

Aus dem Institut für Radiologie  
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Effizienzanalysen und interne Qualitätskontrollen anhand von  
Befundungszeiten in der Radiologie einer Universitätsklinik

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Liane Albrecht

aus Potsdam-Babelsberg

Datum der Promotion: 14.09.2018

# **Inhalt**

<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>4</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>5</b>
<b>Einführung .....</b>	<b>6</b>
<b>Zielstellung .....</b>	<b>7</b>
<b>Methodik.....</b>	<b>8</b>
Radiologische Prozesszeiten und Untersuchungszeitpunkte auf Intensivstationen.....	9
Teleradiologische Prozesszeiten und Untersuchungszeitpunkte .....	9
Befundungszeiten im Rahmen der Implementation eines Modelstudienganges .....	11
<b>Ergebnisse.....</b>	<b>12</b>
Radiologische Prozesszeiten und Untersuchungszeitpunkte auf Intensivstationen (2009 bis 2011). 12	
Teleradiologische Prozesszeiten und Untersuchungszeitpunkte (2011 bis 2013) .....	14
Befundungszeiten im Rahmen der Implementation eines Modelstudienganges .....	16
<b>Diskussion.....</b>	<b>18</b>
<b>Limitationen.....</b>	<b>20</b>
<b>Fazit .....</b>	<b>21</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>22</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung .....</b>	<b>24</b>
<b>Für die Rahmenschrift ausgewählte Publikationen .....</b>	<b>25</b>
<b>Anteilerklärung an den für die Rahmenschrift ausgewählten Publikationen.....</b>	<b>26</b>
<b>Sonderdrucke der für die Rahmenschrift ausgewählten Publikationen .....</b>	<b>29</b>
<b>Lebenslauf .....</b>	<b>51</b>
<b>Vollständige Publikationsliste Stand 2017 .....</b>	<b>52</b>
<b>Danksagung.....</b>	<b>54</b>

## Abkürzungsverzeichnis

---

CVK	Campus Virchow Klinikum
CCM	Campus Charité Mitte
CT	Computertomographie
d	Tag
GKV	Gesetzliche Krankenversicherung
h	Stunden
ITS	Intensivstation
M <sub>Bef</sub>	Median der Befundungszeit
M <sub>Frei</sub>	Median der Freigabezeit
min	Minuten
MRT	Magnetresonanztomographie / Magnetresonanztomograph
MTRA	Medizinisch technischer Radiologieassistent
p	Signifikanzniveau
PACS	Picture Archiving And Communication System
PKV	Private Krankenversicherung
RIS	Radiology Information System
Sem.	Semester
SOP	Standard operating procedure
SS	Sommersemester
US	Ultraschall
v. a.	vor allem
v.-frei	vorlesungsfrei
Vgl.	vergleiche
WS	Wintersemester

## **Zusammenfassung**

---

### **Einleitung**

Die in der vorliegenden kumulativen Promotionsschrift zusammengefassten Publikationen haben zum Ziel, Befundgeschwindigkeiten als einen Indikator für effiziente Arbeitsabläufe einer großen Universitätsradiologie zu evaluieren und Hinweise auf mögliche Verbesserungspotentiale zu geben. Analysiert wurden radiologische Leistungen spezifisch für Intensivstationen (1.), Teleradiologie (2.) sowie in Bezug auf veränderte Lehrtätigkeit im Rahmen der Einführung eines Modellstudienganges (3.).

### **Methodik**

Es erfolgte eine retrospektive Analyse der RIS-Datenbank eines großen Universitätsklinikums nach Befundungs- und Freigabezeit, Untersuchungszeitpunkt und Modalität. Ausgewertet wurden im Zeitraum von 2009 bis 2011 75.169 Untersuchungen auf Intensivstationen (1.), von 2011 bis 2013 10.200 teleradiologische Untersuchungen (2.) und vom Wintersemester 2011/12 bis zum Sommersemester 2013 (differenziert nach Vorlesungs- und vorlesungsfreier Zeit) 192.984 Untersuchungen (3.). Im letzten Zeitraum wurde zudem der Dienstplan bezüglich des Lehraufwandes, der Urlaubs-, Fortbildungs- und ungeplanten Ausfalltage analysiert.

### **Ergebnisse**

Modalitätsübergreifend dauerte es im Zeitraum von 2009 bis 2011 im Durchschnitt 52 min bis zum geschriebenen Befund, bis zur Freigabe ca. 7 h. Die kürzesten Befundungszeiten fanden sich im Ultraschall und im konventionellen Röntgen. Die Dreijahresentwicklung zeigte eine signifikante Tendenz ( $p < 0,01$ ) zu einer Abnahme der Zeiten. Die Zahl der teleradiologischen Untersuchungen und der Lehrtätigkeit nahm im Zeitraum von 2011 bis 2013 kontinuierlich zu. Die Befundungszeiten der teleradiologischen Untersuchungen blieben nahezu unverändert. Bezüglich der Einführung eines Modellstudiengangs waren in der vorlesungsfreien Zeit Befundungszeiten signifikant länger als in der Vorlesungszeit ( $p < 0,05$ ). Auf Intensivstationen fand sich dieser Unterschied nicht. Insgesamt kam es im Zweijahreszeitraum tendenziell zu längeren Befundungszeiten. Vermehrte Ausfalltage konnten in der Vorlesungszeit nicht beobachtet werden.

### **Schlussfolgerung**

Im Beobachtungszeitraum mehrerer Jahre können Analysen der Befundungszeiten allgemein und speziell auf Intensivstationen, in der teleradiologischen Befundung und durch veränderte Lehrcurricula wie im Rahmen der Einführung eines Modellstudienganges als möglicher Indikator für effiziente Arbeitsabläufe und die Anforderungsdichte radiologischer Leistungen genutzt werden. Die im Laufe des Beobachtungszeitraums darstellbare Anforderungszunahme konnte

durch Ressourcenallokation bisher weitgehend kompensiert werden, so dass insbesondere auch auf Intensivstationen kein Effizienzverlust der Arbeitsabläufe verzeichnet wurde.

## **Abstract**

---

### **Introduction**

The aim of the publications summarized in this cumulative doctoral thesis is to evaluate the report turnaround time as an indicator for efficient workflows in a large university radiology department and to provide information on potential areas for improvement. Radiological services were analyzed specifically for intensive care units (1.), teleradiology (2.) and in relation to increased teaching duties during the implementation of a reformed curriculum for undergraduate medical education (3.).

### **Methods**

A retrospective analysis of the RIS database of a large university hospital was carried out according to report turnaround time, time of examination and modality. For the period from 2009 to 2011 75,169 examinations were evaluated in intensive care units (1.), 10,200 teleradiological examinations in the period from 2011 to 2013 (2.) and 192,984 examinations in the period from the winter semester 2011/12 to the summer semester 2013 (differentiated according to term times and term breaks) (3.). In addition, the work schedule for the last period was analyzed with regard to teaching duties, vacation days, days away from work for education and training, and unplanned absence.

### **Results**

In the period from 2009 to 2011, spanning all modalities, the report turnaround time took an average of 52 minutes, and approx. 7 hours for release. The shortest report turnaround times were found in ultrasound and conventional X-ray. The three-year trend showed a significant tendency ( $p < 0.01$ ) to a decrease in times. The number of teleradiological examinations and teaching activities increased continuously during the period 2011 to 2013. The time for the teleradiological examinations remained almost unchanged. The report turnaround time was significantly longer during the term times than during the term breaks ( $p < 0.05$ ). This difference was not found in intensive care units. Overall, this two-year period tended to have longer report turnaround times. Increased unplanned absence during term times could not be observed.

### **Conclusion**

In this observation period of several years, analyses of the report turnaround times in general and especially in intensive care units, in teleradiology and during the implementation of a reformed

curriculum for undergraduate medical education can be seen as a possible indicator for efficient workflow and workload of the radiological colleagues. So far, the additional burdens observed during this period was largely compensated for by resource allocation, so that no loss of efficiency of the work process was recorded, especially in intensive care units.

## **Einführung**

---

Seit Einführung des elektronischen Patientenmanagements (RIS) und der elektronischen Bildverarbeitung (PACS) konnte vor allem durch geringeren Aufwand in der Administration viel Zeit für die Patienten gewonnen werden. Somit konnten sowohl die „report turnaraound time“ verkürzt als auch die Produktivität erhöht werden<sup>1-3</sup>. Mit Blick auf den steigenden Kostendruck und den stetigen Ruf nach Verbesserung der Effizienz und Qualität der Leistungserbringung (letztere ist für deutsche medizinische Einrichtungen auch zunehmend gesetzlich insbesondere durch das SGB V, §§135-139 vorgeschrieben) wurden diese Analysen als institutsinterne Qualitätskontrolle bezüglich des Workflows radiologischer Untersuchungen durchgeführt und publiziert.

Intensivstationen nehmen im Krankenhausalltag eine besondere Rolle ein. Bei der Behandlung von Patienten, die aufgrund ihrer medizinisch besonders anspruchsvollen Situation auf Intensivstationen versorgt werden, sind verschiedene Ärzte und weiteres Personal anderer Abteilungen involviert. Eine abgestimmte zeitnahe und effiziente Zusammenarbeit ist notwendig. Neben dem klinischen Status der Patienten tragen radiologische Untersuchungen (und die daraus abgeleiteten Befunde) maßgeblich dazu bei, eine Einschätzung bzgl. einer medizinischen Fragestellung bzw. Krankheit (inkl. ggf. Verlaufsbeurteilung) der Patienten zu ermöglichen. Nicht selten beeinflussen radiologische Befunde hierdurch weitere Therapieentscheidungen. Dabei sollen radiologische ITS-Untersuchungen möglichst zeitnah erfolgen und die sich hieraus ergebenden Befunde für die ärztlichen Kollegen möglichst zügig und fachärztlich überprüft verfügbar sein.

Auch der Fokus der Telemedizin, die in der Radiologie eine besondere und zunehmende Rolle spielt<sup>4-6</sup>, liegt v. a. auf der Versorgung akut erkrankter Patienten<sup>7</sup>. Da es sich häufig um potenziell lebensbedrohliche Erkrankungen wie z. B. intrazerebrale Blutungen handelt, ist eine schnelle und effiziente Befundung des übermittelten Datenmaterials und eine koordinierte Kommunikation zwischen Anforderer und Leistungserbringer von besonderer Bedeutung. Nach der Röntgenverordnung schließt der Begriff Teleradiologie die Durchführung und Befundung der Untersuchung ein, bei der der verantwortliche Radiologe nicht am Ort der technischen Durchführung präsent ist<sup>8</sup>. Ziel der Teleradiologie ist es, eine effizientere Ressourcenallokation

von Radiologen zu gewährleisten und dem zeitlich und örtlich variablen Bedarf an radiologischer Expertise durch moderne Datenübertragungstechniken gerecht zu werden. Auf diese Weise soll eine flächendeckende und kosteneffiziente radiologische Versorgung sichergestellt werden.

Neben der Patientenversorgung findet in Universitätskliniken auch Lehre und Forschung statt. Dabei kommt es zu einer ständigen Zunahme der Lehrbelastung. Wo früher Wissen zumeist in Vorlesungen vermittelt wurde, nimmt heutzutage personalintensiver Kleingruppenunterricht, an dem eine Universitätsradiologie u.a. als „Querschnittsfach“ vieler klinischer Fachabteilungen und durch moderne Bildgebung vieler Pathologien maßgeblich beteiligt ist, einen Großteil der Lehre ein. Dem trägt auch die Erneuerung der ärztlichen Approbationsordnung von 2002 Rechnung, in der eine Vermehrung des praktischen Anteils im Studium gefordert und durch die Gesellschaft für medizinische Ausbildung (GMA) in einem Lernzielkatalog umgesetzt wurde<sup>9</sup>. In Studien konnte gezeigt werden, dass das fallbezogene Lernen in kleinen Gruppen deutlich effektiver ist. Es fördert nicht nur den Wissenszuwachs, sondern auch die Zusammenarbeit in der Gruppe, Entwicklung von Führungsqualitäten und Konfliktbewältigungsstrategien<sup>10</sup>. Außerdem wird die Betrachtung des ganzen Patienten gelehrt, wodurch eine gute Vorbereitung auf das spätere Berufsleben erzielt wird<sup>11</sup>. Von Studenten werden praktische Übungen sehr wertgeschätzt und führen zu einem größeren Lernerfolg<sup>12</sup>. Auch in der Radiologie wurde gezeigt, dass z. B. durch Ultraschallkurse am Patientenbett sowohl die theoretischen als auch die praktischen Fähigkeiten der Studenten zunehmen<sup>13</sup>. Im Wintersemester 2010/11 wurde an der Charité Universitätsmedizin Berlin ein Modellstudiengang eingeführt, dessen Ziel es ist ein besonderes Augenmerk auf die Vermittlung praktischer Fähigkeiten zu legen.

## **Zielstellung**

---

Die in der vorliegenden kumulativen Promotionsschrift zusammengefassten Publikationen haben zum Ziel, Befundgeschwindigkeiten als einen Indikator für effiziente Arbeitsabläufe (Effizienzanalyse) einer großen Universitätsradiologie zu evaluieren und Hinweise auf mögliche Verbesserungspotentiale zu geben (interne Qualitätskontrolle).

Zielstellung der ersten Publikation war die Effizienzanalyse radiologischer Untersuchungen und Befunderstellungen auf Intensivstationen. Dabei wurde neben den Befundungszeiten als Qualitätskontrolle besonderen Wert auf die Modalitäten der einzelnen Untersuchungen und die Verteilungen der Untersuchungen im Tagesverlauf in Bezug auf verschiedene Versicherungsarten gelegt (Publikation 1 „Radiologische Report turnaround times und Untersuchungszeitpunkte bei Patienten auf Intensivstationen“). Neben der regulären innerklinischen Arbeitsbelastung fallen

zusätzliche neue Aufgaben für die Radiologen an. Zielstellung der zweiten Publikation „Teleradiologische Prozess- und Untersuchungszeiten: Eine institutsinterne Effizienz- und Qualitätsanalyse“ war es, die Auswirkung der zunehmenden Etablierung der Teleradiologie auf den radiologischen Workflow zu untersuchen. Hier wurde neben den Befundzeiten insbesondere die Untersuchungsverteilung im Tages- und Wochenverlauf betrachtet. Als weitere Mehrbelastung stellt sich die deutliche Zunahme der Lehrtätigkeit dar. Zielstellung der dritten Publikation „Development of Report Turnaround Times in a University Department of Radiology during Implementation of a Reformed Curriculum for Undergraduate Medical Education“ war es daher herauszufinden, ob bei einem vermehrten Lehraufwand eine Zunahme der Befundungszeiten in der Vorlesungszeit zu beobachten ist.

## **Methodik**

---

Radiologische Untersuchungen der Charité – Universitätsmedizin Berlin wurden im Sinne einer institutsinternen Effizienz und Qualitätskontrolle retrospektiv ausgewertet. Die Analyse der Prozesszeiten (Zeitpunkt der Untersuchung, Zeit bis zur Befunderstellung und -freigabe) erfolgte über eine digitale Datenabfrage (Centricity RIS-i 4.2 Plus, GE Medical Systems, Milwaukee, WI, USA). Die Datenbank umfasste Informationen zu folgenden pseudonymisierten Parametern:

- Patient (randomisierte ID, Alter, Postleitzahl, Wohnort, Aufnahmeart),
- Zeiten (Termin, Ankunft des Patienten, Beginn und Ende der Untersuchung, Befund, Freigabe [jeweils mit Datum und Uhrzeit im Format DD.MM.JJJJ HH:MM:SS]),
- Kostenträger, Diktierender/Schreibender, Freigebender, Untersuchungsart, Anforderer,
- Abrechnungsstelle, Bereich, Arbeitsplatz.

Die Analyse der Datenbank erfolgte mit Excel (Publikation 1: 2010, Publikation 2: 2011, Publikation 3: 2013) für Windows (Microsoft, Redmont, CA, USA). Damit wurden folgende Zeiten berechnet:

- Untersuchungszeitpunkt: Uhrzeit der Untersuchung, berechnet über die Funktion GANZZAHL [Beginn der Untersuchung],
- Befundungszeit: Zeitintervall vom Ende der Untersuchung bis zum fertigen Befund, berechnet über die Differenz der Spalten [Befund] minus [Ende der Untersuchung],
- Freigabezeit: Zeitintervall vom Ende der Untersuchung bis zum freigegebenen Befund, berechnet über die Differenz der Spalten [Freigabe] minus [Ende der Untersuchung].

Erst durch die Freigabe des Befundes durch einen Facharzt wird dieser gültig, so dass prinzipiell für Assistenzärzte ein „double reading“ aller Befunde stattfindet.

## **Statistische Auswertung**

Als Vergleichswerte wurden die Mediane als Lagemaß der Häufigkeitsverteilungen herangezogen. Der Grund hierfür lag in der hohen Anzahl an Ausreißern, die bei der Verwendung eines arithmetischen Mittels trotz der hohen Fallzahlen zu stark ins Gewicht gefallen wären. Als Signifikanzniveau wurde für alle Tests 0,05 und für das Konfidenzintervall 0,95 gewählt. Zunächst wurde eine Normalverteilung des analysierten Datensatzes mithilfe eines Shapiro-Wilk-Tests (bis 5000 Variablen) bzw. durch den Kolmogorov-Smirnov-Test (mehr als 5000 Variablen) ausgeschlossen. Der Unterschied der Befundzeiten für den jeweiligen Beobachtungszeitraum wurde durch den Kruskal-Wallis-Test (parameterfreier Test für mehrere unabhängige Stichproben) und für den Vergleich (gemessen anhand der Differenz) der jeweiligen Jahre durch den Mann-Whitney-Test (parameterfreier Test für 2 unabhängige Stichproben) bestimmt.

Die statistische sowie die graphische Auswertung erfolgte mit OriginPro für Windows (OriginLab Cooperations, MA, Northhampton, USA) für die erste und dritte Publikation und für die zweite Publikation mit SPSS (IBM, Armonk, NY, USA).

## **Radiologische Prozesszeiten und Untersuchungszeitpunkte auf Intensivstationen**

Radiologische Untersuchungen aller Intensivstationen der Jahre 2009-2011 wurden bezüglich Untersuchungszeitpunkt, Zeit bis zur Befunderstellung und -freigabe sowie Art der Untersuchung (CT, MRT, etc.) analysiert. Neben den Gesamtprozesszeiten wurden die Daten auch einzeln für die Jahre 2009, 2010 und 2011 ausgewertet sowie nach verschiedenen Untersuchungsarten getrennt ausgewertet. Dabei erfolgte die Einteilung in konventionelle Röntgenuntersuchungen (inklusive konventionelle Durchleuchtungen), Ultraschall, Computertomographie, Magnetresonanztomographie, Angiographie und nuklearmedizinische Untersuchungen. Eingeschlossen wurden alle befundeten Untersuchungen der Intensivstationen. Dies beinhaltet internistische, chirurgische, neurologische, pädiatrische und anästhesiologische Intensivstationen. Ausgeschlossen wurden alle Untersuchungen/Vorgänge, die keine reguläre Untersuchung am Patienten darstellen bzw. nicht befundet wurden (Demonstrationen, Forschungsuntersuchungen und Vorgänge der Konstanz- und Geräteprüfung). Insgesamt belief sich damit die Zahl der radiologischen ITS-Untersuchungen auf 75.169. (Publikation I)

## **Teleradiologische Prozesszeiten und Untersuchungszeitpunkte**

Es wurden teleradiologische Untersuchungen zweier Campus der Charité der Jahre 2011 bis 2013 bzgl. Anzahl, Art und Modalität sowie der Untersuchungszeitpunkte und der Zeit bis zur

Befunderstellung retrospektiv analysiert. Die Daten wurden auch einzeln sowohl für die zwei Campus (Campus Charité Mitte, Campus Virchow Klinikum), als auch für die Jahre 2011, 2012 und 2013 sowie für die verschiedenen Untersuchungsarten getrennt ausgewertet. Dabei erfolgte die Einteilung in die Untersuchungsarten CT Kopf, CT Abdomen, CT Thorax, CT Thorax/Abdomen und CT Wirbelsäule. Aufgrund der vergleichsweise geringen Fallzahl und aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden weitere Untersuchungsarten unter „CT Sonstige“ subsumiert. Eingeschlossen wurden alle befundeten teleradiologischen CT-Untersuchungen der zwei Campus. Ausgeschlossen wurden alle Untersuchungen, zu denen kein Befund erstellt wurde (z. B. Testdurchläufe und Demonstrationen) sowie die Übermittlung von Voraufnahmen bzw. Konsultationsaufträge, bei denen die Indikation nicht vom zuständigen Teleradiologen gestellt wurde. Die im Rahmen der Studie analysierten Zeiten wurden mithilfe des Radiology Information Systems (RIS) erfasst. Die Eingabe des Zeitpunkts bei Beginn und Ende der Untersuchung erfolgte in der Regel manuell durch den zuständigen medizinischen technischen Radiologieassistenten vor Ort. Durch die digitale Vernetzung des RIS/PACS-Systems des teleradiologischen Zentrums mit dem der zuweisenden Stellen wird eine präzise und korrekte Erfassung der Zeiten gewährleistet.

### **Prozessbeschreibung**

Während der Betriebszeiten der Teleradiologie nimmt der in der externen Klinik anwesende und für den Patienten primär verantwortliche Arzt telefonisch Kontakt mit dem für die Teleradiologie zuständigen radiologischen Kollegen des Zentrums auf. Nach Vorstellung des Falls bzw. der daraus resultierenden notwendigen medizinischen Fragestellung und der gewünschten Untersuchung wird ein Fax mit der angeforderten Untersuchung über eine gesicherte Leitung an das teleradiologische Zentrum gesendet. Nach Empfang und Prüfung des Faxes wird die Indikation zur Untersuchung gestellt (unterstützt durch die Größe des radiologischen Zentrums kann die Vollfachkunde durch die radiologischen Kollegen tageszeitunabhängig und durchgängig vorgehalten werden). Am Ort der technischen Untersuchung befindet sich neben dem vor Ort verantwortlichen Arzt ein MTRA. Der MTRA ist mit der technischen Durchführung der Untersuchung einschließlich der Gabe von Kontrastmitteln unter Anleitung des Teleradiologen beauftragt. Die Untersuchung kann im Regelfall mit dem technischen Personal aus dem Tagdienst bekannten, klar definierten Standardprotokollen durchgeführt werden. Im Einzelfall kann der Teleradiologe mit dem MTRA Rücksprache halten, ob besondere Anforderungen an die Untersuchung gestellt werden und die Notwendigkeit besteht, das Protokoll zu modifizieren. Die Untersuchungstechnik wird vom Teleradiologen im Befund dokumentiert. Im Anschluss an die Untersuchung werden die Bilder über eine gesicherte Leitung an das teleradiologische Zentrum

gesendet. Die Befundung wird im Regelfall binnen 20 min nach Eingang der Bilder begonnen. Nach Befundfreigabe wird durch das RIS/PACS-System automatisch ein verbindliches Fax an den Anforderer gesendet. Gegebenenfalls, insbesondere in zeitkritischen Situationen, erfolgt bereits zuvor eine telefonische Befundübermittlung von Arzt zu Arzt. (Publikation II)

### **Befundungszeiten im Rahmen der Implementation eines Modellstudienganges**

Es erfolgte ein Vergleich der Befundungszeiten des Campus Charité Mitte während der Vorlesungszeit mit der vorlesungsfreien Zeit im Zeitraum vom 17.10.2011 bis zum 11.10.2013 mit einem besonderen Schwerpunkt auf die Intensivstationen. Die Befundzeiten wurden drei verschiedenen Kategorien zugeordnet: (1) Wochentage in der Vorlesungszeit, (2) Wochentage in der vorlesungsfreien Zeit und (3) Wochenende und Feiertage. Die Vorlesungszeit beinhaltet 14 Wochen und eine zusätzliche Klausuren-Woche. Nur die Befundungszeiten der Kategorie 1 und 2 wurden berücksichtigt. Am CCM befinden sich ca. 870 der ca. 3000 Betten des Universitätsklinikums. Die Universitätsmedizin hat insgesamt ca. 7.000 eingeschriebene Studenten, ca. 700 beginnen jedes Jahr ein Medizinstudium. In dem definierten Zweijahreszeitraum kam es zu einer Vermehrung der Lehrbelastung durch die Einführung eines Modellstudienganges. Zusätzlich gab es eine generelle Erhöhung der Patientenzahlen. Als Parameter zur Einschätzung, ob unter diesem Mehraufwand die Patientenversorgung leidet oder die Arbeitsbelastung der Radiologen merklich zunimmt, wurde die Befundungszeit sowie ungeplante Ausfalltage herangezogen. Es wurde die Befundungszeit und nicht die Freigabezeit ausgewählt, um einen Bias durch unterschiedliche Schnelligkeit der zur Freigabe befugten Radiologen zu vermeiden. Diese Parameter wurden zwischen der Vorlesungszeit und der vorlesungsfreien Zeit verglichen. Zusätzlich erfolgte die anonymisierte Auswertung nach Lehrtätigkeit in Stunden sowie jeweils in Tagen: Urlaub, Fortbildung/Forschung und ungeplanter Ausfall (zum Beispiel durch Krankheit). Eingeschlossen wurden alle befundeten Untersuchungen/Vorgänge, die in oben genanntem Zeitraum an Wochentagen stattfanden. Dabei wurden auch Vorgänge, die keine reguläre Untersuchung am Patienten darstellen (Demonstrationen, Forschungsuntersuchungen und Vorgänge der Konstanz- und Geräteprüfung) berücksichtigt, um einen möglichst vollständigen klinischen Leistungs- und Arbeitsaufwand in der Radiologie zu erfassen. Ausgeschlossen wurden alle Untersuchungen/Vorgänge, die an Wochenenden und Feiertagen stattfanden oder nicht befundet (z. B. Fremdbild-Importe in die institutsinterne Datenbank) wurden.

## Einführung Modelstudiengang

Der neue Modellstudiengang besteht aus altbekannten großen Gruppenformaten wie Vorlesungen aber auch aus diversen Kleingruppenformaten. Sobald Patienten involviert sind, ist die Kursgröße auf vier Studenten limitiert. Kurse für praktische Übungen ohne Patientenkontaktsind sind auf acht Studenten beschränkt und Kurse für Kommunikation, Interaktion und Teamwork auf 16 Studenten. Alle Radiologen sind in die Lehre involviert. Jedes Lehrformat setzt die durchgängige Anwesenheit des Lehrenden voraus. In der vorlesungsfreien Zeit finden Veranstaltungen für Famulierende und Studierende statt. (Publikation III)

## Ergebnisse

---

Insgesamt wurden in den drei Publikationen 278.380 radiologische Untersuchungen eingeschlossen. Im speziellen sind das 75.196 Untersuchungen auf allen Intensivstationen der Charité Universitätsmedizin Berlin von 2009 bis 2011, 10.200 teleradiologische Untersuchungen der Campus Charité Mitte und Virchow Klinikum von 2011 bis 2013 sowie 192.984 Untersuchungen des Campus Charité Mitte vom Wintersemester 2011/12 bis inklusive Wintersemester 2013.

### Radiologische Prozesszeiten und Untersuchungszeitpunkte auf Intensivstationen (2009 bis 2011)

Mit fast 75% ist der eindeutig größte Anteil der Untersuchungsvorgänge konventionell radiologisch. Weitere 12,25% der Untersuchungen machen CTs aus und 8,8% sind sonographische Untersuchungen. MRT, Angiographie und nuklearmedizinische Verfahren ergeben insgesamt knapp 4%.

*Tabelle 1: Mediane der Befundungs- und Freigabezeiten (Intensivstationen von 2009 bis 2011)*

	<b>Gesamt</b>	<b>Röntgen</b>	<b>CT</b>	<b>US</b>	<b>MRT</b>	<b>Angiographie</b>	<b>Nuklear</b>
<b>n</b>	75169	56062	9211	6613	1762	755	213
<b>M<sub>Bef</sub></b>	0:52	0:55	0:48	0:13	1:36	2:12	19:34
<b>M<sub>Frei</sub></b>	7:02	5:41	11:22	10:21	30:24	21:49	75:35

Im Durchschnitt dauert es 52 Minuten bis ein Befund geschrieben ist, bis zur endgültigen Befundfreigabe durch einen Facharzt 7 Stunden und 2 Minuten. Diese Prozesszeiten unterscheiden sich signifikant ( $p < 0,05$ ) für alle Modalitäten. Die kürzesten Befundungs- und Freigabezeiten

finden sich im Ultraschall (13 min/10 h 21 min), Röntgen (55 min/5 h 41 min) und CT (48 min/11 h 22 min). Im Gegensatz dazu sind vor allem die nuklearmedizinischen Befundungs- und Freigabezeiten (19 h 34 min/75 h 35 min) wesentlich länger.

### Entwicklung der Prozesszeiten von 2009-2011

Bei der Entwicklung der Befundungs- und Freigabezeiten über die betrachteten drei Jahre findet sich eine Tendenz zu insgesamt kürzeren Prozesszeiten. Diese Dynamik zeigt sich bei der Befundzeit in konventionellen Röntgenuntersuchungen (Verbesserung um 24 Minuten), im MRT (Verbesserung um 17 Minuten) und in der Sonographie (Verbesserung um 15 Minuten). Bei CTs und Angiographien bleibt die Befundzeit nahezu konstant (Differenz um zwei Minuten bzw. eine Minute). Einzig bei der Befundung nuklearmedizinischer Untersuchungen verlängert sich die Zeit um gut 15 Stunden (allerdings aufgrund der ausgeprägten Streuung nicht statistisch signifikant). Bei der Freigabezeit zeigt sich eine Verbesserung bei den CTs (um 6 Stunden und 4 Minuten), den konventionellen Röntgenuntersuchungen (um 5 Stunden und 7 Minuten) sowie in der Angiographie (um 47 Minuten). Eine Verlängerung findet sich bei sonographischen, magnetresonanztomographischen und nuklearmedizinischen Untersuchungen (lediglich beim Ultraschall statistisch signifikant).

Tabelle 2: Entwicklung der Mediane der Befundungs- und Freigabezeiten (ITS 2009-2011)

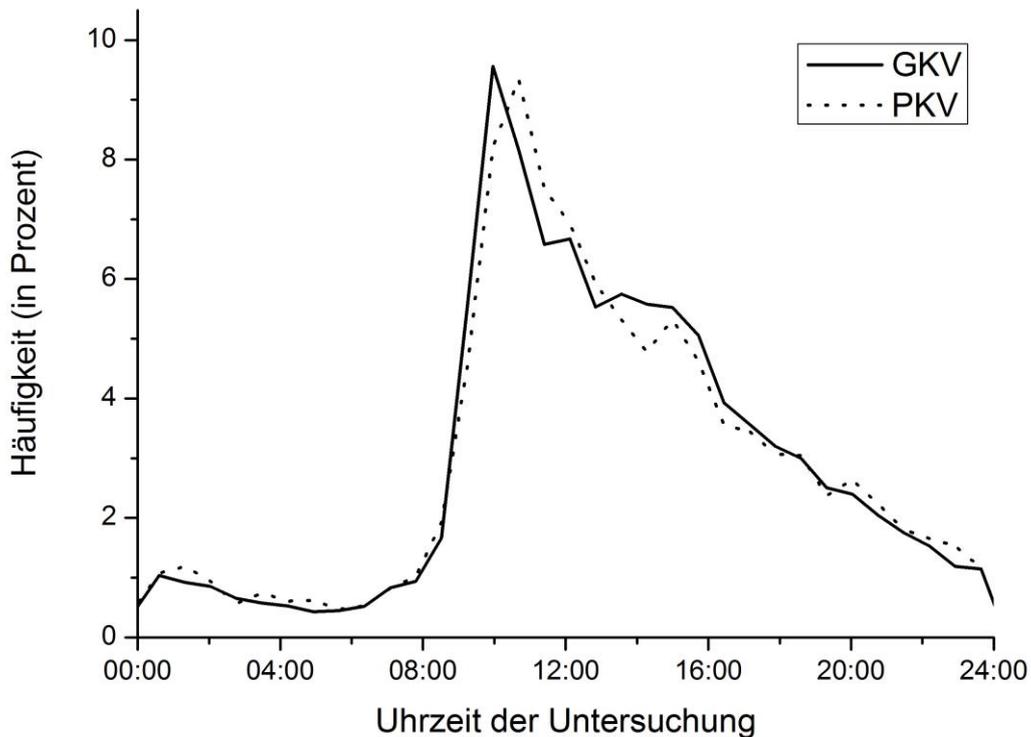
	2009		2010		2011	
	M <sub>Bef</sub> (h)	M <sub>Frei</sub> (h)	M <sub>Bef</sub> (h)	M <sub>Frei</sub> (h)	M <sub>Bef</sub> (h)	M <sub>Frei</sub> (h)
<b>Gesamt</b>	1,02	11,08	0,97	8,18	0,72	4,97
<b>Röntgen</b>	1,15	9,03	1,05	6,95	0,75	3,92
<b>CT</b>	0,77	15,73	0,83	10,47	0,77	9,00
<b>US</b>	0,38	6,43	0,25	9,43	0,13	13,43
<b>MRT</b>	1,68	27,90	1,88	38,38	1,40	32,82
<b>Angio</b>	2,32	24,78	2,07	16,80	2,33	24,00
<b>Nuklear</b>	5,07	72,02	18,37	69,92	20,27	94,43

### Radiologische ITS-Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf

Die Untersuchungshäufigkeitsverteilung im Tagesablauf spiegelt deutlich die radiologischen Kernarbeitszeiten wider, da der Großteil der Untersuchungen erwartungsgemäß zwischen 8:00 und 16:30 Uhr stattfindet. Das Maximum befindet sich gegen 10:00 Uhr. Eine geringere Anzahl von Untersuchungen erfolgt im Spätdienst. Nach 21:00 Uhr werden deutlich weniger Untersuchungen

durchgeführt. Bei der Verteilung wurde zusätzlich eine Unterteilung in Untersuchungen gesetzlich und privat versicherter Patienten vorgenommen. Dabei zeigte sich eine nahezu identische Verteilung ( $p = 0,99692$ ).

Abbildung 1: Verteilung radiologischer Untersuchungen im Tagesverlauf (ITS 2009 bis 2011)



### Teleradiologische Prozesszeiten und Untersuchungszeitpunkte (2011 bis 2013)

Die mit Abstand häufigste durchgeführte teleradiologische Untersuchung stellt die native CT-Untersuchung des Kopfs dar, die einen Anteil von 86% an allen durchgeführten Maßnahmen ausmacht. Die weiteren Häufigkeiten waren: CT Thorax mit 3,29 %, CT Abdomen mit 3,26 %, CT Wirbelsäule mit 2,95 % und alle anderen CT-Modalitäten zusammen 3,68 %.

In den Jahren von 2011 bis 2013 hat die Anzahl an teleradiologischen Untersuchungen an beiden Campus zugenommen. Im gesamten Beobachtungszeitraum wurden am CVK sowohl insgesamt als auch für jedes Beobachtungsjahr einzeln betrachtet die meisten Untersuchungen durchgeführt. Für den Zeitraum von 2011 bis 2013 konnten am CVK insgesamt 7190 und am CCM 3010 Anforderungen verzeichnet werden.

### Teleradiologische Befundungszeiten

Es dauerte im Durchschnitt 34 min, bis ein teleradiologischer Befund erstellt wurde. In Bezug auf die verschiedenen Untersuchungsarten lassen sich signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) feststellen. Die kürzesten Befundzeiten finden sich bei CT-Untersuchungen des Kopfs (32 min), die längsten

bei CT-Untersuchungen des Abdomens (52 min). Im betrachteten Zeitraum von drei Jahren blieben die Befundzeiten nahezu unverändert. Die z. T. beobachteten marginalen Veränderungen waren alle statistisch nicht signifikant.

*Tabelle 3: Mediane der teleradiologischen Befundungszeiten (2011 bis 2013)*

	<b>Gesamt</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>CCM</b>	<b>CVK</b>
	M <sub>Bef</sub> (min)					
<b>Gesamt</b>	34	34	34	33	30	36
<b>CT Kopf</b>	32	33	32	32	27	34
<b>CT Abdomen</b>	52	53	53	50	50	55
<b>CT Thorax</b>	43	37	46	40	34	44
<b>CT Wirbelsäule</b>	39	38	50	34	35	40
<b>CT Sonstige</b>	40	39	38	44	45	39

Beim Vergleich der durchschnittlichen Befundzeiten der Campus CCM und CVK lassen sich signifikant kürzere Befundzeiten am CCM feststellen ( $p < 0,05$ ). Im Durchschnitt ist die Befundzeit am CCM mit ca. 30 min 6 min kürzer als die am CVK mit ca. 36 min. Diese Dynamik zeigt sich v. a. in der Befundungszeit von CT-Untersuchungen des Kopfs (CCM: 27 min, CVK 34 min,  $p < 0,05$ ).

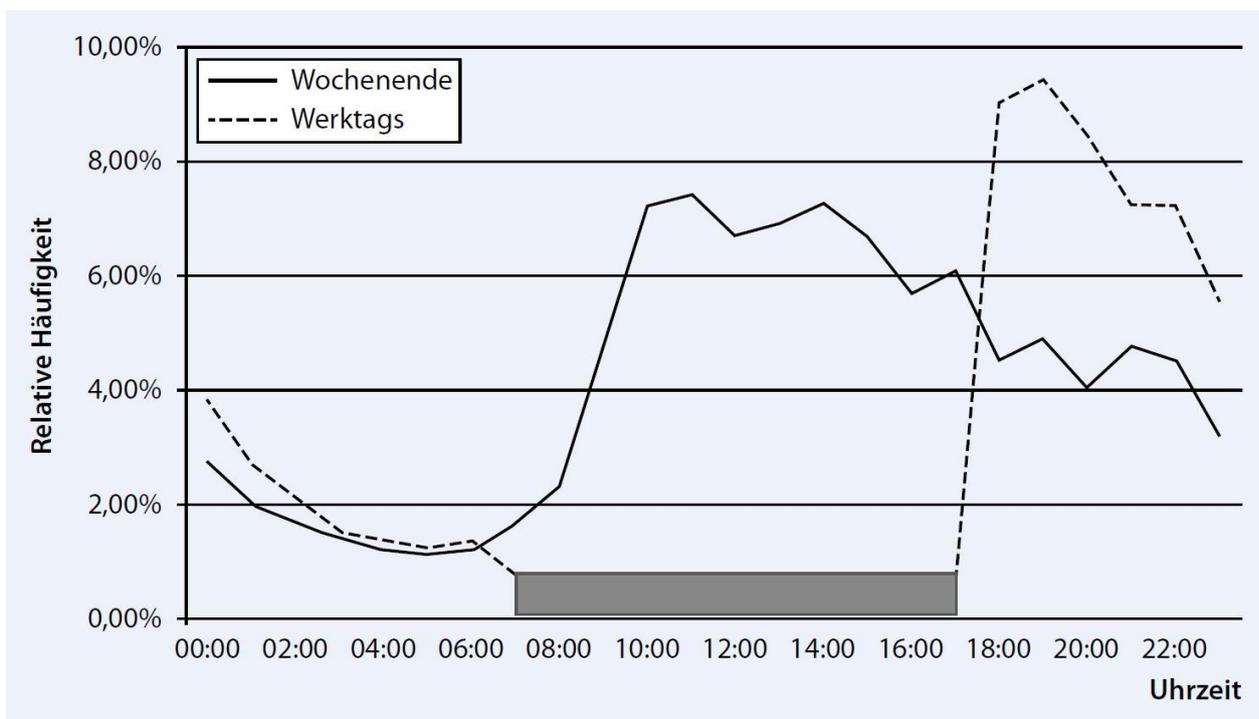
### **Verteilung der Untersuchungen im Wochen- und Tagesverlauf**

Im Wochenverlauf zeigt sich ein Anstieg der Anzahl an durchgeführten teleradiologischen Untersuchungen am Wochenende. Während unter der Woche durchschnittlich 12% (Montag und Donnerstag) bzw. 11% (Dienstag, Mittwoch und Freitag) aller Untersuchungen stattfinden, finden an den beiden Wochenendtagen knapp doppelt so viele Untersuchungen statt. Betrachtet man die Aufteilung der Untersuchungen auf die Zeiträume Wochenende und Nichtwochenende, werden am Wochenende mit 43% insgesamt geringfügig weniger Aufträge entgegengenommen.

Die Verteilung der Untersuchungshäufigkeiten im Tagesverlauf an Wochenenden ist von derjenigen an Werktagen verschieden. An Wochenenden steigt die Anzahl der Untersuchungen v. a. in den Morgenstunden ab 7 Uhr stark an, um dann gegen 10 Uhr das Maximum zu erreichen. Ab diesem Zeitpunkt beginnt die Anzahl an durchgeführten Untersuchungen nahezu kontinuierlich bis zum Minimum gegen 5 Uhr morgens zu sinken. Unter der Woche zeigt sich im Gegensatz dazu die höchste Belastung am Abend mit dem Maximum gegen 19 Uhr. Anschließend fällt auch hier die Untersuchungsanzahl über Nacht stark ab, bis morgens gegen 7 Uhr das Minimum erreicht

wird. Bezogen auf die Dienstzeiten und aus Sicht des Leistungserbringers findet die höchste Anzahl an Untersuchungen am Wochenende folglich zwischen 8 und 17 Uhr (ca. 27% aller eingeschlossenen teleradiologischen Untersuchungen) statt. An Wochentagen hingegen liegt die höchste Arbeitsbelastung zwischen 18 und 23 Uhr (ca. 31% aller eingeschlossenen teleradiologischen Untersuchungen). In den Nachtdiensten lässt sich unabhängig von dem Wochentag die niedrigste Anzahl an Anforderungen (ca. 6% aller teleradiologischen Untersuchungen am Wochenende und 10% aller teleradiologischen Untersuchungen unter der Woche) beobachten.

Abbildung 2: Verteilung teleradiologischer Untersuchungen im Tagesverlauf (2011 bis 2013)



### Befundungszeiten im Rahmen der Implementation eines Modelstudienganges

Im betrachteten Zweijahresintervall betrug die Befundungszeit im Durchschnitt 46,45 min in der Vorlesungszeit und 54,80 min in der vorlesungsfeien Zeit. Allerdings finden in der Vorlesungszeit weniger Untersuchungen statt (370,6/Tag bzw. 406,2/Tag). Für die Befundungszeiten auf den Intensivstationen zeigt sich kein signifikanter Unterschied: 40,80 min in der Vorlesungszeit und 41,13 min in der vorlesungsfreien Zeit. Außerdem fand sich hier auch kein signifikanter Unterschied in der Anzahl der Untersuchungen am Tag: 29,6/Tag in der Vorlesungszeit und 28,8/Tag in der vorlesungsfreien Zeit. Insgesamt findet man im betrachteten Zeitraum eine Zunahme der Befundungszeiten sowohl bei der gemittelten Befundungszeit aller Untersuchungen als auch der Untersuchungen auf Intensivstationen.

Tabelle 4: Befundungszeiten und Untersuchungszahlen (WS 2011/12 bis SS 2013)

	Alle Untersuchungen						ITS-Untersuchungen				
	Befundungs-			Untersuchung-			Befundungs-			Untersuchung-	
	Zeit in min			en pro Tag			Zeit in min			en pro Tag	
	Sem.	v.-frei	p	Sem.	v.-frei		Sem.	v.-frei	p	Sem.	v.-frei
<b>WS</b>											
<b>11/12</b>	42,05	56,33	<0,05	356,7	427,7		34,43	40,90	<0,05	29,5	30,9
<b>SS 12</b>	48,75	46,37	0,1	378,4	397,6		40,23	32,86	<0,05	29,4	27,7
<b>WS</b>											
<b>12/13</b>	45,58	58,43	<0,05	381,3	434,8		44,89	49,22	0,96	30,1	28,1
<b>SS 13</b>	49,88	60,32	<0,05	365,0	375,9		46,10	46,18	0,92	28,4	28,8
<b>Gesamt</b>	46,45	54,80	<0,05	370,3	406,2		40,80	41,13	0,56	29,6	28,8

Bei der Betrachtung des Dienstplanes findet sich eine Zunahme der Lehrtätigkeit in der Vorlesungszeit von 1,75 Stunden/Tag im Wintersemester 2011/12 zu 6,49 Stunden/Tag im Sommersemester 2013. Diese Zunahme kann zusätzlich auch in der vorlesungsfreien Zeit beobachtet werden, von 0,10 Stunden/Tag im Wintersemester 2011/12 zu 0,71 Stunden/Tag im Sommersemester 2013.

Tabelle 5: Dienstplanauswertung (WS 2011/12 bis SS 2013)

	Lehre		Ausfalltage		Urlaub		Fortbildung	
	(h/d)		(Mitarbeiter/d)		(Mitarbeiter/d)		(Mitarbeiter/d)	
	Sem.	v.-frei	Sem.	v.-frei	Sem.	v.-frei	Sem.	v.-frei
<b>WS 11/12</b>	1,75	0,10	0,56	1,13	3,12	2,53	0,21	0,70
<b>SS 12</b>	4,75	0,19	1,13	1,36	3,51	5,29	1,41	0,46
<b>WS 12/13</b>	6,55	0,58	1,07	1,61	3,69	3,20	2,43	0,73
<b>SS 13</b>	6,49	0,71	0,81	0,88	4,03	5,69	1,29	1,61
<b>Gesamt</b>	4,87	0,38	0,89	1,17	3,58	4,15	1,33	0,85

Die Zahl der ungeplanten Fehltag war im gesamten Zeitraum in der vorlesungsfreien Zeit (1,17 Tage) durchgängig höher als in der Vorlesungszeit (0,89 Tage). Der Unterschied war allerdings nur im Wintersemester signifikant. Urlaubstage werden vor allem in den Sommersemestern genommen und dabei eher in der vorlesungsfreien Zeit. In den Wintersemestern wurden die Urlaubstage eher in der Vorlesungszeit genommen. Der Unterschied war jedoch nur für die Sommersemester signifikant. Die Tage für Fortbildung und Forschung überschritten sich insbesondere mit den großen radiologischen Kongressen (nordamerikanischer und deutscher

Radiologenkongress in der Vorlesungszeit und europäischer Radiologenkongress in der vorlesungsfreien Zeit). Als Folge dessen kam es zu ausfallenden Mitarbeitern in der Vorlesungszeit. Dieser Unterschied war signifikant ( $p < 0,5$ ).

## **Diskussion**

---

In den betrachteten Zeiträumen zeigte sich eine Schwankung der Prozesszeiten. So kam es auf den betrachteten Intensivstationen im Zeitraum von 2009 bis 2011 zu einer Abnahme der Befundungs- und Freigabezeiten (auf allen Campus) aber im betrachteten Zeitraum vom Wintersemester 2011/12 bis zum Sommersemester 2013 zu einer Verlängerung der Befundungszeiten (CCM). Ob dies allein durch die Zunahme der Lehrtätigkeit und Teleradiologie zu erklären ist, scheint fragwürdig, da diese Prozesse in den Jahren von 2009 bis 2011 auch schon an Bedeutung gewannen. Während des zweiten betrachteten Zeitraumes wurden weitreichende Baumaßnahmen an der Charité durchgeführt, die den Arbeitsablauf beeinflusst haben können. Unter anderem musste ein Teil der Radiologie des CCM in neue Räume umziehen, so dass dies ein weiterer Grund für die Verlängerung der Befundungszeiten darstellen kann.

Allerdings zeigt sich auch, dass trotz der Schwankungen es insgesamt zu schnellen Befundungen kommt. Vielfach auf Intensivstationen angefragte Untersuchungen werden schnell befundet: die Befundungszeiten der drei häufigsten Modalitäten liegen unter einer Stunde. Im Ultraschall ist der Befund sogar schon nach wenigen Minuten geschrieben, was auf einen sinnvollen Workflow hindeutet, da der sonographische Befund häufig offenbar unmittelbar im Anschluss an die Untersuchung geschrieben werden kann (wenn der ärztliche Eindruck an die vergleichsweise ‚untersucherabhängige‘ Untersuchung noch aktuell ist). Auch bei teleradiologischen Untersuchungen fanden wir campusübergreifend unverändert kurze Befundzeiten. Diese sprechen für eine teilweise Kompensation dieses Mehraufwands durch eine gesteigerte Effizienz und eine sinnvolle Eingliederung der teleradiologischen Aufträge in den Workflow bzw. die Arbeitsabläufe vor Ort.

Nach der Röntgenverordnung hat die Teleradiologie vornehmlich das Ziel, in anforderungsschwachen Zeiten (nachts sowie an Wochenenden und Feiertagen) einen relativen Mangel an Radiologen zu kompensieren und eine effizientere Ressourcenallokation zwischen Angebot und Nachfrage herzustellen. Aus diesem Grund ist der Betrieb einer Röntgeneinrichtung zur Teleradiologie auf den oben genannten Zeitraum zu beschränken, es sei denn es wird eine explizite Genehmigung vor dem Hintergrund einer optimalen Patientenversorgung erteilt<sup>8, 14</sup>. Diese Vorgaben seitens der Röntgenverordnung können als Erklärungsmöglichkeit für die beobachteten Untersuchungshäufigkeiten im Wochen- und Tagesverlauf herangezogen werden.

Der größte Anteil an teleradiologischen Untersuchungen entfällt daher auf die Wochenenden oder werktags auf den Zeitraum nach den Kernarbeitszeiten (vor 8 und nach 18 Uhr), wenn zumeist kein Radiologe in den entsprechenden peripheren Krankenhäusern anwesend ist. Die Beobachtung, dass an Wochenendtagen durchschnittlich knapp doppelt so viele Untersuchungen durchgeführt werden, ist folglich darauf zurückzuführen, dass an Wochenenden eine längere Zeitspanne für das Angebot teleradiologischer Leistungen (2-mal 24 h) besteht als an Werktagen (ca. 10 h).

Die meisten teleradiologischen Untersuchungsvorgänge im betrachteten Zeitraum waren erwartungsgemäß computertomographische Untersuchungen des Kopfes, da zerebrale Ereignisse oft eine akute Abklärung benötigen und somit eine teleradiologische Untersuchung notwendig machen können. Hierbei werden schnelle Befundungszeiten erreicht. Untersuchungen, die nicht den Kopf betrafen, fanden in deutlich geringerer Anzahl statt. Das ist sicher durch die geringere Dringlichkeit dieser radiologischen Untersuchungen zu erklären, die vermutlich am Folgetag vom peripheren Haus selbstständig durchgeführt und befundet werden.

Diese Daten zeigen, dass die Anforderungen an den diensthabenden Teleradiologen unter den betrachteten Bedingungen hauptsächlich in der Überprüfung der Indikationsstellung für und in der Befundung von CT-Untersuchungen des Kopfs liegen.

Die Analyse deutet an, dass die stärkere Lehrbelastung durch eine geringere Anzahl an täglichen Untersuchungen in der Vorlesungszeit kompensiert werden, indem mehr elektive Untersuchungen in der vorlesungsfreien Zeit stattfinden. Zusätzlich wird das ärztliche Personal angehalten, Urlaub eher in der vorlesungsfreien Zeit zu nehmen. Die ungeplanten Ausfalltage nahmen im betrachteten Zeitraum nicht zu. Es kam sogar zu mehr Ausfalltagen in der vorlesungsfreien Zeit, so dass ein Zusammenhang von vermehrter Lehrbelastung zu vermehrten Ausfalltagen nicht erhärtet werden konnte. Allerdings muss in Betracht gezogen werden, dass natürlich neben der Arbeitsbelastung auch andere Faktoren, wie zum Beispiel die Stärke der Erkältungssaison, eine Rolle spielen.

Erfreulicherweise zeigen die Untersuchungen, dass die Zahl der Untersuchungen auf Intensivstationen in der Vorlesungs- und in der vorlesungsfreien Zeit ähnlich ist. Hier scheint der Ablauf nicht durch die Zunahme der Lehrtätigkeit beeinflusst zu werden.

Erwartungsgemäß konnte transparent dargelegt werden, dass es zu keiner Ungleichbehandlung von Patienten mit verschiedenem Versicherungsstand kommt (betrachtet im Zeitraum von 2009 bis 2011). In der Literatur wurden im Allgemeinen Ungleichbehandlungen bereits vielfach nachgewiesen<sup>15</sup>, jedoch wurde hier meist das Hauptaugenmerk auf die eigentliche Terminvergabe gelegt, die sich bei privat versicherten Patienten deutlich unkomplizierter zeigte<sup>16-18</sup>. Eine solche Ungleichbehandlung wäre im stationären Setting bei der Behandlung kritisch kranker Patienten

auf Intensivstationen auch nicht zu erwarten. Grundsätzlich wird zwar in einem Urteil des Sozialgerichts Düsseldorf<sup>19</sup> eine schnellere Terminvergabe an privatversicherte Patienten sogar gebilligt, wenn es dabei zu keinem gesundheitlichen Nachteil gesetzlich versicherter Patienten mit späterem Termin kommt. Allerdings wäre gerade dies nach Ansicht der Autoren bei Patienten in medizinisch besonders kritischen Situationen, die häufig auf Intensivstationen vorkommen, keineswegs akzeptabel und auch nicht im Sinne des Gesetzgebers und erst recht nicht mit der ärztlichen Berufsethik vereinbar.

In den betrachteten Zeiträumen insbesondere in Hinblick auf Fallzahlsteigerungen sei erwähnt, dass mit numerisch nahezu unveränderter Personalsituation gearbeitet wurde. In der IT-Infrastruktur (RIS/PACS) gab es keine grundlegenden Änderungen. In der Literatur werden aktuell unterschiedliche parallel durchführbare Ansätze behandelt, um Effizienzsteigerungen und Beschleunigungen des Workflows in der Radiologie herbeizuführen. Nicht abschließend seien hier einige erwähnt, wie zum Beispiel Anreize durch Prämien für besonders produktive Mitarbeiter im Sinne von Pay-for-performance-Systemen<sup>20</sup>, die Verwendung von Voicerecognition-Systemen<sup>21-23</sup>, welche insbesondere die Zeit bis zum fertigen Befund verkürzen können und Systeme zur computergesteuerten Ordnung der zu bearbeitenden Fälle nach medizinischer Dringlichkeit<sup>24</sup>, welche eine standardisierte Priorisierung ermöglichen.

## **Limitationen**

---

Als Limitation muss die Genauigkeit der dokumentierten Ablaufzeiten und somit der Befundungszeit kritisch betrachtet werden. Einerseits kann es zu Ungenauigkeiten der Zeiterfassung kommen, durch zum Beispiel mobile Durchführung der Untersuchungen auf Intensivstationen und erst verspätetes Einpflegen in das RIS/PACS. Andererseits wird häufig bereits vor schriftlicher Befunderstellung eine persönliche telefonische Übergabe insbesondere kritischer Befunde erfolgen. Auch ein Ausfall von Soft- und Hardware wurde nicht betrachtet, der den Arbeitsablauf beeinträchtigen kann.

Außerdem kann die Befundungszeit nur bedingt als Korrelat für die Effizienz und Auslastung der radiologischen Abteilung herangezogen werden, da nicht untersucht werden konnte, inwiefern Untersuchungen abgelehnt oder verschoben werden mussten aufgrund von Ressourcenknappheit (MTRA, Radiologen, Geräte). Auch eine mögliche Auslastung radiologischer Geräte wurde nicht berücksichtigt.

Für die Auswertung des Lehrplanes muss eingeschränkt werden, dass die Zeit für die Vorbereitung der Lehrtätigkeit nicht vermerkt ist. Dabei handelt es sich teilweise vermutlich um weit mehr Zeit

als die Lehrtätigkeit allein. Auch die Wegzeiten wurden nicht berücksichtigt. Und obwohl die Gesamtzahl der Ärzte im Betrachtungszeitraum insgesamt weitgehend konstant blieb, änderte sich natürlich die Effizienz und Qualität durch erwartungsgemäße Mitarbeiterab- und Zugänge.

## **Fazit**

---

Digitale hochquantitativ erfassbare Parameter können in der Radiologie zur Evaluation von Arbeitsabläufen genutzt werden. Da durch die Erfassung von Befundzeiten und Untersuchungszeitpunkten Hinweise auf veränderte Rahmenbedingungen, Arbeitsintensitäten sowie Kapazitätsreserven gegeben werden, kann auf eine effizientere Ressourcenallokation hingewirkt werden.

Insgesamt zeigt sich, dass durch die zunehmende Teleradiologie und Lehrtätigkeit die Arbeitsbelastung in der Radiologie steigt. Dabei findet die Mehrbelastung durch die Teleradiologie besonders außerhalb der regulären Kernarbeitszeit statt, die Lehrtätigkeit im Gegensatz dazu allerdings genau in der Kernarbeitszeit, so dass sich die Zusatzarbeit über den gesamten Arbeitszeitraum verteilt. Das daraus eine Verschlechterung der Behandlung kritisch kranker Patienten resultiert, konnte in dieser Arbeit nicht nachgewiesen werden. Das zeigt sich zum einen an einer nahezu konstanten Befundungszeit intensivmedizinischer und teleradiologischer Untersuchungen. Und zum anderen war auch die Anzahl täglicher Untersuchungen auf Intensivstationen unabhängig von der Zunahme der Lehrtätigkeit. Dies kann nur durch eine intelligente Planung des Arbeitsablaufes erreicht werden. So zeigte sich als ein Kompensationsmechanismus die Verlagerung von elektiven Routineuntersuchungen auf die vorlesungsfreie Zeit.

In der Medizin im Allgemeinen und in der Radiologie im Speziellen ist eine zunehmende Maßgabe der Wirtschaftlichkeit von Leistungen zu beobachten. Hinzu kommen personalintensivere und aufwendigere Lehrcurricula sowie zusätzlich wachsende Aufgabenfelder wie zum Beispiel die Teleradiologie. Daher wird es insbesondere für universitäre Einrichtungen von zunehmender Bedeutung sein, Arbeitsabläufe kontinuierlich zu analysieren, effizient und schlank zu gestalten und die jeweilige personelle Besetzung im Sinne einer möglichst optimalen Ressourcenallokation hierauf zeitnah anzupassen.

## Literaturverzeichnis

---

1. Lepanto L, Pare G, Aubry D, Robillard P, Lesage J. Impact of PACS on dictation turnaround time and productivity. *J Digit Imaging*. Mar 2006;19(1):92-97.
2. Lepanto L, Pare G, Gauvin A. Impact of PACS deployment strategy on dictation turnaround time of chest radiographs. *Acad Radiol*. Apr 2006;13(4):447-452.
3. Mariani C, Tronchi A, Oncini L, Pirani O, Murri R. Analysis of the X-ray work flow in two diagnostic imaging departments with and without a RIS/PACS system. *J Digit Imaging*. 2006;19 Suppl 1:18-28.
4. Boland GW. The impact of teleradiology in the United States over the last decade: driving consolidation and commoditization of radiologists and radiology services. *Clin Radiol*. May 2009;64(5):457-460; discussion 461-452.
5. Fitzgerald R. Medical regulation in the telemedicine era. *Lancet*. Nov 22 2008;372(9652):1795-1796.
6. Thrall JH. Teleradiology. Part I. History and clinical applications. *Radiology*. Jun 2007;243(3):613-617.
7. Pechet TC, Girard G, Walsh B. The value teleradiology represents for Europe: a study of lessons learned in the U.S. *Eur J Radiol*. Jan;73(1):36-39.
8. Rosenberg C, Langner S, Rosenberg B, Hosten N. [Medical and legal aspects of teleradiology in Germany]. *Rofo*. Sep;183(9):804-811.
9. Schnabel KP, Boldt PD, Breuer G, Fichtner A, Karsten G, Kujumdshiev S, Schmidts M, Stosch C. A consensus statement on practical skills in medical school - a position paper by the GMA Committee on Practical Skills. *GMS Z Med Ausbild*.28(4):Doc58.
10. Lerner S, Magrane D, Friedman E. Teaching teamwork in medical education. *Mt Sinai J Med*. Aug 2009;76(4):318-329.
11. Thistlethwaite JE, Davies D, Ekeocha S, Kidd JM, MacDougall C, Matthews P, Purkis J, Clay D. The effectiveness of case-based learning in health professional education. A BEME systematic review: BEME Guide No. 23. *Med Teach*.34(6):e421-444.
12. Mileder L, Wegscheider T, Dimai HP. Teaching first-year medical students in basic clinical and procedural skills--a novel course concept at a medical school in Austria. *GMS Z Med Ausbild*.31(1):Doc6.
13. Blackstock U, Munson J, Szyld D. Bedside ultrasound curriculum for medical students: report of a blended learning curriculum implementation and validation. *J Clin Ultrasound*. Mar;43(3):139-144.

14. Lundberg N, Wintell M, Lindskold L. The future progress of teleradiology-an empirical study in Sweden. *Eur J Radiol.* Jan;73(1):10-19.
15. Huber J, Mielck A. [Morbidity and healthcare differences between insured in the statutory ("GKV") and private health insurance ("PKV") in Germany. Review of empirical studies]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* Sep;53(9):925-938.
16. Lungen M, Stollenwerk B, Messner P, Lauterbach KW, Gerber A. Waiting times for elective treatments according to insurance status: A randomized empirical study in Germany. *Int J Equity Health.* Jan 09 2008;7:1.
17. Kuchinke BA, Sauerland D, Wubker A. The influence of insurance status on waiting times in German acute care hospitals: an empirical analysis of new data. *Int J Equity Health.* Dec 21 2009;8:44.
18. Schwierz C, Wubker A, Kuchinke BA. Discrimination in waiting times by insurance type and financial soundness of German acute care hospitals. *Eur J Health Econ.* Oct;12(5):405-416.
19. Rieger HJ. [Refusal to treat public health insurance patients because of general practice budget exhaustion--decision of the Dusseldorf Social Court 21 July 2004]. *Dtsch Med Wochenschr.* Feb 11 2005;130(6):297-298.
20. Boland GW, Halpern EF, Gazelle GS. Radiologist report turnaround time: impact of pay-for-performance measures. *AJR Am J Roentgenol.* Sep;195(3):707-711.
21. Krishnaraj A, Lee JK, Laws SA, Crawford TJ. Voice recognition software: effect on radiology report turnaround time at an academic medical center. *AJR Am J Roentgenol.* Jul;195(1):194-197.
22. Glaser C, Trumm C, Nissen-Meyer S, Francke M, Kuttner B, Reiser M. [Speech recognition: impact on workflow and report availability]. *Radiologe.* Aug 2005;45(8):735-742.
23. Trumm CG, Glaser C, Paasche V, Crispin A, Popp P, Kuttner B, Francke M, Nissen-Meyer S, Reiser M. [Impact of a PACS/RIS-integrated speech recognition system on radiology reporting time and report availability]. *Rofo.* Apr 2006;178(4):400-409.
24. Halsted MJ, Froehle CM. Design, implementation, and assessment of a radiology workflow management system. *AJR Am J Roentgenol.* Aug 2008;191(2):321-327.

## Eidesstattliche Erklärung

---

„Ich, Liane Albrecht, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Effizienzanalysen und interne Qualitätskontrollen anhand von Befundungszeiten in der Radiologie einer Universitätsklinik“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -[www.icmje.org](http://www.icmje.org)) kenntlich gemacht.

Mein Anteil an der ausgewählten Publikation entspricht dem, der in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem Betreuer, angegeben ist.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

## Für die Rahmenschrift ausgewählte Publikationen

---

### **Publikation 1.:**

**Albrecht L**, Busse R, Tepe H, Poschmann R, Teichgräber U, Hamm B, de Bucourt M.  
Radiologische “report turnaround times” und Untersuchungszeitpunkte bei Patienten auf  
Intensivstationen: eine institutsinterne Qualitätskontrolle. [Turnaround time for reporting results  
of radiological examinations in intensive care unit patients: an internal quality control].  
Radiologe. 2013 Sep;53(9):810-6. doi: 10.1007/s00117-013-2537-y. German. PubMed PMID:  
23933637

Impact Factor: 0,414 (2013)

### **Publikation 2.:**

Seithe T, de Bucourt M, Busse R, Rief M, Doyscher R, **Albrecht L**, Rathke H, Jonczyk M,  
Poschmann R, Tepe H, Hamm B.  
Teleradiologische Prozess- und Untersuchungszeiten: Eine institutsinterne Effizienz- und  
Qualitätskontrolle. [Teleradiological report turnaround times: An internal efficiency and quality  
control analysis]. Radiologe. 2015 May;55(5):409-16. doi: 10.1007/s00117-015-2858-0.  
German. Erratum in: Radiologe. 2015 Jun;55(6):497. PubMed PMID: 25944276.

Impact Factor: 0,278 (2015)

### **Publikation 3.:**

**Albrecht L**, Maurer MH, Seithe T, Braun J, Gummert R, Auer J, Sponheuer K, Meyl TP, Hamm  
B, de Bucourt M.  
Development of Report Turnaround Times in a University Department of Radiology during  
Implementation of a Reformed Curriculum for Undergraduate Medical Education. [Die  
Entwicklung von Befundungszeiten im Rahmen der Umstellung auf einen Modellstudiengang in  
einer Universitätsradiologie]. Rofo. 2017 Sep 21. doi: 10.1055/s-0043-118482. [Epub ahead of  
print]. PubMed PMID: 28934807.

Impact Factor: 1,554 (2016)

## **Anteilerklärung an den für die Rahmenschrift ausgewählten Publikationen**

---

Liane Albrecht hatte folgenden Anteil an den folgenden Publikationen:

### **Publikation 1.:**

**Albrecht L**, Busse R, Tepe H, Poschmann R, Teichgräber U, Hamm B, de Bucourt M.  
Radiologische “report turnaround times” und Untersuchungszeitpunkte bei Patienten auf  
Intensivstationen: eine institutsinterne Qualitätskontrolle. [Turnaround time for reporting results  
of radiological examinations in intensive care unit patients: an internal quality control].  
Radiologe. 2013 Sep;53(9):810-6. doi: 10.1007/s00117-013-2537-y. German. PubMed PMID:  
23933637

Impact Factor: 0,414 (2013)

Mein Beitrag zum Artikel bestand im Einzelnen, die Forschungsfrage zu identifizieren und ein Konzept zu erarbeiten. Dafür habe ich nach der Literaturrecherche und -auswertung den zu untersuchenden Zeitraum ausgewählt und die in Frage kommenden Stationen bestimmt. Die im RIS/PACS-System erhobenen Daten lagen mir für die Jahre 2009, 2010 und 2011 einzeln als Excel-Tabellen vor und wurden von mir zusammengeführt und kategorisiert. Es wurden die Untersuchungen entsprechend meiner Vorgaben ein- bzw. ausgeschlossen. Dann berechnete ich Befundungs-, Freigabezeiten sowie die Uhrzeiten der Untersuchungen und erstellte die Mediane. Nach statistischer Auswertung mit dem Programm OriginPro8.6.0G (OriginLab Cooperations, MA, Northhampton, USA) bewertete ich die Ergebnisse und formulierte das Manuskript. Dafür musste ich die Graphiken und Tabellen entwerfen. Nach Vorstellung des ersten Entwurfs des Manuskripts in der Arbeitsgruppe leitete ich die Korrektur und Überarbeitung. Nach Erstellung einer finalen Version reichte ich das Manuskript beim Journal ein. Nach erstem Peer-Review erfolgte die Erstellung einer überarbeiteten Version, die angenommen wurde.

### **Publikation 2.:**

Seithe T, de Bucourt M, Busse R, Rief M, Doyscher R, **Albrecht L**, Rathke H, Jonczyk M,  
Poschmann R, Tepe H, Hamm B.

Teleradiologische Prozess- und Untersuchungszeiten: Eine institutsinterne Effizienz- und  
Qualitätskontrolle. [Teleradiological report turnaround times: An internal efficiency and quality

control analysis]. Radiologe. 2015 May;55(5):409-16. doi: 10.1007/s00117-015-2858-0. German. Erratum in: Radiologe. 2015 Jun;55(6):497. PubMed PMID: 25944276.

Impact Factor: 0,278 (2015)

Mein Beitrag im Einzelnen in der Mitwirkung bei der Idee und der Erarbeitung des Konzepts. Die Auswertung der Excel-Tabellen erfolgte analog der Auswertung der Publikation mit meinen Formeln für die Berechnung der Befundungszeit und der Uhrzeit der Untersuchung. Ich formulierte einen großen Teil des Methodikteils. Weiterhin arbeitete ich in der Arbeitsgruppe an der Überarbeitung und Korrektur des Manuskripts mit und begleitete den Peer-Review-Prozess.

### **Publikation 3.:**

**Albrecht L**, Maurer MH, Seithe T, Braun J, Gummert R, Auer J, Sponheuer K, Meyl TP, Hamm B, de Bucourt M.

Development of Report Turnaround Times in a University Department of Radiology during Implementation of a Reformed Curriculum for Undergraduate Medical Education. [Die Entwicklung von Befundungszeiten im Rahmen der Umstellung auf einen Modellstudiengang in einer Universitätsradiologie]. Rofo. 2017 Sep 21. doi: 10.1055/s-0043-118482. [Epub ahead of print]. PubMed PMID: 28934807.

Impact Factor: 1,554 (2016)

Mein Beitrag zum Artikel bestand im Einzelnen, die Forschungsfrage zu identifizieren und ein Konzept zu erarbeiten. Dafür habe ich nach der Literaturrecherche und -auswertung den zu untersuchenden Zeitraum ausgewählt und die in Frage kommenden Stationen bestimmt. Die im RIS/PACS-System erhobenen Daten lagen mir für die Jahre 2011, 2012 und 2013 monatsweise als Excel-Tabellen vor und wurden von mir zusammengeführt und kategorisiert. Es wurden die Untersuchungen entsprechend meiner Vorgaben ein- bzw. ausgeschlossen. Dann berechnete ich Befundungszeiten erstellte die Mediane. Daraufhin analysierte ich modalitätenspezifische ärztliche Kapazitätsplanung für CCM und anonymisierte die tägliche Auflistung an Lehrtätigkeit, Urlaubstagen, Ausfalltagen und Forschungstagen. Nach statistischer Auswertung mit dem Programm OriginPro 9.1G (OriginLab Cooperations, MA, Northhampton, USA) bewertete ich die Ergebnisse und formulierte das Manuskript. Dafür musste ich die Graphiken und Tabellen entwerfen. Nach Vorstellung des ersten Entwurfs des Manuskripts in der Arbeitsgruppe leitete ich

die Korrektur und Überarbeitung. Nach Erstellung einer finalen Version reichte ich das Manuskript beim Journal ein. Nach erstem Peer-Review erfolgte die Erstellung einer überarbeiteten Version, die angenommen wurde.

Unterschrift, Datum und Stempel des betreuenden Hochschullehrers

---

PD Dr. med. Maximilian de Bucourt

Unterschrift der Doktorandin

---

Liane Albrecht

## **Sonderdrucke der für die Rahmenschrift ausgewählten Publikationen**

---

Albrecht L, Busse R, Tepe H, Poschmann R, Teichgräber U, Hamm B, de Bucourt M.  
Radiologische “report turnaround times” und Untersuchungszeitpunkte bei Patienten auf  
Intensivstationen: eine institutsinterne Qualitätskontrolle. [Turnaround time for reporting results  
of radiological examinations in intensive care unit patients: an internal quality control].  
Radiologe. 2013 Sep;53(9):810-6. doi: 10.1007/s00117-013-2537-y. German. PubMed PMID:  
23933637. <http://doi.org/10.1007/s00117-013-2537-y>.













Seithe T, de Bucourt M, Busse R, Rief M, Doyscher R, Albrecht L, Rathke H, Jonczyk M, Poschmann R, Tepe H, Hamm B. Teleradiologische Prozess- und Untersuchungszeiten: Eine institutsinterne Effizienz- und Qualitätskontrolle. [Teleradiological report turnaround times: An internal efficiency and quality control analysis]. Radiologe. 2015 May;55(5):409-16. doi: 10.1007/s00117-015-2858-0. German. Erratum in: Radiologe. 2015 Jun;55(6):497. PubMed PMID: 25944276. <http://doi.org/10.1007/s00117-015-2858-0>.















Albrecht L, Maurer MH, Seithe T, Braun J, Gummert R, Auer J, Sponheuer K, Meyl TP, Hamm B, de Bucourt M. Development of Report Turnaround Times in a University Department of Radiology during Implementation of a Reformed Curriculum for Undergraduate Medical Education. [Die Entwicklung von Befundungszeiten im Rahmen der Umstellung auf einen Modellstudiengang in einer Universitätsradiologie]. *Rofo*. 2017 Sep 21. doi: 10.1055/s-0043-118482. [Epub ahead of print]. PubMed PMID: 28934807. <http://doi.org/10.1055/s-0043-118482>.











## **Lebenslauf**

---

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

## Vollständige Publikationsliste Stand 2017

---

1. **Albrecht L**, Maurer MH, Seithe T, Braun J, Gummert R, Auer J, Sponheuer K, Meyl TP, Hamm B, de Bucourt M.  
Development of Report Turnaround Times in a University Department of Radiology during Implementation of a Reformed Curriculum for Undergraduate Medical Education. *Rofo*. 2017 Sep 21. doi: 10.1055/s-0043-118482. [Epub ahead of print]. PubMed PMID: 28934807.
2. Suttmeier B, Teichgräber U, Rathke H, **Albrecht L**, Güttler F, Schnackenburg B, Hamm B, de Bucourt M.  
Initial experience with imaging of the lower extremity arteries in an open 1.0 Tesla MRI system using the triggered angiography non-contrast-enhanced sequence (TRANCE) compared to digital subtraction angiography (DSA). *Biomed Tech (Berl)*. 2016 Aug 1;61(4):383-92. doi: 10.1515/bmt-2014-0181. PubMed PMID: 26684345.
3. Seithe T, de Bucourt M, Busse R, Rief M, Doyscher R, **Albrecht L**, Rathke H, Jonczyk M, Poschmann R, Tepe H, Hamm B.  
[Teleradiological report turnaround times: An internal efficiency and quality control analysis]. *Radiologe*. 2015 May;55(5):409-16. doi: 10.1007/s00117-015-2858-0. German. Erratum in: *Radiologe*. 2015 Jun;55(6):497. PubMed PMID: 25944276.
4. Makowski MR, Jonczyk M, Streitparth F, Guettler F, Rathke H, Suttmeier B, **Albrecht L**, Teichgräber UK, Hamm B, de Bucourt M.  
Interactive near-real-time high-resolution imaging for MR-guided lumbar interventions using ZOOM imaging in an open 1.0 Tesla MRI system--initial experience. *Biomed Tech (Berl)*. 2015 Dec;60(6):533-9. doi: 10.1515/bmt-2014-0118. PubMed PMID: 25830904
5. Suttmeier B, Teichgräber U, Thomas A, Rathke H, **Albrecht L**, Jonczyk M, Verba M, Güttler F, Schnackenburg B, Hamm B, de Bucourt M.  
Non-invasive ECG-triggered 2D TOF MR angiography of the pelvic and leg arteries in an open 1.0-tesla high-field MRI system in comparison to conventional DSA. *Biomed Tech (Berl)*. 2014 Feb;59(1):29-37. doi: 10.1515/bmt-2013-0113. PubMed PMID: 24334421
6. **Albrecht L**, Busse R, Tepe H, Poschmann R, Teichgräber U, Hamm B, de Bucourt M.

[Turnaround time for reporting results of radiological examinations in intensive care unit patients: an internal quality control]. *Radiologe*. 2013 Sep;53(9):810-6. doi: 10.1007/s00117-013-2537-y. German. PubMed PMID: 23933637

7. Colletini F, Rathke H, Schnackenburg B, Thomas A, **Albrecht L**, Suttmeier B, Jonczyk M, Guettler F, Teichgräber U, Kroncke T, Hamm B, de Bucourt M.

Fluid preinjection for microwave ablation in an ex vivo bovine liver model assessed with volumetry in an open MRI system. *Diagn Interv Radiol*. 2013 Sep-Oct;19(5):427-32. doi: 10.5152/dir.2013.12189. PubMed PMID: 23846553.

## Danksagung

---

Mein größter Dank richtet sich an meinen Doktorvater und Betreuer Herrn PD Dr. med. Maximilian de Bucourt. Ohne seine fortwährende Motivation und Unterstützung wären die Ideen zu den Publikationen nicht entstanden, die Datensätze hätten nicht ausgewertet und die Publikationen nicht erstellt werden können. Zusätzlich möchte ich dem ganzen Team danken für durchgängig konstruktive Idee und Änderungen an Konzept, Durchführung und Publikationen, insbesondere gilt hier mein Dank Herrn Tim Seithe. Für die Hilfe bei den englischen Übersetzungen danke ich besonders Bettina Herwig.

Außerdem gilt mein großer Dank meinen Eltern, Gundula und Fred Albrecht für die durchgehende Unterstützung auf dem langen Weg ins Medizinerleben über Schule, Studium und Facharztausbildung. Auch technisch wäre die Umsetzung ohne die Hilfe meines Vaters für die graphische und statistische Auswertung nicht möglich gewesen. Meiner Oma, Edelgard Bethwell möchte ich dafür danken, dass sie immer stolz von ihrer Arzt-Enkelin erzählt.