erweitert. Alle an diesen Modalitäten gefertigten Aufnahmen sind digital vorhanden und werden im PACS gespeichert (vgl. Abbildung 2).

Für die Mammographie der neuen Abteilung blieb der konventionelle Betrieb vorläufig erhalten. Die Ausstattung für einen Film-Folien-Betrieb und die Filmentwicklung werden auch für einen Notbetrieb vorgehalten. Zum Scannen von konventionellen Filmen wurde ein Arbeitsplatz mit Filmdigitalisierer ausgestattet. Lediglich die externe Bildverteilung für weiterbehandelnde Ärzte und Krankenhäuser erfolgt noch auf Basis ausgedruckter Filme. Die Missionsärztliche Klinik arbeitet somit filmlos^{*}. Der Filmverbrauch lag im Februar 2001 bei ca. 15 Folien am Tag.

Die Personalstruktur der Abteilung wurde beibehalten und der halbtätige Betrieb des Computertomographen mit einer zusätzlichen, halben MTRA-Stelle besetzt. Auch die Betriebszeiten für Röntgenuntersuchungen und die Befundung wurden nicht geändert. Die Durchleuchtungseinheit in der urologischen Abteilung und die Röntgenanlage der Kinder-

* Nach gängiger Definition wird ein Krankenhaus mit einem Restfilmverbrauch unter 5% als filmlos bezeichnet.

klirik wurden zunächst nicht an das digitale System angegliedert und arbeiten weiterhin eigenständig im konventionellen Betrieb.

3.5 Ablauforganisation der digitalen Radiologie

Die Arbeitsabläufe in der neuen Abteilung wurden weitestgehend an den alten Abläufen orientiert. Eine detaillierte Beschreibung der Arbeitsabläufe ist der tabellarischen Prozessanalyse in Anhang 8.2 zu entnehmen.

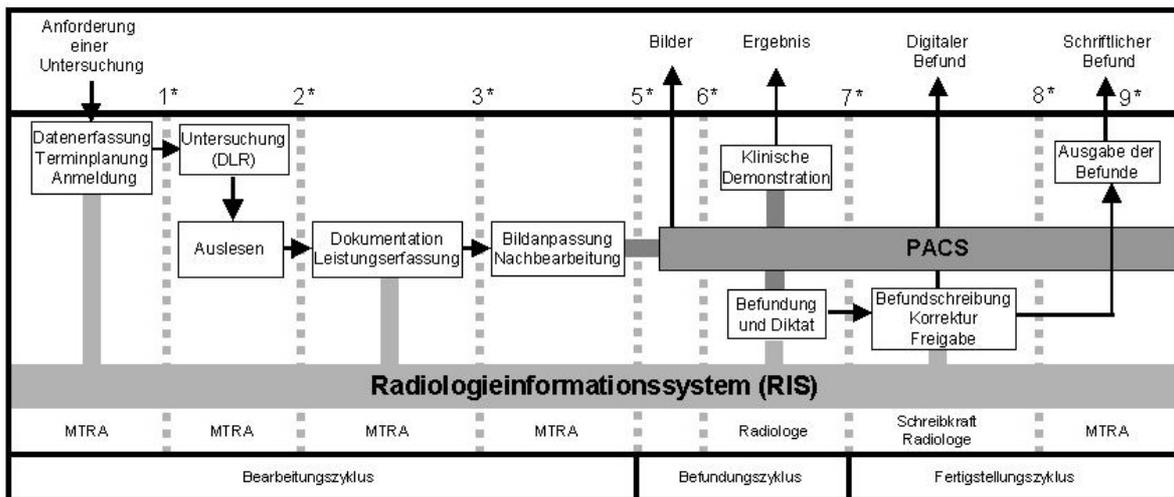


Abbildung 3: Ablauforganisation digitale Radiologie *

Die Leistungen der Radiologie werden, wie in der alten Abteilung, von den Stationen handschriftlich auf Papier angefordert. Hat die MTRA einen Auftrag erhalten, erfolgt die Eingabe der Stammdaten im RIS (Stammdatenerfassung) oder eine Übernahme der Daten aus dem KIS (Clinicom, Fa. Siemens, Erlangen) und die entsprechende Untersuchung wird angelegt und terminiert (Auftragserfassung und Terminplanung). Erst wenn dieser Prozess abgeschlossen ist (Punkt 1 in Abb. 3) kann die Röntgenuntersuchung durchgeführt werden.

In der neuen Abteilung befinden sich zwei Arbeitsplätze, an denen Aufnahmen mit der digitalen Lumineszenzradiographie (DLR) angefertigt werden können (vgl. Abbildung 2).

* Die aufgeführten Zahlen entsprechen den festgelegten Zeiten in Tabelle 2

Die Kassetten werden dem Patienten im RIS zugeordnet und nach Anfertigung der Aufnahmen mittels Laserkamera (Philips PCR) eingelesen.

Nach der Untersuchung (Punkt 2 in Abb. 3) werden alle Leistungsdaten im RIS dokumentiert (Leistungserfassung). Die Röntgenbilder werden anschließend an der Nachbearbeitungsstation bearbeitet. Bereits während des Nachbearbeitungsvorganges sind die Aufnahmen im ganzen Haus an den Betrachtungsstationen abrufbar, deren Bildqualität eine Befundung erlauben (insgesamt 11 Betrachtungsstationen). Da die Patienten- und Leistungsdaten im RIS gespeichert sind entfällt der Schritt einer weiteren Dokumentation, wie er im konventionellen Betrieb notwendig war (vgl. Abbildung 1).

Zur Befundung erhält der Radiologe den Anforderungsschein (Punkt 5 in Abb. 3) und kann die Bilder an einer der beiden Befundungsstationen (EasyVision) in der Radiologie betrachten (vgl. Abbildung 2). Die Befunde werden auch in der neuen Abteilung auf Band diktiert und an die Schreibkraft übergeben (Punkt 7 in Abb. 3). Für die täglichen Demonstrationen kopiert der Radiologe die Untersuchungen während der Befundung in einen Ordner und präsentiert die zusammengestellten Bilder an der Workstation mit Beamer im Konferenzraum.

Die auf Band diktierten Befunde werden von einer Schreibkraft am PC geschrieben, im RIS abgespeichert und auf Papier ausgedruckt. Die Ausgabe der Befunde (Punkt 9 in Abb. 3) erfolgt also wie früher im konventionellen Betrieb, auch wenn der Befund - allerdings ohne Unterschrift - an den im Haus verteilten Betrachtungsstationen eingesehen werden kann.

3.6 Prozessanalyse und Zeiterfassung

Zur Erfassung der Arbeitsabläufe innerhalb der Radiologie wurde im November 1999, als sich die Abteilung in gewohntem, konventionellen Betrieb befand eine Analyse der Prozessabläufe durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Form einer tabellarischen Prozessanalyse (Anhang 8.1 und 8.2) zusammengefasst. Anhand der Prozessanalyse wurden die Untersuchungsgänge in Teilprozesse zerlegt, die so weit wie möglich mit den Abläufen in der geplanten, neuen Abteilung vergleichbar sein sollten (vgl. Tabelle 2). Auf den Anforderungsscheinen der Untersuchung wurde vom ausführenden Personal (MTRA, Schreibkraft, Arzt) oder einem teilnehmenden Beobachter Datum und Uhrzeit doku-

mentiert, sobald ein Teilprozess begonnen wurde oder abgeschlossen war (minutengenau nach synchronisierten Uhren). An 14 aufeinanderfolgenden Arbeitstagen wurden alle neu beginnenden Untersuchungen mit den einzelnen Teilprozessen bis zu ihrem kompletten Abschluss dokumentiert. Im gleichen Zeitraum wurde vom Personal der Notaufnahme für ambulante Patienten Zeitpunkt des Überweisens (bzw. Begleitens) in die Radiologie und deren Rückkehr in die Notaufnahme dokumentiert.

Tabelle 2: Definition der Zeitpunkte im Prozessablauf für die Zeiterfassung

Konventioneller Film-Folien-Betrieb (Nov/Dez 1999)	Digitaler RIS-PACS Betrieb (Feb/März 2001)
Zeit 1: Untersuchungsbeginn: Patient betritt den Untersuchungsraum	Zeit 1: Untersuchungsbeginn: Patient betritt den Untersuchungsraum
Zeit 2: Untersuchungsende: Patient wird wieder auf Station / in Ambulanz entlassen	Zeit 2: Untersuchungsende: Patient wird wieder auf Station / in Ambulanz entlassen
Zeit 3: Abschluss der Dokumentation: Alle Dokumentationen sind getätigt, Anforderungsschein wird zur Bildbeschaffung abgelegt	Zeit 3: Abschluss der Dokumentation: Alle Dokumentationen im System sind getätigt, Anforderungsschein wird zur Bildnachbearbeitung abgelegt
Zeit 4: Abschluss der Bildaquisition: Röntgentüte, Röntgenaufnahmen und Anforderungsschein werden zur Dokumentation ins Sekretariat übergeben	Zeit 4: entfällt
Zeit 5: Akte zum Befunden: Dokumentation ist abgeschlossen und Unterlagen werden zum Arzt zur Befundung bereit übergeben	Zeit 5: Abschluss der Nachbearbeitung: Bilder sind bearbeitet und im PACS gespeichert, Anforderungsschein wird dem Radiologen bereitgelegt
Zeit 6: Befundungsbeginn: Radiologe beginnt mit der Betrachtung der jeweiligen Unterlagen	Zeit 6: Befundungsbeginn: Radiologe beginnt mit der Betrachtung der jeweiligen Unterlagen
Zeit 7: Zusammenführung: Unterlagen vom Radiologen zurück zur Zusammenführung und zum Schreiben (evtl. Einbehalten von Bildern zur Demo)	Zeit 7: Zum Schreiben: Radiologe bringt die Anforderung und das Diktatband zur Schreibkraft
Zeit 8: Zusammenführung beendet: Der Befund wurde fertiggestellt, alle Bilder sind wieder zurückgegeben, Röntgentüte kommt in das Ausgangsfach	Zeit 8: Befund geschrieben: Befund wird im PC gespeichert und ausgedruckt
Zeit 9: Akte verlässt die Radiologie: Ausgangsfach wird geleert. Die Röntgentüten und Befunde werden in die Stationsfächer zur Abholung einsortiert	Zeit 9: Befund verlässt Radiologie Der schriftliche Befund ist kontrolliert und wird in die Stationsfächer zur Abholung einsortiert
Zeit 10: Untersuchungsanfang Notaufnahme Patient wird mit Anforderungsschein in die Radiologie geschickt oder begleitet	Zeit 10: Untersuchungsanfang Notaufnahme Patient wird mit Anforderungsschein in die Radiologie geschickt oder begleitet
Zeit 11: Untersuchungsende Notaufnahme Patient meldet sich zurück von der Untersuchung bzw. Patient kann abgeholt werden	Zeit 11: Untersuchungsende Notaufnahme Patient meldet sich zurück von der Untersuchung bzw. Patient kann abgeholt werden

In einer weiteren Erfassung wurde an 15 verschiedenen Tagen in Stichproben die Befundungsdauer am Alternator gemessen. Von einem nicht teilnehmenden Beobachter wurde mit einer Stoppuhr gemessen, wie lange der Facharzt der Abteilung für die Bearbeitung einer Untersuchung benötigt. Diese Zeit beinhaltet neben allen Arbeitsschritten des Radiologen auch alle Störfaktoren, wie z.B. die zusätzliche Bildersuche in der Röntgentüte (vgl. Punkt 8 der tabellarischen Prozessanalyse, Anhang 8.1).

Nach der Umstellung auf die digitale Lumineszenzradiographie und die radiologischen Systeme (RIS und PACS) wurden auch in gleicher Weise die Arbeitsabläufe der neuen

Abteilung analysiert (vgl. tabellarische Prozessanalyse, Anhang 8.2). Im Februar und März 2001, nach Abschluß der Einarbeitungszeit und einer Phase der Gewöhnung wurden auch die Zeiterfassungen in der Radiologie, der Notaufnahme und die Messung der Befundungsdauer am Monitor in gleicher Art und Weise wie zuvor in der konventionellen Abteilung wiederholt.

3.7 Berechnung der Teilprozesse

Die Arbeitsabläufe von der Anfertigung der Röntgenaufnahme des Patienten bis zur Fertigstellung des schriftlichen Befundes wurden in bestimmte Teilzyklen unterteilt (vgl. Tabelle 3). Mit Hilfe der dokumentierten Uhrzeiten wurde anschließend die Dauer der jeweiligen Teilzyklen errechnet. Um aus den gemessenen Zeiten eine Aussage über die Effizienz der Abteilung ableiten zu können wurde die Erfassung nur während der Vollarbeitszeit von 8 Uhr bis 18 Uhr durchgeführt. Für die Ergebnisse wurde, sobald die Fertigstellung eines Prozesses nicht am selben Tag geschehen konnte, die Zeit der dazwischen liegenden Nächte, Wochenenden oder Feiertage abgezogen. Hieraus ergibt sich letztendlich die echte Bearbeitungszeit für die einzelnen Prozesse, da alle Arbeitsschritte nach Abschluss der Untersuchung eines Patienten (z.B. Bildakquisition oder Befundung) nur wochentags von 8 Uhr bis 18 Uhr stattfinden.

Tabelle 3: Unterteilung der Arbeitsabläufe in Teilprozesse*

Konventioneller Film-Folien-Betrieb (Nov/Dez 1999)		Digitaler RIS-PACS Betrieb (Feb/März 2001)	
Zeit 1 bis Zeit 2	Untersuchungsdauer des Patienten	Zeit 1 bis Zeit 2	Untersuchungsdauer des Patienten
Zeit 10 bis Zeit 11	Untersuchungsdauer aus Sicht der Notaufnahme	Zeit 10 bis Zeit 11	Untersuchungsdauer aus Sicht der Notaufnahme
Zeit 1 bis 5	Bearbeitungszyklus	Zeit 1 bis Zeit 5	Bearbeitungszyklus
Zeit 5 bis Zeit 7	Befundungszyklus	Zeit 5 bis Zeit 7	Befundungszyklus
Zeit 7 bis Zeit 9	Fertigstellungszyklus	Zeit 7 bis Zeit 9	Fertigstellungszyklus
Zeit 1 bis Zeit 9	Zeit bis zur Befundverfügbarkeit (schriftlich)	Zeit 1 bis Zeit 9	Zeit bis zur Befundverfügbarkeit (schriftlich)
		Zeit 1 bis Zeit 8	Zeit bis zur Befundverfügbarkeit (digital)

* die Nummern der Zeiten entsprechen den definierten Zeiten in Tabelle 2

3.8 Ausgeschlossene Untersuchungen

In die Erfassung eingeschlossen wurden Übersichtsaufnahmen aller Körperregionen, die am Buckytisch oder Wandstativ angefertigt wurden. Ausgeschlossen wurden Untersuchungen, die in geringer Zahl durchgeführt wurden oder solche, die aufgrund der verhältnismäßig langen Dauer oder zu großer Unterschiede im Prozessablauf nicht mit den Übersichtsaufnahmen vergleichbar waren (Konventionelle Schichtaufnahmen, Durchleuchtungen des Gastrointestinaltraktes und der Nieren, Angiographien, Mammographien). Desweiteren wurden keine CT-Untersuchungen erfasst, da ein Computertomograph erst mit dem Bau der neuen Abteilung angeschafft wurde. Um ein repräsentativen Querschnitt des Patientenkollektives zu erhalten wurden keine patientenbezogenen Ausschlusskriterien getroffen.

3.9 Statistische Auswertung

Da der Mittelwert nur bei normalverteilten Werten angewendet werden kann, wurden Median und Standardabweichung zur Betrachtung der mittleren Dauer gemessener Zeiten berechnet. Die jeweils gegenübergestellten Daten aus konventionellem und digitalem Betrieb wurden als ungepaarte Stichproben angesehen. Aufgrund der ungleichen Anzahl an Stichproben in den gegenübergestellten Gruppen erfolgte die Berechnung der Signifikanz mit dem Mann-Whitney U-Test. Eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ wurde als signifikant angesehen. Die statistische Auswertung erfolgte unter Nutzung der Programme SPSS für Windows und Microsoft Excel.

4 Ergebnisse

4.1 Untersuchungsdauer des Patienten

Die Analyse der Untersuchungsdauer des Patienten (Betreten des Untersuchungsraumes bis zur Entlassung aus der Röntgenabteilung) ergab eine signifikante Verkürzung (Senkung des Median von 8 min \pm 8 min konventionell auf 5 min \pm 6 min digital; $p < 0,001$). Die Dauer der Röntgenuntersuchung ist für den Patienten somit im digitalen Betrieb im Mittel kürzer als sie noch im konventionellen Betrieb war (vgl. Abbildung 4 und 5).

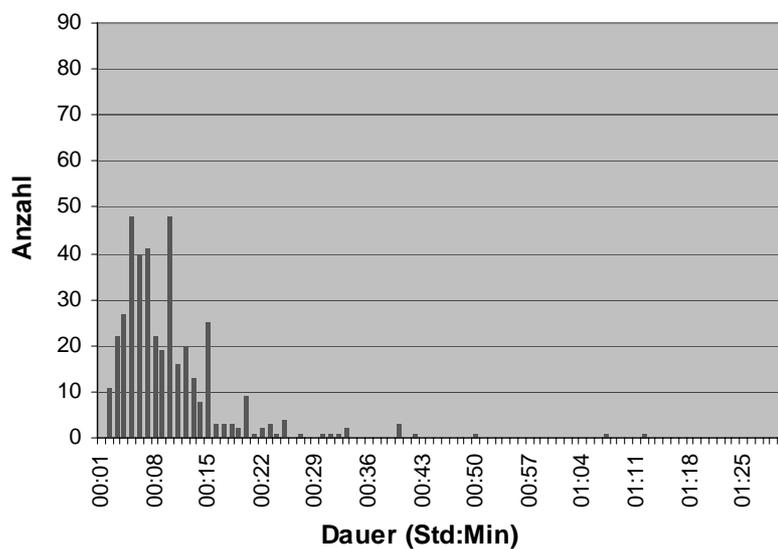


Abbildung 4: Untersuchungsdauer für den Patienten im konventionellen Betrieb (n=406)

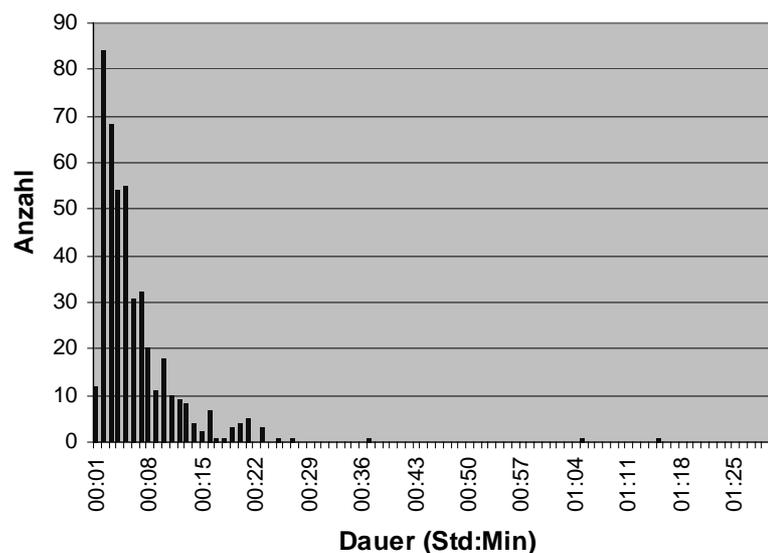


Abbildung 5: Untersuchungsdauer für den Patienten im digitalen Betrieb (n=447)

Bei getrennter Betrachtung ergibt sich für ambulante und stationäre Patienten kein signifikanter Unterschied bezüglich der Untersuchungsdauer (vgl. Tabelle 4). Die Untersuchung ist für ambulante und stationäre Patienten im konventionellen und im digitalen Betrieb jeweils von gleicher Dauer.

Tabelle 4: Vergleich der Untersuchungsdauer ambulanter und stationärer Patienten

System/Betrieb	Patientengruppe	Anzahl	Median (hh:mm)	Standard- abweichung (hh:mm)	Signifikanz (U-Test)
Konventionell	ambulant	n=198	00:08	00:08	nicht signifikant
	stationär	n=208	00:08	00:08	nicht signifikant
RIS/PACS	ambulant	n=177	00:04	00:06	nicht signifikant
	stationär	n=270	00:05	00:06	nicht signifikant

Aus Sicht der Notaufnahme waren die Patienten zu den Röntgenaufnahmen kürzer abwesend. Der Median von 25 min \pm 20 min konventionell Betrieb nahm auf 23 min \pm 14 min im digitalen Betrieb ab. Die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.

4.2 Bearbeitungszyklus

Der Bearbeitungszyklus entspricht der Zeit bis die Unterlagen komplett zur Befundung beim Radiologen vorliegen. Dieser Zyklus beinhaltet somit die komplette Bildakquisition, einschließlich der Röntgenaufnahmen, die dem Patienten zunächst unbefundet mitgegeben wurden (Erläuterung vgl. Kapitel 3.3). Der Bearbeitungszyklus in der konventionell arbeitenden Abteilung war mit einem Median von 2 Std 37 min \pm 9 Std 6 min wesentlich länger als der selbe Zyklus im digitalen Betrieb mit einem Median von 17 min \pm 26 min (vgl. Abbildungen 6 und 7). Im digitalen Betrieb dauerte der Bearbeitungszyklus für keine Untersuchung länger als 2 Std 37 min und wurde auch stets am selben Tag noch abgeschlossen (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5: Vergleich des Bearbeitungszyklus im digitalen und konventionellen Betrieb

System	Anzahl	Signifikanz (U-Test)	Dauer des Bearbeitungszyklus			Anteil fertiggestellter Untersuchungen		
			Median (hh:mm)	Standard- abweichung (hh:mm)	Höchster Wert (hh:mm)	Am selben Tag fertiggestellt	Am nächsten Tag fertiggestellt	Später fertiggestellt
konventionell	n=335	p<0,001	02:37	09:06	138:10	50,0 %	45,1 %	4,9 %
RIS+PACS	n=246		00:17	00:26	02:37	100,0 %	0 %	0 %

Im konventionellen Betrieb hingegen konnten lediglich 50 % der Untersuchungen soweit bearbeitet werden, dass sie noch am selben Tag an den befundenden Arzt weitergeleitet werden konnten. Bei 4,9 % der Untersuchungen (n=18) waren die zur Befundung nötigen Unterlagen selbst am nächsten Arbeitstag nicht zusammengestellt. Die längste, gemessene Dauer lag bei 138 Std 10 min, was einer absoluten Bearbeitungszeit von 13 Arbeitstagen entspricht (vgl. Ausgleichsberechnung in Kapitel 3.7). Bei 2 % (n=6) blieb die Bildbeschaffung erfolglos. Die Aufnahmen der Patienten wurden letztendlich ohne die relevanten Voraufnahmen befundet.

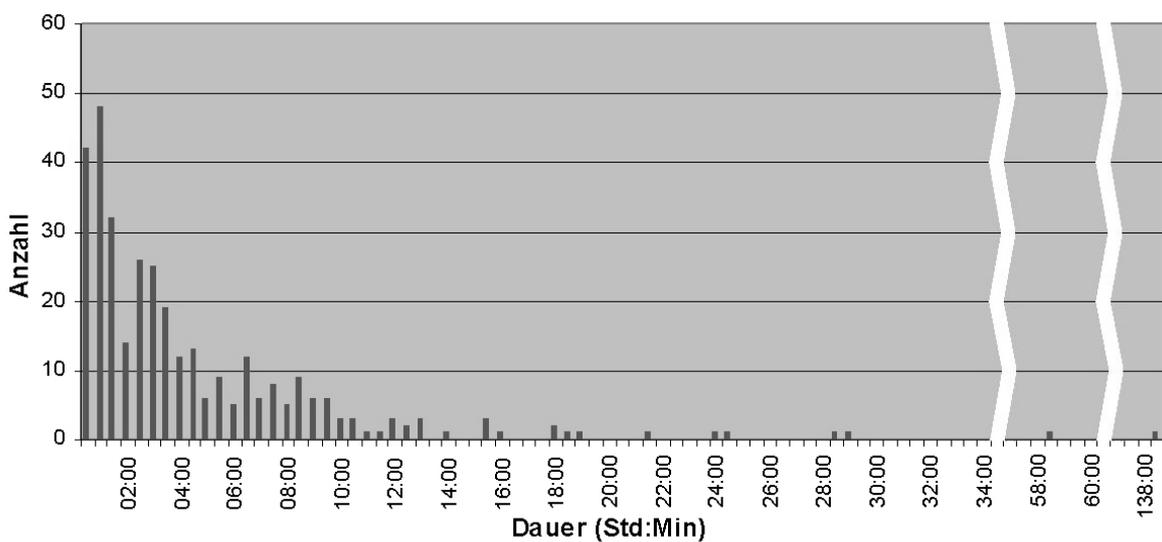


Abbildung 6: Dauer des Bearbeitungszyklus im konventionellen Betrieb (n=335)

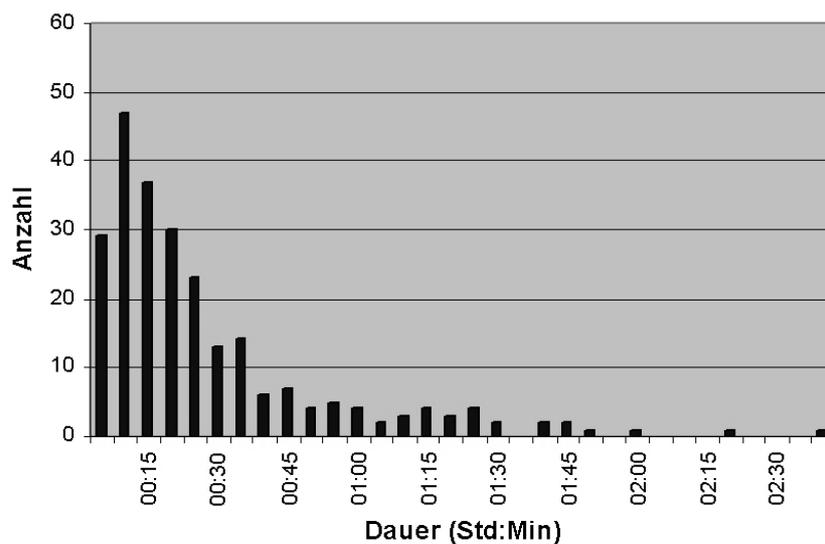


Abbildung 7: Dauer des Bearbeitungszyklus im digitalen Betrieb (n=246)

4.3 Befundungszyklus

Die Abläufe, die als Befundungszyklus zusammengefasst wurden (d.h. von Weitergabe der Unterlagen zum Radiologen bis zur Übergabe an die Schreibkraft bzw. zur Zusammenführung im konventionellen Betrieb), waren mit einem Median von 2 Std 10 min in der konventionell und der digital arbeitenden Abteilung im Mittel von gleicher Dauer (vgl. Abbildung 8). Nach der Umstellung auf den digitalen Betrieb konnten demnach die Arbeitsabläufe zwischen der Übermittlung der Daten zum Radiologen und der Weitergabe der jeweiligen Patientenunterlagen zur Schreibkraft in der gleichen Zeit bearbeitet werden (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Vergleich des Befundungszyklus im digitalen und konventionellen Betrieb

System	Anzahl	Signifikanz (U-Test)	Dauer des Befundungszyklus			Anteil fertiggestellter Untersuchungen		
			Median (hh:mm)	Standardabweichung (hh:mm)	Höchster Wert (hh:mm)	Am selben Tag fertiggestellt	Am nächsten Tag fertiggestellt	Später fertiggestellt
konventionell	n=341	p=0,686 nicht sign.	02:10	03:54	28:15	90,1 %	8,1 %	1,7 %
RIS+PACS	n=267		02:10	03:41	36:50	87,2 %	12,2 %	0,6 %

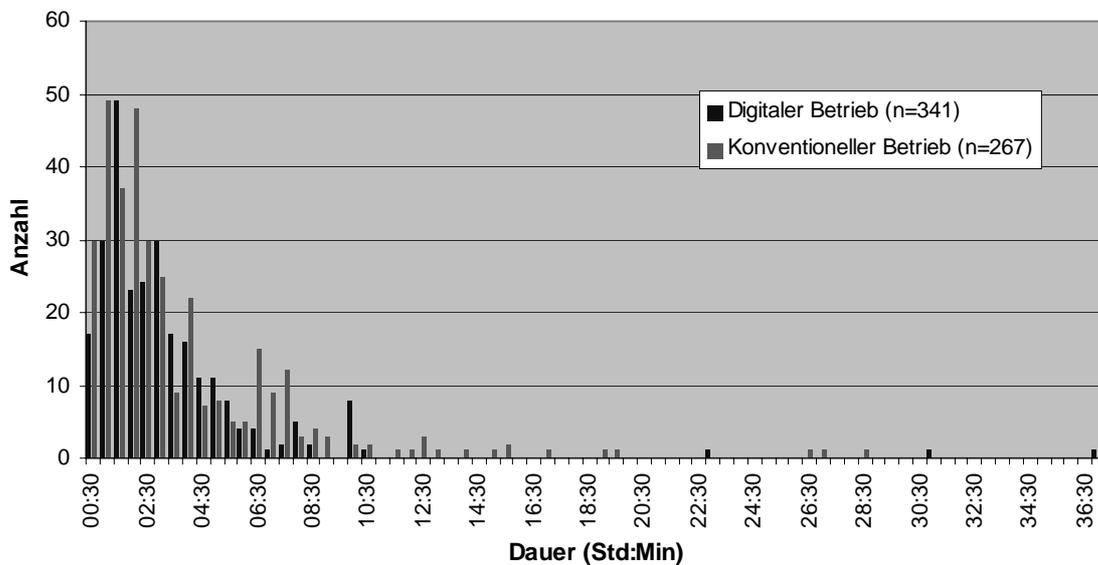


Abbildung 8: Dauer des Befundungszyklus im konventionellen und digitalen Betrieb

4.4 Fertigstellungszyklus

Die Dauer des Fertigstellungszyklus, d.h. aller Arbeitsschritte vom fertigen Diktat bis zum Verschicken des schriftlichen Befundes auf die Stationen (im konventionellen Betrieb mit zusätzlichem Verschicken der Röntgentüten) betrug im konventionellen Betrieb im Median 6 Std 15 min \pm 7 Std 12 min (vgl. Abb. 9) und im digitalen Betrieb 8 Std 45 min \pm 4 Std (vgl. Abb. 10). Die Unterschiede hierbei waren signifikant ($p < 0,001$).

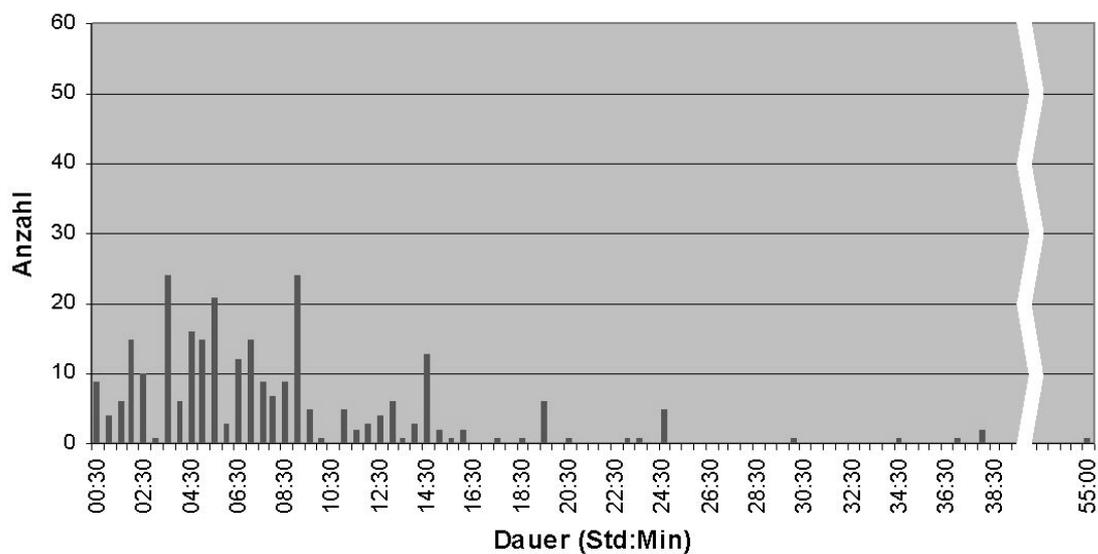


Abbildung 9: Dauer des Fertigstellungszyklus im konventionellen Betrieb (n=282)

Dieser Zyklus konnte im digitalen Betrieb für deutlich weniger Untersuchungen noch am Untersuchungstag beendet werden. Im konventionellen Betrieb war dies für 50,6 %, im digitalen nur bei 24,7 % der Untersuchungen der Fall. Der höchste, gemessene Wert war allerdings im digitalen Betrieb mit 26 Std 40 min nur fast halb so lang wie der Höchstwert im konventionellen Betrieb (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Vergleich des Fertigstellungszyklus im digitalen und konventionellen Betrieb

System	Anzahl	Signifikanz (U-Test)	Dauer des Fertigstellungszyklus			Anteil fertiggestellter Untersuchungen		
			Median (hh:mm)	Standardabweichung (hh:mm)	Höchster Wert (hh:mm)	Am selben Tag fertiggestellt	Am nächsten Tag fertiggestellt	Später fertiggestellt
konventionell	n=282	p<0,001	06:15	07:12	54:50	50,6 %	38,3 %	11,0 %
RIS+PACS	n=388		08:45	04:00	26:40	24,7 %	69,3 %	5,9 %

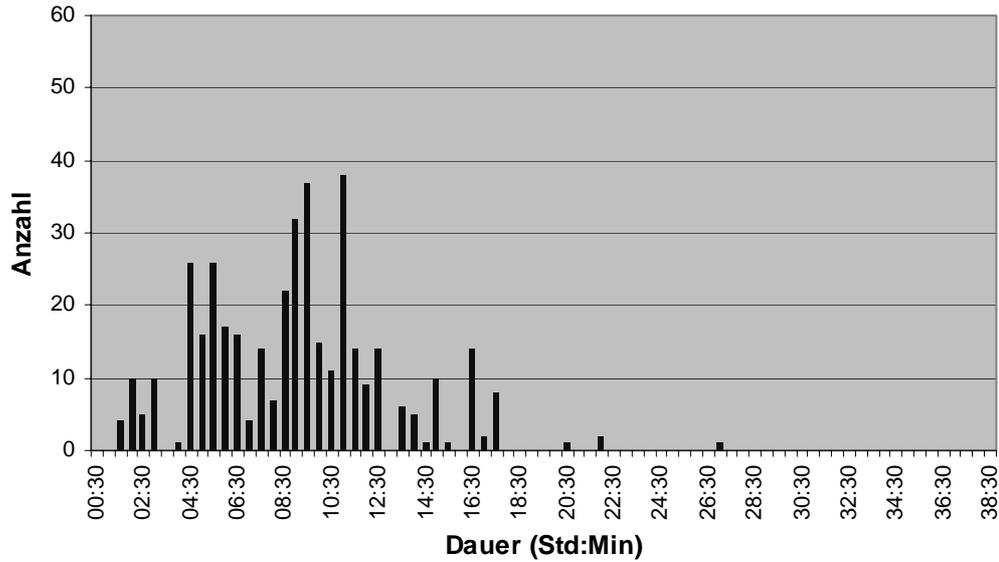


Abbildung 10: Dauer des Fertigstellungszyklus im digitalen Betrieb (n=388)

4.5 Zeit bis zur Verfügbarkeit der Befunde

Fasst man die Dauer aller radiologischen Prozessabläufe zusammen, d.h. alle Arbeitsschritte, die von Beginn der Röntgenuntersuchung bis zur Verfügbarkeit des schriftlichen Befundes und der endgültigen Ausgabe der Röntgentüte eines Patienten stattfinden, so ergab sich ebenfalls ein signifikanter Unterschied ($p < 0,001$). Im konventionellen Betrieb vergingen im Median 15 Std 12 min \pm 11 Std 2 min (vgl. Abbildung 11). In der mit RIS und PACS arbeitenden Abteilung waren die schriftlichen Befunde mit einem Median von 11 Std 51 min \pm 5 Std 8 min früher verfügbar (vgl. Abbildung 12). Im digitaler Form - aber nicht vom Radiologen gegengelesen und ohne Unterschrift - lagen die Befunde im RIS mit einem Median von 6 Std 25 min \pm 3 Std 21 min vor (vgl. Abbildung 13) und konnten an einer der im Haus verteilten Betrachtungsstationen bereits eingesehen werden.

Tabelle 8: Vergleich der Zeit bis zur Befundverfügbarkeit im digitalen und konventionellen Betrieb

Prozessablauf / Zeit	System	Anzahl	Signifikanz (U-Test)	Dauer bis zur Befundverfügbarkeit			Anteil fertiggestellter Untersuchungen		
				Median (hh:mm)	Standardabweichung (hh:mm)	Höchster Wert (hh:mm)	Am selben Tag fertiggestellt	Am nächsten Tag fertiggestellt	Später fertiggestellt
Zeit bis zur Verfügbarkeit des schriftlichen Befund	konventionell	n=293	$p < 0,001$	15:12	11:02	89:55	16,9 %	47,6 %	35,6 %
	RIS+PACS	n=370		11:51	05:08	32:20	20,2 %	67,0 %	12,8 %
Zeit bis zur Verfügbarkeit des digitalen Befund	konventionell	-	$p < 0,001$ *	-	-	-	-	-	-
	RIS+PACS	n=449		06:25	03:21	23:30	22,9 %	72,4 %	4,7 %

(* die Signifikanz bezieht sich auf den Vergleich mit der Verfügbarkeit des schriftlichen Befundes im konventionellen Betrieb)

22,9 % der digitalen Befunden waren noch am Untersuchungstag im RIS abrufbar. Von den schriftlichen Befunden verließen im digitalen Betrieb 20,2 % noch am Tag der Untersuchung die Radiologie. Im konventionellen Betrieb war dies für 16,9 % der Fall. Einen Arbeitstag nach der Untersuchung konnten im digitalen Betrieb weitere 72,4 % im RIS gespeichert und 67,0 % der schriftlichen Befunde unterschrieben verschickt werden. Am Abend eines Tages konnte somit für 95,3 % der Untersuchungen des vorangegangenen Arbeitstages der Befund im RIS eingesehen werden und für 87,2 % der schriftliche Befund verschickt werden. Im konventionellen Betrieb war am Abend eines Arbeitstages für 64,5 % der Untersuchungen des Vortages der Befund verschickt (vgl. Tabelle 8).

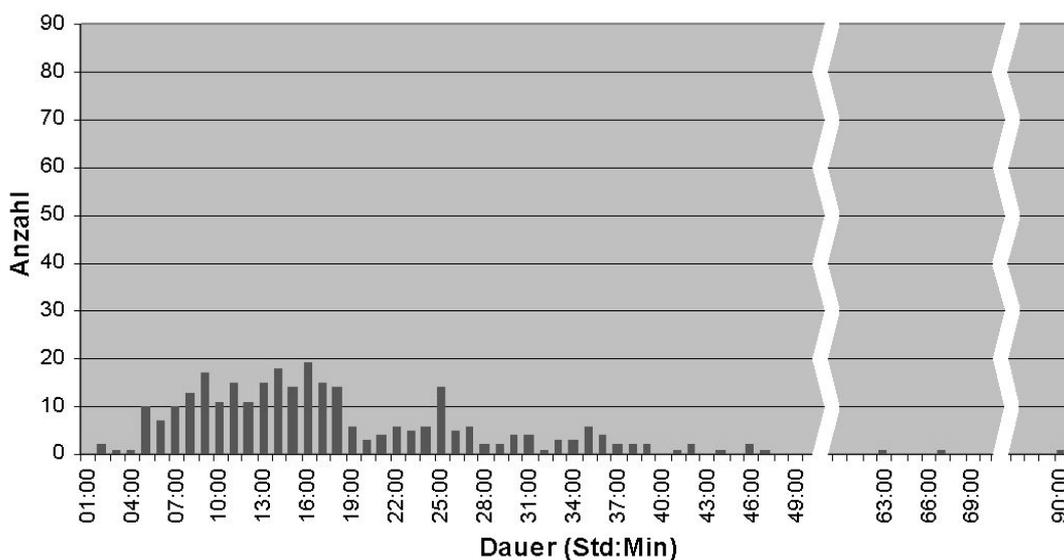


Abb. 11: Zeit bis zur Verfügbarkeit des schriftlichen Befundes im konventionellen Betrieb (n=293)

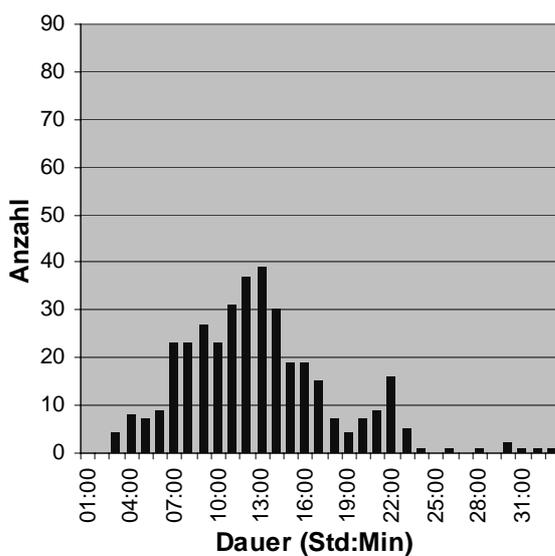


Abb. 12: Zeit bis zur Verfügbarkeit des schriftlichen Befundes im digitalen Betrieb (n=370)

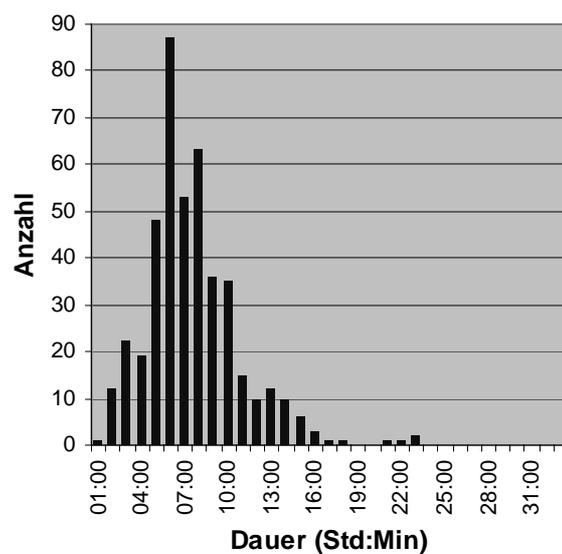


Abb. 13: Zeit bis zur Verfügbarkeit des digitalen Befundes (n=449)

4.6 Dauer der Befundung

Der Radiologe benötigte für die Befundung einer Röntgenuntersuchung am Alternator im Median 76 Sekunden \pm 77 Sekunden (vgl. Abbildung 14). Gegenüber der Befundung der Aufnahmen einer Untersuchung am Monitor, die im Median 72 Sekunden \pm 48 Sekunden in Anspruch nahm ergab sich kein signifikanter Unterschied ($p > 0,05$).

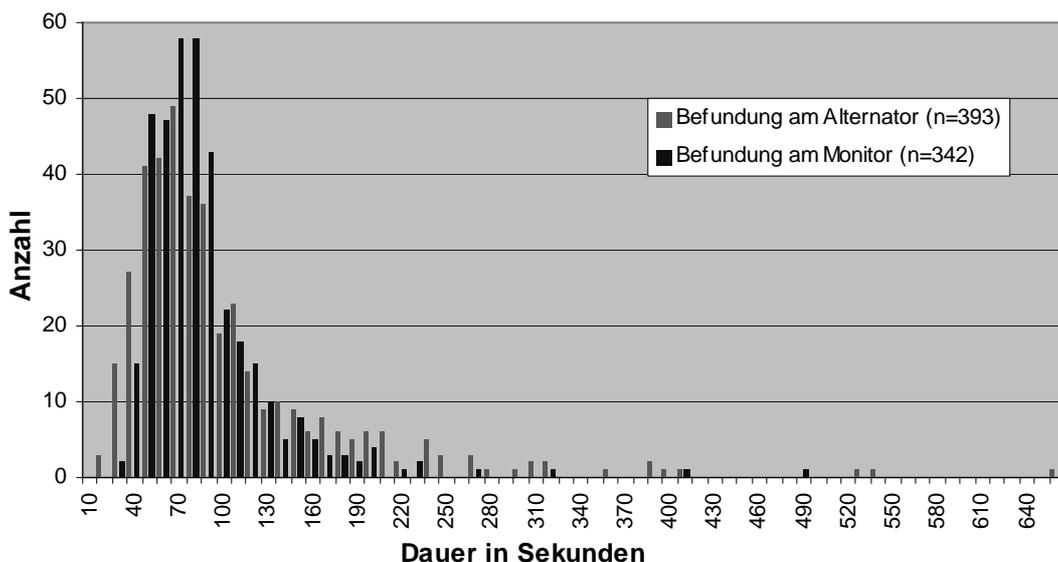


Abbildung 14: Vergleich der Befundungsdauer am Alternator und am Monitor

Für einen großen Anteil der Röntgenuntersuchungen lagen keine bzw. keine für die Befundung relevanten Voraufnahmen des Patienten vor. Der Patient oder die entsprechende Körperregion des Patienten wurden erstmalig untersucht. Der Anteil dieser Erstuntersuchungen war im digitalen Betrieb mit 52 % nur geringfügig niedriger als im konventionellen Betrieb mit 59,8 %. Der Radiologe benötigte für die Befundung der Erstuntersuchungen im digitalen Betrieb (am Monitor) und im konventionellen Betrieb (am Alternator) genauso viel Zeit (Unterschied nicht signifikant, vgl. Tabelle 9). War die Betrachtung relevanter Voraufnahmen notwendig, nahm die Befundung am Monitor mit 77 ± 41 Sekunden signifikant weniger Zeit in Anspruch ($p < 0,001$) als die Befundung am Alternator im konventionellen Betrieb (Median 89 ± 96 Sekunden).

Tabelle 9: Vergleich der Befundungsdauer im konventionellen und digitalen Betrieb

Bezeichnung	System	Anzahl	Anteil	Signifikanz (U-Test)	Median	Standardabweichung	Höchster Wert
Alle Untersuchungen	Filme/Alternator	n=393	100 %	p=0,200 nicht sign.	76 sek	77 sek	651 sek
	PACS/Monitor	n=342	100 %		72 sek	48 sek	491 sek
Untersuchungen ohne Voraufnahmen	Filme/Alternator	n=235	59,8 %	p=0,793 nicht sign.	67 sek	55 sek	386 sek
	PACS/Monitor	n=178	52,0 %		65 sek	53 sek	319 sek
Untersuchungen mit Voraufnahmen	Filme/Alternator	n=158	40,2 %	p<0,001	89 sek	96 sek	651 sek
	PACS/Monitor	n=164	48,0 %		77 sek	41 sek	491 sek
Anzahl betrachteter Voraufnahmen	konventionell	n=158	40,2 %	p=0,427 nicht sign.	0,75	1,21	12
	RIS+PACS	n=164	48,0 %		0,68	0,83	10

4.7 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die in den Kapiteln 4.1 bis 4.6 dargestellten Ergebnisse und deren statistischer Auswertung sind noch einmal in Tabelle 10 als Übersicht zusammengefasst.

Tabelle 10: Übersicht der Ergebnisse aller Erfassungen

Prozessablauf / Zeit	System	Anzahl	Median (hh:mm)	Standardabweichung (hh:mm)	Höchster Wert (hh:mm)	Am selben Tag fertiggestellt	Am nächsten Tag fertiggestellt	Später fertiggestellt	Signifikanz (U-Test)
Untersuchungsdauer für den Patienten	konventionell	n=406	00:08	00:08	01:30	-	-	-	p<0,001
	RIS+PACS	n=447	00:05	00:06	01:15	-	-	-	
Untersuchungsdauer aus Sicht der Notaufnahme	konventionell	n=198	00:25	00:20	01:47	-	-	-	p=0,780 nicht sign.
	RIS+PACS	n=234	00:23	00:14	01:34	-	-	-	
Bearbeitungszyklus	konventionell	n=335	02:37	09:06	138:10	50,0 %	45,1 %	4,9 %	p<0,001
	RIS+PACS	n=246	00:17	00:26	02:37	100 %	0 %	0 %	
Befundungszyklus	konventionell	n=341	02:10	03:54	28:15	90,1 %	8,1 %	1,7 %	p=0,686 nicht sign.
	RIS+PACS	n=267	02:10	03:41	36:50	87,2 %	12,2 %	0,6 %	
Fertigstellungszyklus	konventionell	n=282	06:15	07:12	54:50	50,6 %	38,3 %	11,0 %	p<0,001
	RIS+PACS	n=388	08:45	04:00	26:40	24,7 %	69,3 %	5,9 %	
Zeit bis zum schriftlichen Befund	konventionell	n=293	15:12	11:02	89:55	16,9 %	47,6 %	35,6 %	p<0,001
	RIS+PACS	n=370	11:51	05:08	32:20	20,2 %	67,0 %	12,8 %	
Zeit bis zum digitalen Befund	RIS+PACS	n=449	06:25	03:21	23:30	22,9 %	72,4 %	4,7 %	p<0,001
Befundungsdauer	Filme/Alternator	n=393	76 sek	77 sek	651 sek	-	-	-	p=0,200 nicht sign.
	PACS/Monitor	n=342	72 sek	48 sek	491 sek	-	-	-	

5 Diskussion

5.1 Diskussion der Methode

5.1.1 Wahl der Messmethode

Eine zeitliche Auswirkung auf die Arbeitsabläufe durch die Digitalisierung einer Röntgenabteilung war bereits Gegenstand mehrerer Studien^{7, 15, 16, 23, 35}. Hierbei wurden unterschiedliche Methoden der Zeitmessung angewandt. Um mit der Zeitmessung den täglichen Routinebetrieb zu erfassen übernahm in dieser Studie das Abteilungspersonal die Dokumentation. Mit der manuellen Dokumentation von Uhrzeiten wurde eine Methode gewählt, die das Personal nur geringfügig zusätzlich belastet. Für das Erreichen einer möglichst hohen Dokumentationsrate und -sicherheit hat sich jedoch die Teilnahme eines Beobachters am Ablauf und an der Dokumentation als sinnvoll erwiesen. Studien mit aufwendigen Erfassungsmethoden (z.B. Chipkartenerfassung) lieferten keine genaueren Ergebnisse¹⁵.

5.1.2 Ausgleichsberechnung

Ziel dieser Studie war es die zeitlichen Veränderungen in einer Röntgenabteilung ohne 24-Stunden Betrieb aufzuzeigen. Um eine Aussage zur Effizienz der Röntgenabteilung zu erhalten sollten die wirklichen Bearbeitungszeiten bestimmt werden. Deshalb wurde die in Kapitel 3.7 beschriebene Ausgleichsberechnung vorgenommen. Ohne den Abzug der Liegezeiten (Nachts und am Wochenende), zu denen keine Bearbeitung stattfindet, würde die Bearbeitungsdauer eines Prozesses verzerrt werden. Während Durchgängen, die bereits früh morgens begonnen wurden genügend Zeit bliebe um alle Bearbeitungsschritte zu durchlaufen, würde den Durchgängen, die erst später am Tag angefangenen wurden die nächtliche Liegezeit hinzugerechnet. In Abhängigkeit vom Beginn würde also für gleich lang dauernde Prozesse eine unterschiedliche Dauer erfasst. Die mittlere Dauer würde hierdurch verzerrt. Durch die vorgenommene Ausgleichsberechnung ergeben sich eingipflige Verteilungen. Ein statistischer Vergleich und die Berechnung der zeitlichen Veränderungen ist einfacher³³.

5.1.3 Vergleichbarkeit der Abteilungen

Um zwei Abteilungen mit unterschiedlicher Arbeitsweise vergleichen zu können müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein. Die Vergleichbarkeit der Arbeitsabläufe beider Abteilungen war in der Missionsärztlichen Klinik vor allem dadurch gegeben, dass auch im digitalen Betrieb die Anforderung von Röntgenuntersuchungen auf Papier stattfindet. Die Abläufe konnten deshalb bereits vor Beginn der Erfassung an denen des konventionellen Betriebes angelehnt werden und die Studie anhand der Prozessanalysen geplant werden.

Desweiteren musste für einen Zeitvergleich das Personal in den neuen Räumlichkeiten mit geänderter Ausstattung und neuen Abläufen eingearbeitet sein. Tamm et al.³³ zeigten durch eine stetige Abnahme der Bearbeitungszeiten in den ersten Monaten nach Installation, die Notwendigkeit einer Einarbeitungs- und Optimierungsphase von mindestens 6 Monaten. In der vorliegenden Studie wurde die Zeiterfassung im digitalen Betrieb 8 Monate nach Einführung der neuen Systeme begonnen.

Von den meisten Autoren wird betont, dass die Ergebnisse von Zeitmessungen nicht einfach auf andere Abteilungen übertragen werden können. Auch die zeitlichen Änderungen, die wir in der Missionsärztlichen Klinik gemessen haben ergeben sich aus den speziellen Gegebenheiten und Abläufen der Röntgenabteilung des Krankenhauses. Dennoch lassen sich die Auswirkungen der Digitalisierung einer Röntgenabteilung anhand von Zeitmessungen am eindrucksvollsten darstellen und sind auch in ähnlicher Form in anderen Abteilungen zu erwarten.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

Die Prozessabläufe in der Radiologie umfassen alle Arbeitsschritte von der Untersuchung über die Befundung, die Befundschreibung und die Befundausgabe. Die Unterteilung der Prozessabläufe von der Anfertigung der Röntgenaufnahme bis zur Fertigstellung des schriftlichen Befundes in Teilzyklen (vgl. Kapitel 3.7) lässt genauere Rückschlüsse auf die Ursachen der Zeitersparnis und der Effizienzsteigerung zu. Im folgenden werden die Ursachen, die anhand der Ablaufanalyse und Beobachtungen bei den Erfassungen deutlich geworden sind, im einzelnen aufgezeigt.

5.2.1 Untersuchungsdauer des Patienten

Die Verkürzung der Untersuchungsdauer ist im wesentlichen als ein Effekt der digitalen Lumineszenzradiographie (DLR) anzusehen. Die mittlere Aufenthaltsdauer der Patienten im Untersuchungsraum hat sich in unserer Abteilung zwar nur gering (ca. 3 min) aber doch signifikant verkürzt. Ähnliche Ergebnisse fanden auch andere Autoren. Bei May et al.²³ wurde die Untersuchungsdauer bei Röntgenaufnahmen des Thorax nach Einführung der digitalen Radiographie und eines RIS um 3 min und 29 sek signifikant verkürzt. Bei Dackiewicz et al.⁷ konnten Thoraxaufnahmen bei ambulanten Patienten im Schnitt 4 min und 5 sek schneller angefertigt werden. Die Ursache hierfür ist die Tatsache, dass der Ausleseprozess der digitalen Kassetten deutlich weniger Zeit in Anspruch nimmt als die Entwicklung von Filmen. Die Patienten mussten im konventionellen Betrieb stets auf die Entwicklung der Bilder warten. Mit der DLR kann die MTRA bereits in einer Voransicht beim Auslesen der Kassetten die Lage des Patienten und die Bildqualität überprüfen. Aufgrund dieser beiden Effekte kann der Patient schon vor der endgültigen Verfügbarkeit des Bildes die Abteilung verlassen.

Auch für Kontrastmitteluntersuchungen (Angiographie, Hystero-graphie und i.v.-Pyelographie) konnte von Colin et al.⁵ eine Reduktion der Aufenthaltsdauer nach Umstellung auf die digitale Radiographie nachgewiesen werden. Allerdings war die Reduktion sowohl für die Wartezeit als auch für die Aufenthaltsdauer im Untersuchungsraum nicht signifikant. Colin et al.⁵ schließen aus der verkürzten Untersuchungszeit einen monetären

Nutzen und eine Qualitätsverbesserung. Dackiewicz et al.⁷ zeigten in einer Befragung eine höhere Patientenzufriedenheit. Die Mehrheit ambulanter Patienten (67 %) empfanden die digitale Radiographie der konventionellen Aufnahmetechnik überlegen. Zeitersparnis wurde als einer der Hauptgründe für diese Entscheidung genannt.

Ein weiterer Effekt trägt zur Verkürzung der Untersuchungsdauer bei. Nach Umstellung auf die digitalen Lumineszenzradiographie müssen aus unterschiedlichen Gründen (z.B gibt es keine überbelichteten Bilder mehr) wesentlich weniger Aufnahmen wiederholt werden^{14, 32, 37}, was auch in der Missionsärztlichen Klinik der Fall war*. Zusätzlich ist auch eine mangelhafte Aufnahme durch eine Voransicht bei Auslesen der Kassetten schnell zu erkennen, so dass auch Wiederholungsaufnahmen schneller angefertigt werden können. Im konventionellen Betrieb mussten die Patienten nochmals auf die Entwicklung der Aufnahmen warten. Beide Effekte tragen sicherlich zu einer Verkürzung der durchschnittlichen Untersuchungsdauer bei, wurden aber in unserer Erfassung nicht genauer untersucht. Auch Siegel³² sieht in der niedrigeren Wiederholungsrate einen Beitrag zur Effizienzsteigerung. Weatherburn³⁷ betont vor allem die Reduktion der Strahlenexposition der Patienten. Honea¹⁴ sieht die Wiederholungsrate als wichtiges Leistungsmerkmal der Abteilung und betont die Notwendigkeit wiederholter Messungen und der Schulung des Personals zur Ursachenbehebung.

5.2.2 Untersuchungsdauer aus Sicht der Notaufnahme

Die Reduktion der Untersuchungszeit führt zu einer früheren Rückkehr der ambulanten Patienten in die Notaufnahme. Allerdings war der Unterschied nicht signifikant. Da im konventionellen Betrieb den Patienten die Röntgenaufnahmen ohne Vorbilder und unbefundet in die Notaufnahme mitgegeben wurden und später wieder zurückgegeben wurden, kam ein Zeitgewinn durch das PACS hier nicht zum tragen. Auch wenn die Röntgenaufnahmen in der Notaufnahme bereits vor Rückkehr des Patienten im System abrufbar sind, hatte dies in der täglichen Praxis nur wenig Nutzen.

* Reduktion der Wiederholungsaufnahmen um ca. 6 % auf unter 3 %
Nicht veröffentlichte Daten, Missionsärztliche Klinik, Radiologische Abteilung, 2001

Desweiteren war im konventionellen Betrieb bei der Anmeldung in der Radiologie lediglich die Entgegennahme des Anforderungsscheines nötig, so dass die Untersuchung relativ schnell begonnen werden konnte (vgl. tabellarische Prozessanalyse Anhang 8.2). In der neuen Abteilung ist der Prozess der Untersuchungsanmeldung für ambulante Patienten unmittelbar vorangestellt. Der verzögerte Beginn durch die Arbeitsschritt der RIS-Eingabe scheint den Zeitgewinn während der Untersuchung wohl wieder etwas auszugleichen, so dass eine signifikant schnellere Rückkehr der Patienten in die Notaufnahme nicht nachweisbar war. Gleichzeitig bedeutet die zentrale Eingabe im RIS gegenüber der manuellen Einzeldokumentation im früheren Betrieb nicht unbedingt einen Zeitgewinn^{15,23}. Erst bei Übernahme der Daten aus dem KIS oder aus dem RIS bei wiederholten Untersuchungen kommen die Zeitvorteile aber auch die Verringerung von Eingabebefehlern des RIS zum tragen. Der genaue Einfluß des RIS bei unserer Anmeldeprozedur kann jedoch nur vermutet werden, da keine detaillierte Erfassung der Abläufe zwischen Versenden und Wiederkehr des Patienten in die Notaufnahme durchgeführt wurde.

5.2.3 Bearbeitungszyklus

Die deutlichste Zeitersparnis zeigte sich im Bearbeitungszyklus, der aus Untersuchung, Nachbearbeitung und Zusammenstellung der Unterlagen zur Befundung besteht (vgl. Kapitel 3.7). Im digitalen Betrieb müssen die aktuellen Aufnahmen lediglich am Bildschirm nachbearbeitet und beschriftet werden. Danach sind die Aufnahmen von jeder Workstation aus verfügbar. Auch alle Voraufnahmen der Patienten sind aus dem Archiv abrufbar. Die Arbeiten der Bildsuche, Datenzusammenführung und -übermittlung sind vollständig automatisiert und müssen nur in Ausnahmefällen bei System- oder Eingabebefehlern geändert werden. Dies stellt im gesamten Betrieb die größte Zeitersparnis durch ein PACS dar. In einer PACS-Umgebung wurde in der Missionsärztlichen Klinik die mittlere Dauer der Zusammenstellung aller relevanten Daten zur Befundung um über 2 Stunden auf unter 20 Minuten gesenkt. Extrem lange Bearbeitungs- und Liegezeiten über Tage, die im konventionellen Betrieb durch verspätete Rückgabe oder gar Verlust von Bildern zustande kamen entfallen vollständig. Dem Radiologen stehen stets alle Voraufnahmen des Patienten zur Verfügung.

Auch Twair³⁵ konnte zeigen, dass nach einer PACS-Installation weniger Zeit bis zur Befundung der Aufnahmen durch die Radiologen vergeht. Für die Verkürzung um über 21 Stunden auf unter 4 Stunden von Ankunft des Patienten bis zur Befundung nennen die Autoren ähnliche Gründe ohne allerdings näher auf die Ablauforganisation ihrer Abteilung einzugehen. Bryan² fand nach Einführung eines PACS, dass sich die Zeit von der Untersuchung bis zur Verfügbarkeit des Bildes auf der Intensivstation von 37 min auf 19 min reduzierte. Watkins³⁶ fand, dass die Bildinformation mit einem PACS 30 Minuten früher auf der Intensivstation verfügbar war. Redfern et al.²⁶ beschreiben eine Verkürzung der mittleren Zeit zwischen Untersuchung und Befundung von 61 Minuten (vor PACS) auf 26 Minuten (nach PACS) trotz eines Anstieg der Untersuchungszahlen um 258 %. Diese Steigerung der Effizienz ist nach Aussage von Redfern et al. jedoch nicht als Effekt der digitalen Bildübertragung zu sehen, sondern beruht darauf, dass der Radiologe durch das erhöhte Aufkommen am Befunden gehalten wird. Der große Zeitgewinn in der Missionsärztlichen Klinik von 3 Std 20 min ist wohl dadurch bedingt, dass wie auch von Twair³⁵ die gesamte Radiologieabteilung untersucht wurde. Im Vergleich zu den anderen Untersuchungen, die nur die Intensivpatienten betrachteten^{2,26,36}, muss beachtet werden, dass bei diesen Patienten die Voraufnahmen im Allgemeinen schneller verfügbar sind als bei Patienten einer normalen Pflegestation. Deshalb fällt der Zeitgewinn durch eine Digitalisierung bei der Betrachtung von Intensivpatienten geringer aus.

Für CT-Untersuchungen zeigten Tamm et al.³³, dass durch die digitale Bearbeitung der Untersuchungen mit einem PACS und die digitale Übermittlung an die Befundungsstation die Zeit zwischen Untersuchung und Befundung reduziert werden kann.

5.2.4 Befundungszyklus

Der Befundungszyklus, der die Zeit zwischen Übermittlung der Daten zum befundenden Arzt und der Weitergabe der befundeten Unterlagen zur Schreibkraft repräsentiert (vgl. Kapitel 3.7), zeigte keine zeitliche Veränderung. Dies ist verständlich, da die Befunde auch in der PACS-Umgebung vom Radiologen diktiert und an die Schreibkraft weitergegeben werden. Auch bei Twair³⁵ zeigte sich keine signifikante Änderung dieser Dauer nach Umstellung auf einen PACS-Betrieb. Ein wesentlicher Vorteil des PACS wird jedoch durch den einfachen Vergleich der Zeiten nicht erfasst. Im konventionellen Betrieb repräsentiert

der Befundungszyklus die Zeit, die eine Patientenakte beim befundenden Arzt fest gebunden ist. Im digitalen Betrieb beinhaltet der Befundungszyklus zwar die selben Arbeitsschritte, wobei jedoch nur der Anforderungsschein bei der Befundung gebunden ist während alle Bilder des Patienten im ganzen Haus verfügbar sind.

5.2.5 Fertigstellungszyklus

Der Fertigstellungszyklus beinhaltet die Arbeitsschritte nach der Befundung bis zur Ausgabe der schriftlichen Befunde. Die Abläufe nach der Befundung sind allerdings in jeder Abteilung verschieden. Ein zeitlicher Effekt ist deshalb stark von den Gegebenheiten und der Arbeitsweise einer Abteilung abhängig. In unserer Abteilung entfällt die aufwendige Zusammenführung der Bilder und Befunde nach Abschluss der Befundung und der klinischen Demonstration. Die Bilder sind durch ein PACS zu jedem Zeitpunkt verfügbar und müssen nicht zusammengetragen und geordnet werden. Befunde müssen nicht mehr bestimmten Röntgentüten zugeordnet werden, weil dies im RIS bereits beim Schreiben der Befunde stattfindet.

Die Zahl der extrem langen Vorgänge, die erst Tage später abgeschlossen werden konnten, ist deutlich gesunken. Dies ist sicherlich auf den Wegfall der Wartezeit auf ausgeliehene, falsch einsortierte oder gar verloren gegangene Bilder zu erklären. Trotz des Wegfallens dieser Arbeitsschritte ergab sich im Median kein zeitlicher Vorteil. Im Gegenteil, die mittlere Dauer des Fertigstellungszyklus verlängert sich, was mehrere Ursachen haben kann. Ein Grund ist sicherlich die deutliche Mehrbelastung der Schreibkraft. Zum einen müssen jetzt die klinischen Fragestellungen vom Anforderungsschein mitgeschrieben werden, damit auch diese im RIS verfügbar sind. Zum anderen müssen in der neuen Abteilung auch lange CT-Befunde geschrieben werden. Ein weiterer Grund kann die Zunahme von Untersuchungen am Vormittag sein, welche die Anwesenheit des Radiologen erfordern (insbesondere durch CT). Hierdurch kommt es zu einer Verlagerung der Befunddiktate auf den Nachmittag und Abend, so dass die Schreibkraft mehr Befunde als früher erst am nächsten Vormittag schreiben kann. Des Weiteren wird anscheinend von den MTRA dem Einsortieren bereits unterschriebener Befund in die Stationsfächer, die ja auch schon über das RIS abrufbar sind, ein deutlich niedrigerer Stellenwert zugeschrieben als im

konventionellen Betrieb. Der zeitliche Vorteil der digitalen Befund- und Bildverfügbarkeit führt also in unserer Abteilung zu einer verlangsamten Abfertigung der schriftlichen Befunde.

5.2.6 Zeit bis zur Verfügbarkeit der Befunde

Die Dauer bis zur Fertigstellung der schriftlichen Befunde stellt eine Zusammenfassung aller Arbeitsabläufe von der Untersuchung über die Befundung, die Befundschreibung und die Befundausgabe mit allen Unterbrechungen dar. Diese Zeit ist somit am besten für die Beurteilung der Effizienz einer Abteilung in Ihrer Gesamtheit geeignet. Durch den digitalen Betrieb konnte in der Missionsärztlichen Klinik die Zeit bis zur Herausgabe der schriftlichen Befunde um mehr als 4 Stunden signifikant verkürzt werden. Mehr als 87 % der schriftlichen Befunde sind bereits am nächsten Arbeitstag verfügbar. Extrem lange Bearbeitungszeiten entfallen fast vollständig. Die digitalen Befunde sind nochmals ca. 4 Stunden früher verfügbar, allerdings noch nicht vom Radiologen unterschrieben.

Der Radiologe trägt auch bei der digitalen Übermittlung die Verantwortlichkeit für die Weitergabe der Information an die anfordernden Stellen und vor allem für die Konsequenzen pathologischer Befunde³⁰. Die Freigabe von Befunden erfordert deshalb die Unterschrift des Radiologen (digital oder von Hand). Auf der anderen Seite ist bei der Verwendung von digitalen Archivierungssystemen eine feste Verknüpfung von Bild und Befund zwingend erforderlich²⁴. Da diese Verknüpfung in der Missionsärztlichen Klinik bereits beim Speichern der abgetippten Befunde im RIS stattfindet, können Befunde bereits nach dem Speichern an den Betrachtungsstationen eingesehen werden. Diese Befunde sind jedoch nicht vom Radiologen freigegeben und tragen keine Unterschrift. Die offizielle Befundmitteilung in der Missionsärztlichen Klinik erfolgt deshalb auch im digitalen Betrieb mittels eines vom Radiologen unterschriebenen Papierbefundes.

Die Einführung einer digitalen Unterschrift oder eines digitalen Spracherkennungssystemes können zu einer Beschleunigung der Arbeitsabläufe bei und vor allem nach der Befundung führen. Gleichzeitig ist dies mit einer erheblichen Änderung der Arbeitsabläufe verbunden. Bei Lepanto²² verkürzte sich nach Einführung einer elektronischen Unterschrift des Radiologen im RIS die Zeit zwischen Diktat und Unterschrift um einige Tage. Die Ergebnisse

von Teichgräber et al.³⁴ zeigten, dass das Diktieren computertomographischer Befunde mit einem Spracherkennungssystem fast doppelt so lange dauern kann, die Befunde aber erheblich früher fertiggestellt werden als mit dem herkömmlichen Diktiersystem. Auch Hayt und Alexander¹² konnten zeigen, dass das Diktieren mittels Spracherkennung mehr Zeit des Radiologen in Anspruch nimmt und erinnern gleichzeitig daran, dass diese Arbeitszeit teurer bezahlt ist als die Arbeitszeit einer Schreibkraft. Für einige Abteilungen stellt die vermehrte Arbeitsbelastung des Radiologen ein Hauptargument gegen ein solches System dar.

5.2.7 Dauer der Befundung

Zwischen der Befundung am Monitor und der Befundung am Alternator gibt es im Blick auf die diagnostische Qualität keine Unterschiede^{9,28}. Da im konventionellen Betrieb der Missionsärztlichen Klinik die Röntgenbilder von der Röntgenassistentin zur Befundung schon vorsortiert wurden sind für den Radiologen die Abläufe am Lichtkasten und an der digitalen Befundungsstation ähnliche (vgl. tabellarische Prozessanalyse, Anhang 8.1 und 8.2, Punkt 8). Das Aufhängen der Bilder ist durch das Aufrufen der Untersuchung und Anordnen der Bilder auf den Monitoren ersetzt. So ist es nicht verwunderlich, dass wir in Übereinstimmung mit anderen Autoren^{2,13,16} für die Befundungsdauer zwischen Befundung am Alternator und am Monitor keine signifikanten Unterschiede fanden. Je mehr Aufnahmen betrachtet werden müssen, desto eher sollte sich allerdings ein zeitlicher Vorteil der digitalen Befundungsstation zeigen. Müssen sehr viele Aufnahmen am Alternator aufgehängt werden, scheint der Zeitaufwand größer zu sein als bei der digitalen Befundung. Hier muss der Radiologe die Bilder des Patienten mit der Maus auf den Monitoren anordnen. Ein zeitlicher Vorteil ist hier wahrscheinlich abhängig von den Programmfunktionen und je nach verwendeter Software und Automatisierungsgrad unterschiedlich.

Der Einsatz einer automatischen Bildanordnung (sog. Display-Protokoll) hat sich in unserer Abteilung aufgrund der schnellen und komfortablen Handhabung der Röntgenbilder nicht durchgesetzt. Es gibt zwar eine automatische Bildanordnung, die aber fast immer vom Arzt geändert werden muss. Auch das Speichern der Bildanordnung durch die MTRA (während

der Nachbearbeitung der Bilder) hat sich nicht bewährt, so dass in unserer Abteilung der Arzt bei jeder Befundung die Bilder am Monitor selbst anordnet und auch die Anordnungen für die Demonstration festlegt.

Andere Autoren konnten zeigen, dass eine Automatisierung dieser Abläufe unter bestimmten Voraussetzungen einen zeitlichen Vorteil bringen kann. Bei Gale¹¹ reduzierte sich die Zeit für die Befundung an einer PACS-Workstation durch die Einführung eines Display-Protokolles von einem Ausgangswert von 63 sek um 38 % auf ca. 40 sek. Durch das automatische Einlesen und Anordnen der nächsten Untersuchung konnte vor allem die Zeit zwischen zwei Interpretationen deutlich gesenkt werden. Siegel und Reiner³¹ berichten, dass in Ihrer Abteilung diese Art von automatisierter Untersuchungsanordnung eine 10-prozentige Zeitersparnis für den Radiologen bedeutete.

5.3 Schlussfolgerungen

Die gezeigten Veränderungen der zeitlichen Abläufe sind auf das Zusammenspiel von DLR, PACS und RIS zurückzuführen. Dadurch wurde die Zeit für die Röntgenuntersuchungen bis zur Verfügbarkeit des Röntgenbildes um 89 % und bis zur Fertigstellung des Befundes um 22 % verkürzt, auch wenn wegen bestimmter Besonderheiten unserer Abteilung einzelne Teilzyklen (Fertigstellungszyklus) während des digitalen Betriebs länger dauern als im konventionellen Betrieb.

Sind Befunde früher verfügbar, können sie eher in den Prozess der ärztlichen Entscheidungen einbezogen werden^{15, 23, 33}. Einige Autoren berichten, dass es nach Umstellung auf einen RIS-PACS-Betrieb zu einer Verkürzung der Patientenverweildauer gekommen sei^{38, 33, 19}. Auch wenn es zu beweisen bleibt, dass dieser Effekt alleine auf den Umstieg auf digitale Arbeitsweisen zurückzuführen ist, scheint dies doch keine Seltenheit zu sein. Nach Wetekam³⁸ resultiert die frühere Entlassung der Patienten aus der früheren Therapieeinleitung. Selbst bei einer relativ konservativen Annahme der Verweildauerverkürzung von 0,1-0,3 Tagen^{19, 38} könne man somit erhebliche Kosteneinsparungen berechnen, die aus einer Reduktion der Ausgaben, die den variablen Kostenanteil des Tagespflegesatzes betreffen resultieren.

Als Hauptvorteil der digitalen Radiologie sollten allerdings andere Effekte aufgeführt werden. Die digitale Radiologie bedeutet eine Verbesserung der Prozessqualität, die für das gesamte Krankenhaus spürbar ist, weil immer sofort alle Röntgenbilder und alle geschriebenen Befund im gesamten Krankenhaus verfügbar sind. Das leidige Suchen nach Röntgentüten wird abgeschafft. Bilder werden nicht mehr entliehen oder gehen ganz verloren bevor sie befundet werden können³³. Um eine möglichst rasche Interpretation zu bekommen müssen die Klinikärzte nicht mehr den üblichen Ablauf umgehen und selbst zum Radiologen eilen²⁷. All dies trägt zur hohen Anwenderzufriedenheit der digitalen Systeme bei³. Wie Bryan² berichtet, führte in seiner Studie die bessere Verfügbarkeit der Vorbilder dazu, dass diese auch häufiger zur Befundung mit herangezogen wurden. Insgesamt wird durch die digitale Radiologie die Befundpraxis und die Befundqualität im Krankenhaus positiv verändert.

6 Zusammenfassung

Die Digitalisierung einer Radiologischen Abteilung mit der digitalen Lumineszenzradiographie (DLR), einem radiologischen Informationssystem (RIS) und einem Bildarchivierungs- und Kommunikationssystem (PACS) stellt einen Prozess mit vielen Umstrukturierungen dar. Während sich die Kosten dieser Systeme einfach berechnen lassen, existieren nur wenige wissenschaftliche Studien, die mit Hilfe der Analyse von Zeitabläufen die Auswirkungen von RIS und PACS auf die Prozessabläufe untersucht haben.

An der Missionsärztlichen Klinik erfolgte im April 2000 mit der Einführung der DLR, eines RIS und eines PACS die vollständige Digitalisierung der Röntgenabteilung. Die durch diese Umstellung bedingten zeitlichen Veränderungen der Prozessabläufe in der Röntgenabteilung wurden untersucht. In Form einer Vorher-Nachher-Studie wurde 1999 im konventionellen Betrieb und 2001 im Routinebetrieb anhand von Analysen der Prozessabläufe eine manuelle Zeiterfassung gestaltet und die Dauer verschiedener Arbeitsprozesse erfasst.

Die Untersuchungsdauer für den Patienten verkürzte sich im Mittel von 8 min auf 5 min. Aus Sicht der Notaufnahme ist der Patient dennoch genauso lange zur Röntgenuntersuchung abwesend. Die Aufnahmen können vom Zeitpunkt der Untersuchung an gerechnet im Mittel inklusive der Vorbilder früher befundet werden (vorher Median 2 h 37 min, mit PACS 17 min). Mit PACS konnten 85,9 % der Untersuchungen am Untersuchungstag befundet werden (ohne PACS 41,2 %). Bis zum Folgetag der Untersuchung standen den Stationen und Ambulanzen 87,2 % der schriftlichen Befunde zur Verfügung (ohne PACS 64,5 %). Die Befundung am Monitor zeigte gegenüber dem Alternator keine zeitlichen Nachteile.

Die vollständige Digitalisierung der Röntgenabteilung führte zu einer erheblichen Verkürzung fast aller Arbeitsabläufe. Dies wird insbesondere dadurch bedingt, dass die digitalen Bilder überall im Haus und sofort zur Verfügung stehen. Zeitgleich können sie vom Radiologen befundet werden. Die Suche nach Röntgentüten ist abgeschafft. Positive Auswirkungen auf die Prozessqualität des gesamten Krankenhauses gegenüber den konventionellen Film-Folien-Systemen sind zu erwarten.

7 Literaturverzeichnis

- 1 Braunschweig, R., Pistitsch, C., Nissen-Meyer, S.: Digitale Radiographie - Kosten-Nutzen-Analyse. *Radiologe* 36: 306-314, 1996
- 2 Bryan, S., Weatherburn, G.C. et al.: Radiology Report Times: Impact of Picture Archiving and Communication Systems. *Am. J. Roentgenol.* 170: 1153-1159, 1998
- 3 Bryan, S., Weatherburn, G.C. et al.: The benefits of hospital-wide picture archiving and communication systems: a survey of clinical users of radiology services. *British J. Radiol.* 72: 469-478, 1999
- 4 Chawla, S., Levine, M. et al.: Gastrointestinal Imaging: A Systems Analysis Comparing Digital and Conventional Techniques. *Am. J. Roentgenol.* 172: 1279-1284, 1999
- 5 Colin, C., Vergnon, P. et al.: Comparative assessment of digital and analog radiography: diagnostic accuracy, cost analysis and quality of care. *Eur. J. Radiol.* 26:226-234, 1998
- 6 Craig, J.O.: The filmless department. *Brit. J. Hops. Med.* 40;2: 97-101, 1988
- 7 Dackiewicz, D., Bergsneider, C., Piraino, D.: Impact of Digital Radiography on Clinical Workflow and Patient Satisfaction. *J. Digit. Imaging* 13;2: 200-201, 2000
- 8 Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): Medizinische Bildarchivierungs- und Kommunikationssysteme (PACS) - Empfehlungen der Kommission für Rechenanlagen der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Berücksichtigung bei Anmeldungen nach dem Hochschulbauförderungsgesetz (HBFÜG). *Radiologe* 39: 257-259, 1999
- 9 Fiebich, M., Wiesmann, W., Peters, P.E.: Befundung am Bildschirmarbeitsplatz, *Radiologe* 34: 317-322, 1994
- 10 Foord, K.: Year 2000: status of picture archiving and digital imaging in European hospitals, *Eur. Radiol.* 11: 513-524, 2001
- 11 Gale, D.R., Gale, M.E. et al.: An Automated PACS Workstation Interface: A Timesaving Enhancement. *Am. J. Roentgenol.* 174: 33-36, 2000
- 12 Hayt, D., Alexander, S.: The Pros and Cons of Implementing PACS and Speech Recognition Systems. *J. Digit. Imaging* 14;3: 149-157, 2001
- 13 Hirschorn, D.S., Hinrichs, C.R. et al.: Impact of a Diagnostic Workstation on Workflow in the Emergency Department at a Level I Trauma Center. *J. Digit. Imaging* 14;2: 199-201, 2001
- 14 Honea, R., Blado, M.E., Ma, Y.: Is Reject Analysis Necessary after Converting to Computed Radiography. *J. Digit. Imaging* 15;1: 41-52, 2002

- 15 Inamura, K., Umeda, T. et al.: Time and Flow Study Results Before and After Installation of a Hospital Information System and Radiology Information System and Before Clinical Use of a Picture Archiving and Communication System. *J. Digit. Imaging* 10: 1-9, 1997
- 16 Kato, H., Kubota, G. et al.: Preliminary Time-Flow Study: Comparison of Interpretation Times between PACS Workstation and Films. *Comput. Med. Imaging Graph.* 19;3: 261-265, 1995
- 17 Keckermann, D., Fink, U. et al.: Vergleich der Monitor- und Alternatorbefundung von digitalen Thoraxaufnahmen mittels eines computergestützten Verfahrens. *Fortschr. Röntgenstr.* 169;1: 38-44, 1998
- 18 Klein, H.M., Wein, B. et al.: Frakturdiagnostik mit der digitalen Lumineszenzradiographie. *Fortschr. Röntgenstr.* 154;6: 582-586, 1991
- 19 Kröger, M., Nissen-Meyer, S., Wetekam, V., Reiser, M.: Wirtschaftliche Effekte einer integrierten RIS-PACS-Lösung im universitären Umfeld. *Radiologe* 39: 260-268, 1999
- 20 Langlotz, C.P., Even-Shoshan, O. et al.: A Methodology for the Economic Assessment of Picture Archiving and Communications Systems. *J. Digit. Imaging*, 8;2: 95-102, 1995
- 21 Lemke, H.U.: PACS developments in Europe. *Comput. Med. Imaging Graph.* 27: 111-120, 2003
- 22 Lepanto, L.: Impact of Electronic Signature on Radiology Report Turnaround Time. *J. Digit. Imaging* 16;3: 306-309, 2003
- 23 May, G.A., Deer, D.D., Dackiewicz, D.: Impact of Digital Radiology on Clinical Workflow. *J. Digit. Imaging* 13;2: 76-78, 2000
- 24 Pistitsch, C., Nissen-Meyer, S. et al.: Das filmlose Krankenhaus – eine juristische Herausforderung. *Fortschr. Röntgenstr.* 169;2: 399-104, 1998
- 25 Radiologische Abteilung der Missionsärztlichen Klinik, Verwaltungsdaten der Abteilung.
- 26 Redfern, R.O., Horii, S.C., Feingold, E., Kundel, H.L.: Radiology Workflow and Patient Volume: Effect of Picture Archiving and Communication Systems on Technologists and Radiologists. *J. Digit. Imaging* 13;2: 97-100, 2000
- 27 Reiner, B., Siegel, E., Protopapas, Z. et al.: Impact of Filmless Radiology on Frequency of Clinician Consultations with Radiologists. *Am. J. Roentgenol.* 173: 1169-1172, 1999
- 28 Ricke, J., Wolf, M. et al.: Vergleichende Befundung von digitalen Thoraxbildern und digitalen Aufnahmen eines statistischen Phantoms als Filmkopie, an einer radiologischen Workstation und an einem PC. *Fortschr. Röntgenstr.* 168;3:264-269, 1998
- 29 Schumann, M.: Wirtschaftlichkeitsbeurteilung für IV-Systeme. *Wirtschaftsinformatik* 35: 167-178, 1993.

-
- 30 Schunk, K.: Rechte und Pflichten des Radiologen bei der Indikationsstellung und Anwendung radiologischer Verfahren. Fortschr. Röntgenstr. 170: 7-15, 1999
- 31 Siegel, E., Reiner, B.: Work Flow Redesign: The key to success when using PACS. Am. J. Roentgenol. 178: 563-566, 2002
- 32 Siegel, E.L., Reiner, B.I.: Filmless radiology at the Baltimore VA Medical Center: a 9 year retrospective. Comput. Med. Imaging Graph. 27: 101-109, 2003
- 33 Tamm, E.P., Raval, B. et al.: Evaluating the Impact of Workstation Usage on Radiology Report Times in the Initial 6 Months Following Installation. J. Digit. Imaging 12: 152-154, 1999
- 34 Teichgräber, U.K.M., Ehrenstein, T. et al.: Digitale Spracherkennung bei der Erfassung computertomographischer Befundtexte. Fortschr. Röntgenstr. 171: 396-399, 1999
- 35 Twair, A.A., Torreggiani, W.C. et al.: Significant Savings in Radiologic Report Turnaround Time After Implementation of a Complete Picture Archiving and Communication System (PACS). J. Digit. Imaging 13;4: 175-177, 2000
- 36 Watkins, J., Weatherburn, B., Bryan, S.: The impact of a picture archiving and communication system (PACS) upon an intensive care unit. Eur. J. Radiol. 34:3-8, 2000
- 37 Weatherburn, G.C., Bryan, S., West, M.: A comparison of image reject rates when using film, hard copy computed radiography and soft copy images on picture archiving and communication systems (PACS) workstations. Br. J. Radiol. 72: 653-660, 1999
- 38 Wetekam, V.: Dynamische Nutzwert- und Wirtschaftlichkeitsanalyse von Informationssystemen: Dargestellt am Beispiel des Bild- und Befundmanagementsystems Sienet. Dissertationsschrift, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig, 1996
- 39 Wiesmann, W., Reiser, M. et al.: Darstellung von Metallimplantaten mit der digitalen Lumineszenzradiographie. Fortschr. Röntgenstr. 152: 687-692, 1990

8 Anhang

8.1 Tabellarische Prozessanalyse des konventionellen Betriebes

1. Radiologische Anmeldung (MTRA):		Zeitpunkt *
	• Eingang der Anmeldungen	
	- Telefonische Anmeldungen von Intensivstation, Notaufnahme	
	- Persönliche Anmeldung ambulanter Patienten im Warteraum	
	- Schriftliche Anmeldung von den Stationen per Rohrpost	
	- Überprüfen der Angaben und Unterschriften (Arzt/Patient)	
	• Management der Anmeldungen	
	- Sortieren der Anforderung nach der Dringlichkeit	
	- Schreiben des Skribor für die Entwicklung	
	- Telefonisches Abrufen von Intensiv- oder Notfallpatienten	
	- Aufrufen ambulanter oder stationärer Patienten aus dem Warteraum	
2. Untersuchung (MTRA):		
	• Vorbereitung	
	- Begleiten des Patienten in den Untersuchungsraum	Zeit 1
	- Auswahl der geeigneten Röntgenkassetten	
	- Einstellung der Parameter am Schaltpult	
	• Untersuchung	
	- Positionieren der Kassette, des Patienten und der Geräte	
	- Anleitung des Patienten zum Verhalten	
	- Anfertigen der Aufnahmen	
	- ggf. weitere Aufnahmen mit weiteren Kassetten	
	• Nachbereitung	
	- Begleiten des Patienten in den Warteraum	
	- ggf. Mithilfe bei der Lagerung des Patienten ins Bett	
	- ggf. telefonische Benachrichtigung Begleitdienstes	
	- Aufräumen und Reinigung des Raumes	
3. Entwicklung (MTRA):		
	• Entwicklung	
	- Entnahme der belichteten Folien	
	- Aufbelichtung des Skribor	
	- Einlegen der Folien in die Entwicklungsmaschine	
	• Qualitätskontrolle	
	- Kontrolle der Bildqualität am Leuchtschirm	
	- ggf. Kontrolle der Bildqualität durch den Radiologen	
	- Beschriften des Bildes mit Positions- und Seitenangaben	
	- ggf. Wiederholung von Aufnahmen (Schritt 2 bis 3)	
	• Entlassung	
	- Endgültiges Entlassen des Patienten	Zeit 2

* Die aufgeführten Zeitpunkte entsprechen den festgelegten Zeiten in Tabelle 2, Seite 10

4. Dokumentation und Leistungserfassung (MTRA):		
	- Dokumentation der Leistungen auf dem Anforderungsschein	
	- Einstufung ob Erst- oder Folgeuntersuchung (zur Bildbeschaffung)	
	- Dokumentation der Leistungen im Untersuchungsbuch	
	- Weitergabe der Unterlagen zur Bildbeschaffung	Zeit 3
5. Bildaquisition (MTRA):		
	• Bildausgabe	
	- Mitgabe der Aufnahmen ambulanter Patienten in die Notaufnahme	
	- Ausgabe von Bildern an Stationen und Ärzte	
	• Bildrückgabe	
	- Annahme ausgegebener Neuaufnahmen an die Notaufnahme	
	- Rücknahme entliehener Neuaufnahmen von Ärzten oder OP	
	- Annahme angeforderter Röntgentüten von Stationen, Ambulanzen oder Archiv	
	• Bildbeschaffung	
	- Anforderung von Röntgenbildern/-tüten von Stationen, Ambulanzen,	
	- Anforderung von Röntgentüten aus dem Klinikarchiv	
6. Befundvorbereitung (MTRA):		
	- Entnahme relevanter Voraufnahmen aus der Röntgentüte und Sortieren	
	- Weitergabe der Unterlagen zur Dokumentation (Stapelweise)	Zeit 4
7. Dokumentation (Schreibkraft):		
	- Dokumentation der Untersuchungsdaten in der Patientenkartei	
	- ggf. Rückgabe zur Bildaquisition falls doch Voraufnahmen dokumentiert	
	- Weitergabe von Unterlagen zur Befundung (Stapelweise)	Zeit 5
8. Befundung und Diktat (Radiologe)		
	• Vorbereitung	
	- Einstellungen am Alternator und am Diktiergerät	
	- Lesen des Anforderungsscheines und der alten Befunde	Befundungsdauer (vgl. Kap. 3.5)
	• Aufhängen	
	- Aufhängen der relevanten Aufnahmen am Alternator	
	- ggf. Suche weiterer Voraufnahmen in der Röntgentüte	
	• Befundung	
	- Betrachten aller relevanten Bilder	
	- ggf. Detailbetrachtung am Aufheller, Abstands- oder Winkelmessung	
	- Diktat der Patientendaten und des Befundes auf Band	
	- ggf. Einstellungen am Diktiergerät, Spulen, Löschen oder Korrektur	
	• Abhängen	
	- Abhängen der Röntgenbilder oder Umhängen der Bilder zur Demonstration	
	- Weitergabe des Bandes zur Befundschreibung (Stapelweise)	
	- Weitergabe der Röntgentüten/Bilder zur Zusammenführung (Stapelweise)	Zeit 7
9. Befundschreibung (Schreibkraft):		
	• Vorbereitung	
	- Einstellungen am Diktiergerät und am PC	
	• Schreiben	
	- Abtippen der Patientendaten	
	- Schreiben des diktierten Befundes	
	• Korrektur	
	- Korrigieren der vom Radiologen verbesserten Befunde	

	• Drucken	
	- Ausdrucken des Befundes auf eine Befundeticket	
	- Ausdrucken des Befundes für die Patientenakte	
	- Weitergabe der schriftlichen Befunde an den Radiologen	
10. Korrektur und Freigabe (Radiologe):		
	- Lesen und Korrektur des Befundes	
	- Unterschreiben des Befundes	
	- ggf. Rückgabe an Schreibkraft zur Befundkorrektur (Stapelweise)	
	- Weitergabe der Befundeticketten an die Zusammenführung (Stapelweise)	
	- Weitergabe der Befundtexte an die Ausgabe (Stapelweise)	
11. Demonstration (Radiologe):		
	- Aufhängen zusätzlicher Untersuchungen zur Demonstration	
	- Klinische Demonstration der Bilder	
	- Abhängen der Bilder	
	- Weitergabe der Röntgentüten/Bilder an die Zusammenführung (Stapelweise)	
12. Bildrückgabe und Zusammenführung (MTRA):		
	• Bildrücknahme	
	- Annahme der Röntgentüten/Bilder von der Befundung	
	- Annahme der Röntgentüten/Bilder aus der Demonstration	
	- Annahme der Befundeticketten von der Befundschreibung	
	- Rücknahme entliehener Röntgenbilder	
	• Zusammenführung	
	- Einsortieren von Bildern in die Röntgentüten	
	- Kleben der Befundeticketten auf die Röntgentüten	
	- Weitergabe der Unterlagen an die Ausgabe	Zeit 8
13. Ausgabe (MTRA):		
	- Einsortieren der Röntgentüten in Archiv-, Intensiv- und Stationsfächer	
	- Einsortieren der Textbefunde in die Stations- und Ambulanzfächer	Zeit 9

8.2 Tabellarische Prozessanalyse des digitalen Betriebes

1. Radiologische Anmeldung (MTRA):		Zeitpunkt*
• Eingang der Anmeldungen		
- Telefonische Anmeldungen von Intensivstation, Notaufnahme		
- Persönliche Anmeldung ambulanter Patienten im Warteraum		
- Schriftliche Anmeldung von den Stationen per Rohrpost		
- Überprüfen der Angaben und Unterschriften (Arzt/Patient)		
• Stammdatenerfassung		
- Eingabe der Patientendaten ins RIS (KV-Kartenleser oder von Hand)		
- ggf. Übernahme der Patientendaten aus dem KIS		
• Auftrags erfassung		
- Anlegen der aktuellen Untersuchung des Patienten im RIS		
• Terminplanung		
- Sortieren der Anforderungen nach der Dringlichkeit		
- Telefonisches Abrufen von Intensiv- oder Notfallpatienten		
- Aufrufen ambulanter oder stationärer Patienten aus dem Warteraum		
2. Untersuchung (MTRA):		
• Vorbereitung		
- Begleiten des Patienten in den Untersuchungsraum		Zeit 1
- Auswahl der geeigneten Röntgenkassetten		
- Einstellung der Parameter am Schaltpult		
- Zuordnung der Kassetten zum Patienten mittels Scanner am Schaltpult		
• Untersuchung		
- Positionierung der Kassette, des Patienten und der Geräte		
- Anleitung des Patienten zum Verhalten		
- Anfertigen der Aufnahmen		
- ggf. weitere Aufnahmen mit weiteren Kassetten		
• Nachbereitung		
- Begleiten des Patienten in den Warteraum		
- ggf. Mithilfe bei der Lagerung des Patienten ins Bett		
- ggf. Telefonische Benachrichtigung des Patientenbegleitdienstes		
- Aufräumen Reinigung des Raumes		
3. Auslesen (MTRA):		
• Auslesen		
- Einführen der Kassetten in den PCR-Reader		
• Qualitätskontrolle		
- Kontrolle der Bildqualität an der Voransicht		
- ggf. Kontrolle der Bilder an der Nachbearbeitungsstation		
- ggf. Kontrolle der Bildqualität durch den Radiologen		
- ggf. Wiederholung von Aufnahmen (Schritt 2 bis 3)		
• Entlassung		
- Endgültiges Entlassen des Patienten		Zeit 2
• Löschen		
- Löschen der Kassetten im PCR-Gerät		

* Die aufgeführten Zeitpunkte entsprechen den festgelegten Zeiten in Tabelle 2, Seite 10

4. Dokumentation und Leistungserfassung (MTRA):			
		- Dokumentation der Leistungen auf dem Anforderungsschein	
		- Dokumentation der Leistungen im RIS	
		- Weitergabe des Anforderungsscheines zur Nachbearbeitung	Zeit 3
5. Bildaquisition (MTRA):			
		- Entfällt im digitalen Betrieb	
6. Nachbearbeitung (MTRA):			
		- Auswahl der Untersuchung in der Bearbeitungsliste	
		- Anpassen der Bildränder	
		- Beschriften des Bildes mit Position und Seitenangaben	
		- Anpassen von Helligkeit und Kontrast	
		- Ablegen des Anforderungsscheines im Fach des Radiologen	Zeit 5
7. Dokumentation (Schreibkraft):			
		- Entfällt im digitalen Betrieb	
8. Befundung und Diktat (Radiologe):			
		• Vorbereitung	
		- Programmstart, Login und Einstellungen am PC	
		- Einstellungen am Diktiergerät	
		- Lesen des Anforderungsscheines	Zeit 6
		- ggf. Suche weiterer Anforderungen des Patienten im Stapel	
		• Anordnen	
		- Eingabe der Patientendaten in Suchmaske	
		- Aufrufen der Patientenhistorie	
		- Auswahl relevanter Aufnahmen	
		- Positionieren der Bilder auf den Monitoren	
		- ggf. Lesen der alten Befunde im Programm	
		• Befundung	
		- Betrachten aller relevanten Bilder	
		- ggf. Detailvergrößerung mit der Lupenfunktion	
		- ggf. Abstands- oder Winkelmessung	
		- ggf. Veränderung von Kontrast und Helligkeit	
		- Diktat der Patientendaten, der Anamnese und des Befundes	
		- ggf. Einstellungen am Diktiergerät, Spulen, Löschen und Korrektur	
		• Abschließen	
		- Schließen der Patientenhistorie	
		- Statusänderung der Akte auf "Befundet"	
		- ggf. Speichern der Bildanordnung zur Demonstration	
		- ggf. Kopieren der Untersuchungen in den Demo-Ordner	
		- Weitergabe der Unterlagen an die Befundschreibung (Stapelweise)	Zeit 7
9. Befundschreibung (Schreibkraft):			
		• Vorbereitung	
		- Einstellungen am Diktiergerät und am PC	
		- Auswahl des Patienten im RIS-Modul des Schreibprogrammes	
		• Schreiben	
		- Abtippen der Anamnese und Patientendaten	
		- Schreiben des Befundes und Speichern im RIS	Zeit 8
		• Korrektur	
		- Korrigieren der vom Radiologen verbesserten Befunde	

	• Drucken	
	- Ausdrucken des schriftlichen Befundes für die Patientenakte	
	- Abheften des Anforderungsscheines im Jahresordner	
	- Weitergabe der schriftlichen Befunde an den Radiologen	
10. Korrektur und Freigabe (Radiologe):		
	- Lesen und Korrektur des Befundes	
	- Unterschreiben des Befundes	
	- ggf. Rückgabe an Schreibkraft zur Befundkorrektur (Stapelweise)	
	- Weitergabe der Befundtexte an Ausgabe (Stapelweise)	
11. Demonstration (Radiologe):		
	Einstellungen an PC, Beamer, Leinwand	
	- Aufrufen der Untersuchungen aus dem Demo-Ordner	
	- Klinische Demonstration der Bilder	
	ggf. Suchen im RIS und Demonstration von anderen Untersuchungen	
	ggf. Demonstration konventioneller Aufnahmen über Kamera	
	- Löschen der Untersuchungen aus dem Demo-Ordner	
12. Bildrückgabe und Zusammenführung (MTRA):		
	- Entfällt im digitalen Betrieb	
13. Ausgabe (MTRA):		
	- Einsortieren der Textbefunde in die Stations- und Ambulanzfächer	Zeit 9

Danksagung

Ich möchte mich bei Herrn Priv.-Doz. Dr. Langen für die Bereitstellung der Arbeit ganz herzlich bedanken. Ich danke auch allen Mitarbeitern der Missionsärztlichen Klinik, die mich bei meiner Arbeit und der Datenerfassung tatkräftig unterstützt haben. Besonderer Dank gilt sowohl den MTRA der Radiologie als auch den Schwestern und Pflegern der Notaufnahme für Ihre Arbeit bei der Erfassung. Auch die Mitarbeiter der EDV-Abteilung standen mir häufig mit Rat und Tat zur Seite. Herrn Dr. Bielmeier möchte ich dafür danken, dass er stets ein offenes Ohr für mich hatte und mich aufgrund seiner eigenen Erfahrungen stets wieder zu motivieren wusste. Mein ganz besonderer Dank gilt Christian Herrmann. Unsere kurze, aber intensive Zusammenarbeit war mir eine große Hilfe.

Lebenslauf

Persönliche Daten:	Name:	Ralph Selbach
	Geburtsdatum:	11. März 1976
	Geburtsort:	Gießen
	Familienstand:	verheiratet
	Anschrift:	Lange Gewanne 74 86156 Augsburg
	Eltern:	Dr. med. Klaus-Dieter Selbach, geb. 17.12.1946 Facharzt für Chirurgie und Unfallchirurgie Gisela Selbach geb. Witzke, geb. 29.03.1948 gelernte Chemielaborantin
Schulbildung:	1986 – 1995 1995	Siebold-Gymnasium Würzburg Abitur
Studium:	1996 – 2003 2003	Medizinstudium an der Julius-Maximilians-Universität in Würzburg Drittes Staatsexamen, Gesamtnote: „gut“
Weiterbildung:	Arzt im Praktikum: 04/2004 – 10/2004	II. Kinderklinik des Zentralklinikum Augsburg: Chefarzt Prof. Dr. G. Buheitel
	Assistenzarzt Seit 10/2004	II. Kinderklinik des Zentralklinikum Augsburg: Chefarzt Prof. Dr. G. Buheitel

Unterschrift