

Aus dem Institut für Klinische Radiologie der
Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. h.c. Maximilian Reiser

**Vergleich zwischen einem teleradiologisch betreuten Computertomographen und
einem „in-house“ betreuten Computertomographen am Beispiel des
Kreiskrankenhauses Mindelheim und des Universitätsklinikums Großhadern**

Qualität der Patientenversorgung und wirtschaftliche Aspekte

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Volker Stark
aus Heidelberg

2006

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. h.c. M. Reiser

Mitberichterstatter: Prof. Dr. U. Mansmann

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. M. Matzko

Dekan: Prof. Dr. med. D. Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 07.12.2006

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| 1. Einleitung | 3 |
| 2. Material und Methodik | 5 |
| 2.1. Konzept Teleradiologie Kreiskrankenhaus Mindelheim - Universitätsklinikum Großhadern..... | 5 |
| 2.1.1. Diagnostik mit Computertomographie | 5 |
| 2.1.2. Organisation..... | 5 |
| 2.1.3. Technik | 7 |
| 2.2. Datenquellen..... | 10 |
| 2.2.1. Patientendaten..... | 10 |
| 2.2.2. Finanzdaten | 11 |
| 3. Ergebnisse | 12 |
| 3.1. Ablauforganisation einer CT-Untersuchung in Mindelheim | 12 |
| 3.2. Ablauforganisation einer CT-Untersuchung in Großhadern | 13 |
| 3.3. Art der Untersuchungen | 14 |
| 3.4. Uhrzeit der Untersuchungen..... | 15 |
| 3.5. Wochentag der Untersuchungen..... | 17 |
| 3.6. Zeitdauer der Bildübertragung von Mindelheim nach Großhadern | 19 |
| 3.7. Anzahl der übermittelten Bilder pro Minute (von Mindelheim nach Großhadern) | 20 |
| 3.8. Zeitdauer zwischen Untersuchungsdatum und Datum des endgültigen Befundes.. | 20 |
| 3.9. Übermittlungsdauer des fertiggestellten endgültigen Befundes vom Schreibbüro Großhadern nach Mindelheim | 21 |
| 3.10. Bestätigung oder Änderung der Verdachtsdiagnose nach der CT-Untersuchung... | 22 |
| 3.11. Neurologische Konsile..... | 23 |
| 3.12. CT-Kostenentwicklung in Mindelheim..... | 23 |
| 3.12.1. Kostensituation 1997..... | 23 |
| 3.12.2. Wirtschaftlichkeitsanalyse 1997 | 23 |
| 3.12.3. Kostensituation 1998..... | 25 |
| 3.12.4. Kostensituation 1999..... | 26 |
| 3.12.5. Kostensituation 2000..... | 27 |
| 3.12.6. Kostensituation 2001..... | 27 |
| 3.12.7. Kostensituation 2002..... | 28 |
| 4. Diskussion..... | 29 |
| 4.1. Ablauforganisation der CT-Untersuchungen..... | 29 |
| 4.2. Art der Untersuchungen – Hinweis auf Notfalluntersuchungen..... | 29 |
| 4.3. Uhrzeit der Untersuchungen..... | 31 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.4. | Wochentag der Untersuchungen..... | 31 |
| 4.5. | Zeitdauer der Bildübertragung und Anzahl der übermittelten Bilder von Mindelheim nach Großhadern..... | 31 |
| 4.6. | Zeitdauer zwischen Untersuchungsdatum und Datum des endgültigen Befundes.. | 32 |
| 4.7. | Übermittlungsdauer des fertiggestellten endgültigen Befundes vom Schreibbüro Großhadern nach Mindelheim..... | 33 |
| 4.8. | CT-Kostenentwicklung in Mindelheim..... | 34 |
| 4.8.1. | Planung..... | 34 |
| 4.8.2. | Entwicklung der Untersuchungszahlen 1997 - 2002..... | 35 |
| 4.8.3. | Entwicklung der Kosten pro CT-Untersuchung..... | 36 |
| 4.8.4. | Kosten im Literaturvergleich..... | 37 |
| 4.9. | Juristische Aspekte der Teleradiologie..... | 38 |
| 4.9.1. | Rechtliche Grundlagen in Deutschland..... | 38 |
| 4.9.2. | Erfüllung der rechtlichen Vorgaben..... | 39 |
| 4.10. | Qualitätssicherung..... | 40 |
| 4.11. | Berufspolitische Aspekte..... | 40 |
| 4.12. | Vorteile der Teleradiologie..... | 41 |
| 4.13. | Bedarf an Teleradiologie..... | 41 |
| 4.14. | Einsatzmöglichkeiten der Teleradiologie..... | 42 |
| 4.15. | Probleme und Risiken der Teleradiologie..... | 43 |
| 4.16. | Öffentliche Resonanz..... | 44 |
| 4.17. | Ausblick..... | 44 |
| 5. | Zusammenfassung..... | 46 |
| 6. | Literaturverzeichnis..... | 48 |
| 7. | Abbildungsverzeichnis..... | 52 |
| 8. | Anhang - Beispiele von Computertomographie-Bildern..... | 53 |
| 9. | Lebenslauf..... | 62 |

1. Einleitung

Das deutsche Gesundheitssystem steht zurzeit vor großen Herausforderungen. In allen Teilbereichen des Gesundheitswesens gewinnen ökonomische Aspekte wie Kostenreduzierung und Effizienzsteigerung immer mehr an Bedeutung. Dabei wird jedoch eine auf hohem Niveau gleichbleibende bzw. sich weiter verbessernde Versorgung der Patienten erwartet. Den größer werdenden Finanzierungslücken im Gesundheitswesen können Gesundheitseinrichtungen nur begegnen, wenn es ihnen gelingt, patientenorientierte Qualitätssteigerungen bei gleichzeitiger Verbesserung der Kostenstruktur zu erreichen. So zwingt der Fortschritt in der Medizin und ein erhöhtes Anspruchsdenken vieler Patienten insbesondere kleine Krankenhäuser (Fachkrankenhäuser, Vertragskrankenhäuser und Krankenhäuser der Grund- und Regelversorgung) zu einem breiten Untersuchungsangebot trotz relativ geringer Untersuchungszahlen. Um diese Leistungen kosteneffizient und qualitätsgerecht zur Verfügung stellen zu können, sind alternative Organisations- und Finanzierungskonzepte notwendig [1, 27].

Als ein Lösungsansatz für dieses Problem hat sich in den letzten Jahren die Telemedizin mit ihren Anwendungsbereichen Teleradiologie, Telepathologie, Telechirurgie (Planungssysteme und insbesondere Telemanipulation), Telemonitoring, Telekonsultation und -konferenz, Telepräsenz, Telediagnostik und Teleausbildung etabliert [13].

Die Teleradiologie spielt in der Telemedizin eine wichtige Vorreiterrolle, da die EDV-Anwendung in verschiedenen Arbeitsbereichen der Radiologie sehr früh ein routinemäßiger Bestandteil war [3]. Im Rahmen der Novellierung der Röntgenverordnung hat der deutsche Gesetzgeber unter anderem auch der gewachsenen Bedeutung der Teleradiologie Rechnung getragen [4, 29]. Die Röntgenverordnung definiert Teleradiologie wie folgt:

„§ 2 Nr. 24: Teleradiologie:

Untersuchung eines Menschen mit Röntgenstrahlung unter der Verantwortung eines Arztes nach § 24 Abs. 1 Nr. 1, der sich nicht am Ort der technischen Durchführung befindet und der mit Hilfe elektronischer Datenübertragung und Telekommunikation insbesondere zur rechtfertigenden Indikation und Befundung unmittelbar mit den Personen am Ort der technischen Durchführung in Verbindung steht.“¹

¹ Röntgenverordnung § 24 (Berechtigte Personen) Abs. 1 Nr. 1

In der Heilkunde oder Zahnheilkunde darf Röntgenstrahlung am Menschen nur angewendet werden von Personen, die als Ärzte approbiert sind oder denen die Ausübung des ärztlichen Berufs erlaubt ist und die für das Gesamtgebiet der Röntgenuntersuchung oder Röntgenbehandlung die erforderliche Fachkunde im Strahlenschutz besitzen

In der Praxis bedeutet dies eine räumliche Trennung zwischen dem Patienten und dem die Untersuchung befundenden Arzt. Damit ermöglicht die Teleradiologie die ständige Verfügbarkeit von Expertenwissen, auch in ländlichen Versorgungsgebieten und trägt zu einer qualitätsgesicherten Medizin und wohnortnahen Patientenversorgung auf hohem Niveau bei [1, 3].

In der Medizin allgemein gültige Vorgaben wie die Gewährleistung des Facharztstandards, die Einhaltung der Berufsordnung und der ärztlichen Schweigepflicht sowie die Aufklärungsvorschriften sind in der Telemedizin selbstverständlich zu beachten.

In dieser Arbeit wird der teleradiologisch betreute Spiral-Computertomograph im Kreiskrankenhaus Mindelheim (Krankenhaus der Grundversorgung) in Kooperation mit dem Universitätsklinikum Großhadern (Kompetenzzentrum der höchsten Versorgungsstufe) als ein solches Konzept vorgestellt und die ökonomische Bedeutung des Computertomographen für das Krankenhaus in Mindelheim quantifiziert.

Es erfolgt die Analyse einer 24-stündigen „Rund um die Uhr“ - Betreuung eines Computertomographen in einem Kreiskrankenhaus der Grundversorgung (Mindelheim) mit qualitätsgesicherter Betreuung der Elektivuntersuchungen durch Radiologen vor Ort und einer teleradiologisch gestützten Betreuung von CT-Notfalluntersuchungen unter besonderer Berücksichtigung der Kosteneffizienz.

Diese Arbeit soll zeigen, dass die teleradiologische Betreuung des CT für das Kreiskrankenhaus Mindelheim aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist und eine Verbesserung in der Qualität der Patientenversorgung nach der Installation des CT in Mindelheim erfolgt ist.

2. Material und Methodik

2.1. Konzept Teleradiologie Kreiskrankenhaus Mindelheim - Universitätsklinikum Großhadern

2.1.1. Diagnostik mit Computertomographie

Die Computertomographie (CT) ist ein röntgenologisches Verfahren, das überlagerungsfreie Transversalschichtbilder von hoher Kontrastauflösung liefert. Das Funktionsprinzip besteht darin, dass sich ein mechanisch verbundenes Röntgenröhren-Detektor-System kreisförmig um das untersuchte Objekt dreht. Durch die Detektoren wird die Strahlungsintensität nach Durchstrahlung des Objekts gemessen. Anhand der registrierten Strahlungsintensitäten wird mittels eines Rechners ein Bild der durchstrahlten Körperschicht berechnet [12].

Die ersten Computertomographen wurden in den siebziger Jahren in Krankenhäusern installiert [23]. Mit Einführung der neuen Schnittbildtechnik wurde die bildgebende Diagnostik allgemein und insbesondere die Notfalldiagnostik entscheidend verändert, da sich nun Erkrankungen und Traumafolgen schnell diagnostizieren lassen, die früher nur mit aufwändigen bzw. invasiven Verfahren zu erkennen waren. Die Computertomographie gilt als Symbol für den medizinischen Fortschritt und wurde in den letzten Jahren zu einer Basistechnik der Radiologie. Für die Krankenhäuser und Praxen bedeutet die Verfügbarkeit der Computertomographie zum einen einen erheblichen Qualitätssprung in der Patientenversorgung und zum anderen einen nicht zu unterschätzenden Imagegewinn.

2.1.2. Organisation

Bis zum Jahr 1999 besaß das Kreiskrankenhaus Mindelheim keinen Computertomographen. Patienten, die eine CT-Untersuchung benötigten, wurden mittels Taxi oder Krankentransportwagen ggf. mit ärztlicher oder pflegerischer Begleitung zum externen Untersuchungsort gefahren.

Im Jahr 1998 wurde im Landkreis Unterallgäu die Entscheidung getroffen, in einem der beiden Kreiskrankenhäuser Mindelheim oder Ottobeuren einen eigenen Computertomographen zu installieren, um die Kosten der CT-Untersuchungen zu reduzieren.

Die Wahl fiel auf das Kreiskrankenhaus Mindelheim, der Computertomograph wurde dort im Dezember 1998 installiert.

Seit Januar 1999 betreut die Klinische Radiologie Großhadern in Kooperation mit der Imaging Service GmbH - Kompetenznetzwerk Telemedizin - den Computertomographen (spiralfähiges CT AR Star der Firma Siemens, Erlangen) des Kreiskrankenhauses im 90 km entfernten Mindelheim.

Zweimal pro Woche (mittwochs und freitags) befindet sich ein Radiologe des Institutes für Klinische Radiologie Großhadern in Mindelheim, der vor Ort die Elektivuntersuchungen betreut und befundet. Parallel zur Vor-Ort-Befundung werden die Bilddaten dieser Untersuchungen nach Großhadern übermittelt, wo unter anderem eine zweite Meinung von speziell ausgewiesenen Spezialisten eingeholt werden kann.

An den übrigen Wochentagen und in den Nachtzeiten werden anfallende Notfalluntersuchungen mit Hilfe des teleradiologischen Bildversandes von Mindelheim nach Großhadern abgewickelt. Dazu sendet die MTRA per Fax den vom behandelnden Stationsarzt mit klinischen Angaben und Fragestellung bzw. Verdachtsdiagnose ausgefüllten Untersuchungsanforderungsschein nach Großhadern. Der Radiologe in Großhadern bestimmt Untersuchungsart und -ablauf und gibt die entsprechenden Anweisungen telefonisch an die MTRA in Mindelheim. Diese führt die Untersuchung durch und sendet anschließend die Bilddaten per ISDN nach Großhadern. Nach vollständig erfolgter Bilddatenübermittlung befundet der Radiologe in Großhadern die Untersuchung und faxt zeitnah einen Sofortbefund (meist handschriftlich) nach Mindelheim. Die MTRA leitet diesen dann an den anfordernden Stationsarzt weiter. In Großhadern erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt eine Zweitbefundung der Bilddaten mit der Erstellung des endgültigen Befundes, der vom Radiologen diktiert und im Schreibbüro geschrieben wird. Nach Unterzeichnung wird der endgültige Befund sowohl sofort per Fax als auch per Post nach Mindelheim geschickt.

Die Archivierung der Bilddaten erfolgt digital sowohl in Großhadern als auch in Mindelheim. Die Originale der endgültigen Befunde werden in den Krankenakten in Mindelheim abgeheftet. Kopien der Anforderungsscheine, der Sofortbefunde und der endgültigen Befunde werden in Großhadern aufbewahrt.

Die Radiologische Klinik des Universitätsklinikums Großhadern erbringt die teleradiologischen Befundleistungen in Kooperation mit der Imaging Service GmbH als

telemedizinischem Netzanbieter. Diese ist in der Lage, ihren Kunden rund um die Uhr das gesamte Spektrum teleradiologischer Diagnostik anzubieten, da sie jederzeit auf das technische und personelle Know-how des Universitätsklinikums zugreifen kann.

Die Medizinisch-technischen Radiologieassistenten (MTRA) trainierten die Untersuchungsvorbereitung und -durchführung vor Inbetriebnahme des CT in Mindelheim an bauähnlichen CT-Geräten in der Klinischen Radiologie Großhadern. In speziellen Schulungen wurden sie und die Radiologen aus Großhadern in die Bedienung der Bildübermittlungstechnik eingewiesen.

Die Auswertung der CT-Bilder erfolgt in Großhadern als Dienstleistung durch die Radiologen der Universitätsklinik.

2.1.3. Technik

In Mindelheim wurden folgende Komponenten installiert:

- Computertomograph AR STAR (Siemens AG, Erlangen)

Es handelt sich hierbei um einen spiralfähigen Computertomographen der dritten Generation. Die verschiedenen Generationen der Computertomographen unterscheiden sich in der Anordnung der Röntgenröhre und der Detektoren, die sich während der Untersuchung um den Patienten drehen. Im Laufe der Entwicklung der Computertomographen wurde die Anzahl der bewegten Teile immer weiter reduziert. Damit konnte die Dauer der Untersuchung mit jeder neuen Gerätegeneration verkürzt werden. Bei Geräten der dritten Generation ist die Bewegung auf eine gemeinsame Rotation von Röntgenröhre und Detektorsystem beschränkt [11].

- Teleradiologiefähige Workstation (Magic View 300, Siemens AG, Erlangen)

Die Workstation Magic View 300 ist ein vernetzter Computer mit großem Speicher, hochauflösendem Monitor und verschiedenen Softwaretools zur Betrachtung, Speicherung und 2D-Nachbearbeitung der CT-Bilder. Weiterhin ist eine Archivierung der CT-Bilder auf CD-ROM möglich.

- ISDN (Integrated Services Digital Network)-Anschluss (Deutsche Telekom AG, Bonn)

Der ISDN-Anschluss ermöglicht über 2 B-Kanäle und einen D-Kanal die Kommunikation mittels Telefon und Fax sowie die Bildübertragung nach Großhadern mit maximal 128 Kbit/sec.

- Router (2 Kanal, Cisco Systems, San Jose, California, USA)

Der Router ist mit dem ISDN-Anschluss gekoppelt, verfügt über einen integrierten Ethernet-Hub und einen a/b-Port zum Anschluss eines Netzwerkes und von Fax- und Telefongeräten. Durch die integrierte Firewall-Funktion wird die Daten- und Netzwerksicherheit gewährleistet. Dieser Verknüpfungsrechner dient der Aufbereitung der Bilddaten zum Versand sowie der Kontrolle der vollständigen Datenübermittlung.

- Laser Printer (1200dpi, Hewlett Packard, Palo Alto, California, USA)

Der hochauflösende Laser-Drucker wird dazu eingesetzt, rasch und kostengünstig Papierausdrucke der CT-Bilder zu erstellen und diese den Patienten mitzugeben. Durch geringe Qualitätseinbußen gegenüber konventionellen Laserfilmen sind diese Ausdrucke nur zur Information, nicht aber zur exakten Befundung geeignet.

- Trockenlaserprinter (Fuji Photo Film B.V. Tilburg Netherlands)

Der Trockenlaserprinter druckt CT-Bilder auf Laserfilme. Diese können archiviert oder bei Bedarf den Patienten mitgegeben werden. Durch die Benutzung eines Trockenlaserprinters entstehen keine Qualitätseinbußen der ausgedruckten Filme gegenüber dem herkömmlichen Entwicklungssystem, es entfällt aber einerseits die Einrichtung einer Dunkelkammer und andererseits die Verwendung von Entwicklungschemikalien wie Entwickler und Fixierer.

- Kontrastmittelinjektor (Fa. Ulrich, Ulm)

Ein Kontrastmittelinjektor ist ein technologisch hochentwickeltes Gerät. Es dient zur Injektion von Röntgenkontrastmittel, wodurch die Aussagekraft der Bildaufnahmen verbessert und die Diagnosesicherheit erhöht wird. Von großer Bedeutung für die Beurteilbarkeit der Bilder ist die Injektion des Kontrastmittels zum exakt richtigen Zeitpunkt während der Untersuchung.

Im Befundungszentrum Großhadern wurden folgende Komponenten installiert:

- 2 Workstations: Magic View 300 und Magic View 1000 (Siemens AG, Erlangen)
- Die Workstation Magic View 300 übernimmt ähnliche Aufgaben wie das in Mindelheim installierte Gerät. Die Workstation Magic View 1000 bietet darüber hinaus einen noch größeren Speicher und ermöglicht mit vier hochauflösenden Bildschirmen den Vergleich mit Voruntersuchungen. Die mitgelieferten Softwaretools erlauben vielfältige Arten der Bildnachbearbeitung inklusive 3-D-Analysen und Unterstützung beim Erstellen der schriftlichen Befunde. Außerdem können die CT-Bilder unmittelbar in bestehende Radiologie-Informationssysteme (RIS) und Picture-Archiving-and-Communications-Systeme (PACS) übernommen werden.
- Server (Remote Access, Siemens AG, Erlangen)

Der Server ist mit den verschiedenen Peripheriegeräten vernetzt, kann umfangreiche Programm- und Datenbestände verwalten und ermöglicht mittels Remote Access einen ortsunabhängigen Zugriff auf die gespeicherten Daten (CT-Untersuchungen).

- Primärmultiplexfähiger Router (Cisco Systems)

Der Router verwaltet 30 ISDN-Kanäle, bis zu 15 Krankenhäuser können gleichzeitig Bilder im ISDN-2-Kanalversand transferieren.

- Primärmultiplexanschluss (Deutsche Telekom AG, Bonn)

Der Primärmultiplexanschluss ist eine leistungsfähigere Variante eines ISDN-Anschlusses mit 30 B-Kanälen und einem D-Kanal. Somit ist gewährleistet, dass die angeschlossenen Krankenhäuser gleichzeitig Daten zur teleradiologischen Begutachtung in das Befundungszentrum übertragen können.

2.2. Datenquellen

2.2.1. Patientendaten

Zur Verfügung standen in Mindelheim das Logbuch des Computertomographen und die Befundberichte aller 1095 im Jahr 1999 im CT Mindelheim untersuchten Patienten. Für den Vergleich mit dem Computertomographen am Klinikum Großhadern der Universität München wurde als repräsentativer Untersuchungsmonat der September 2000 herangezogen. In diesem Monat wurden am CT in Großhadern 1230 Patienten untersucht. Einige Befundberichte sind unvollständig; die entsprechende Gesamtzahl wird in den Auswertungen jeweils dokumentiert.

Die Patientendaten aus Mindelheim wurden in einer Datenbank erfasst nach:

- Name, Vorname und Geburtsdatum des Patienten
- klinischer Fragestellung
- Datum und Art der Untersuchung
- Bildanzahl
- Uhrzeit (Beginn und Ende) der Bildübertragung
- Art des Sofortbefundes (direkt durch Radiologen vor Ort oder bei Teleradiologie per Fax)
- Datum des Sofortbefundes
- Datum des endgültigen Befundes
- Diagnose

Die Patientendaten aus Großhadern wurden ebenfalls in einer Datenbank erfasst nach:

- Name, Vorname und Geburtsdatum des Patienten
- klinischer Fragestellung
- Datum, Uhrzeit und Art der Untersuchung
- Datum des endgültigen Befundes
- Diagnose

Anschließend erfolgte eine Datenanalyse und ein Datenvergleich nach:

- untersuchter Körperregion, also: Schädel, Abdomen/Oberbauch, Thorax, Hals, obere Extremitäten, untere Extremitäten, Halswirbelsäule, Brustwirbelsäule, Lendenwirbelsäule, Becken, Aorta, Nasennebenhöhlen/Felsenbein
- Uhrzeit der Untersuchung

- Wochentag der Untersuchung
- Zeitdauer der Bildübertragung (von Mindelheim nach Großhadern)
- Anzahl der übermittelten Bilder pro Minute (von Mindelheim nach Großhadern)
- Zeitdauer zwischen Untersuchung und Datum des endgültigen Befundes
- Übermittlungsdauer des endgültigen Befundes vom Schreibbüro Großhadern nach Mindelheim
- Änderung der Diagnose (als Diagnoseänderung wurde gewertet, wenn sich aufgrund der CT-Untersuchung eine Änderung der Verdachtsdiagnose ergab, z. B. komatöser Patient mit der Verdachtsdiagnose intracranielle Blutung bzw. Insult wird als Änderung der Diagnose gewertet, eine Staginguntersuchung bei einem Tumorpatienten wird dagegen nicht als Diagnoseänderung gewertet)

2.2.2. Finanzdaten

Vor Installation des CT in Kreiskrankenhaus Mindelheim wurden im Jahr 1998 die benötigten CT-Untersuchungen als externe Untersuchungen durchgeführt, die Kosten für Krankentransport (Rettungswagen bzw. Taxi), CT-Untersuchung und Befundung wurden jeweils aufgezeichnet und lagen zur Auswertung vor.

Ebenso wurden die gesamten Kosten des CT-Betriebs am Kreiskrankenhaus Mindelheim seit Inbetriebnahme im Jahr 1999 aufgezeichnet. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die entsprechenden Daten bis zum Jahr 2002 ausgewertet.

Aufgrund der Mischkalkulation der großen radiologischen Abteilung am Universitätsklinikum Großhadern ist hier keine Einzelkostenanalyse verfügbar. Damit ist ein Kostenvergleich der beiden Standorte nicht möglich.

3. Ergebnisse

3.1. Ablauforganisation einer CT-Untersuchung in Mindelheim

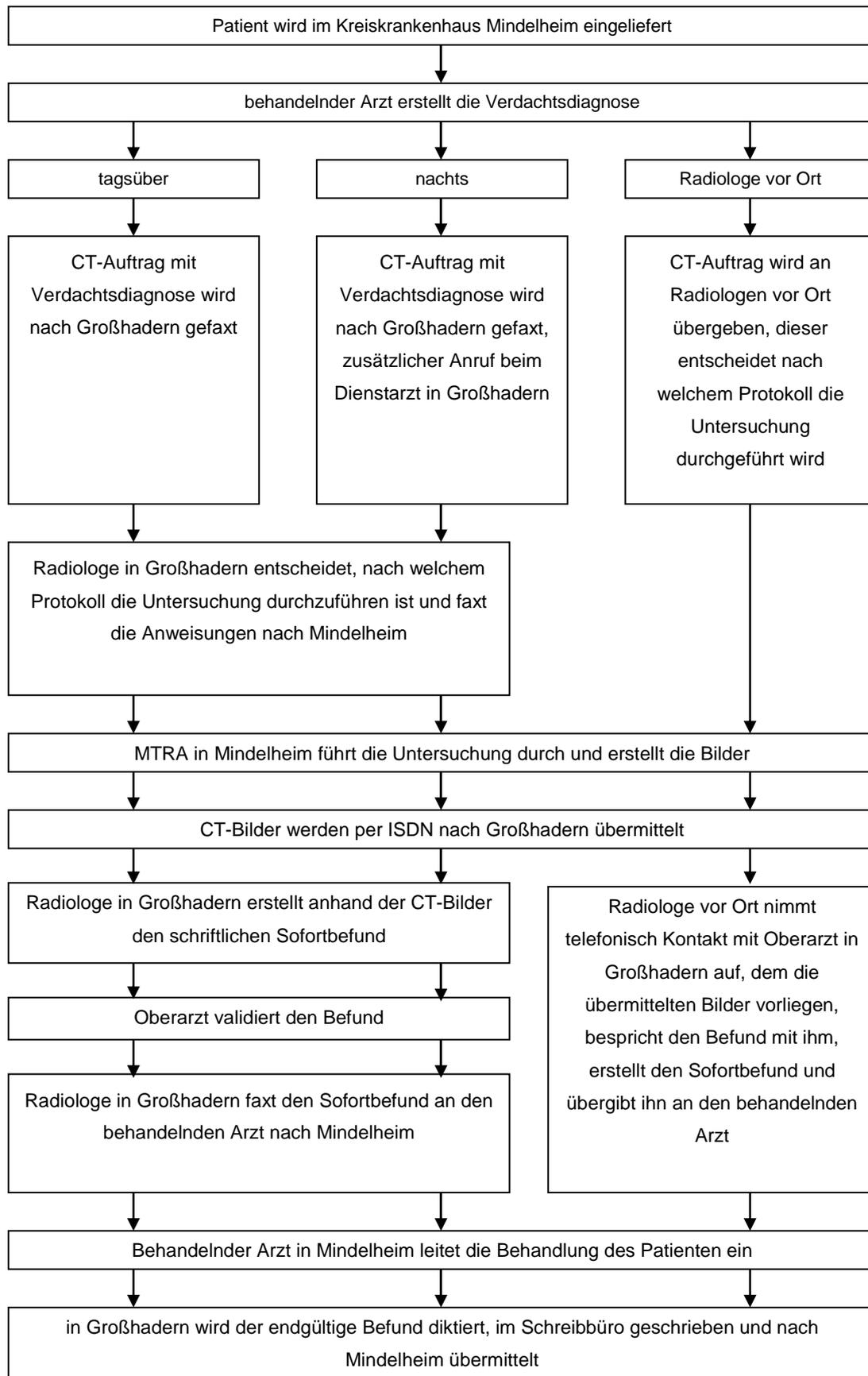


Abb. 1: Ablauforganisation einer CT-Untersuchung in Mindelheim

3.2. Ablauforganisation einer CT-Untersuchung in Großhadern

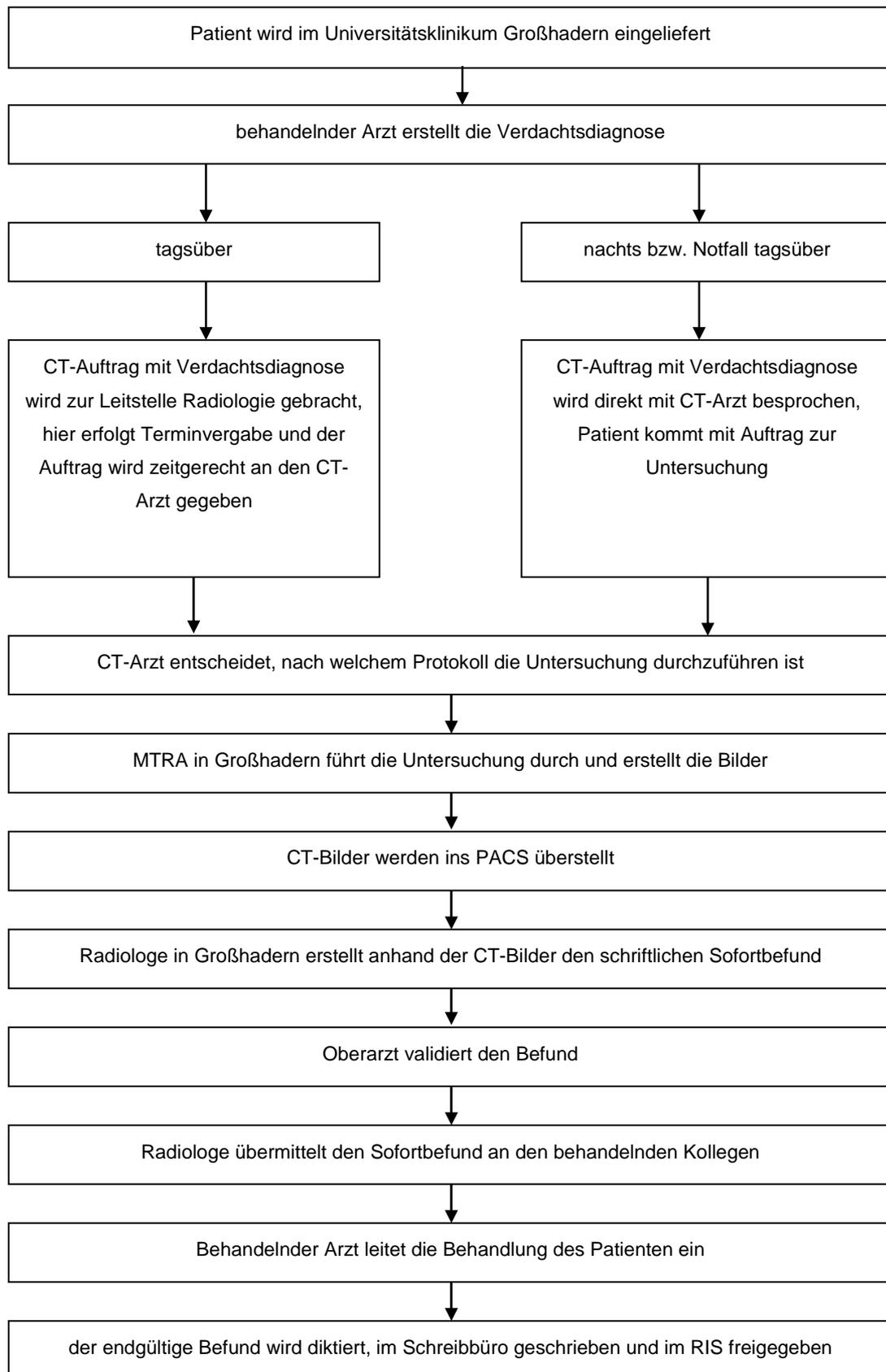


Abb. 2: Ablauforganisation einer CT-Untersuchung in Großhadern

3.3. Art der Untersuchungen

Die Untersuchungen in den Computertomographen wurden in zwölf anatomisch orientierte Gruppen eingeteilt. In Mindelheim wurde am häufigsten die Schädeluntersuchung (CCT) durchgeführt (53,8 % aller Untersuchungen), während in Großhadern die meisten Untersuchungen CT Abdomen/Oberbauch (32,9 %) waren.

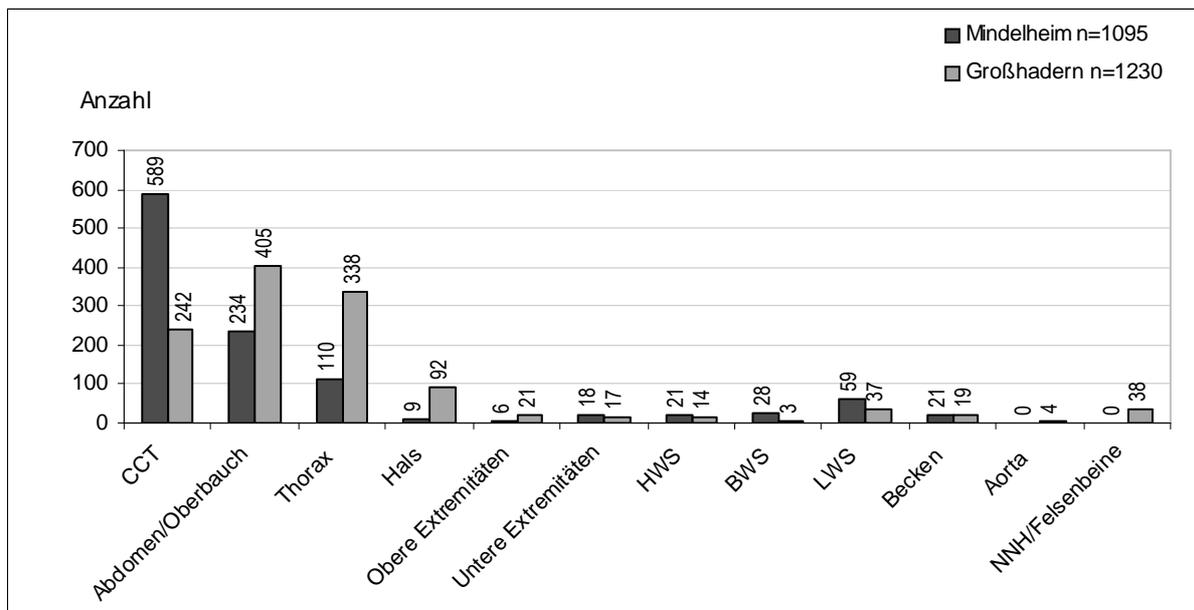


Abb. 3: Art der Untersuchungen im Vergleich Mindelheim - Großhadern

Es folgten in Mindelheim:

- CT Abdomen/Oberbauch (21,4 %)
- CT Thorax (10,0 %)
- CT Lendenwirbelsäule (5,4 %)
- CT Brustwirbelsäule (2,6 %)
- CT Halswirbelsäule und CT Becken (jeweils 1,9 %)
- CT untere Extremitäten (1,6 %)
- CT Hals (0,8 %) und obere Extremitäten (0,5 %)

Computertomographieuntersuchungen von Aorta bzw. Nasennebenhöhlen/Felsenbeine wurden im betrachteten Zeitraum in Mindelheim nicht durchgeführt.

In Großhadern ergab sich folgende Verteilung:

- CT Thorax (27,5 %),
- CT Schädel (9,7 %),

- CT Hals (7,5 %)
- CT Nasennebenhöhlen/Felsenbeine (3,1 %)
- CT Lendenwirbelsäule (3,0 %)
- CT obere Extremitäten (1,7 %)
- CT Becken (1,5 %)
- CT untere Extremitäten (1,4 %)
- CT Halswirbelsäule (1,1 %)
- CT Aorta (0,3 %)
- CT Brustwirbelsäule (0,2 %)

3.4. Uhrzeit der Untersuchungen

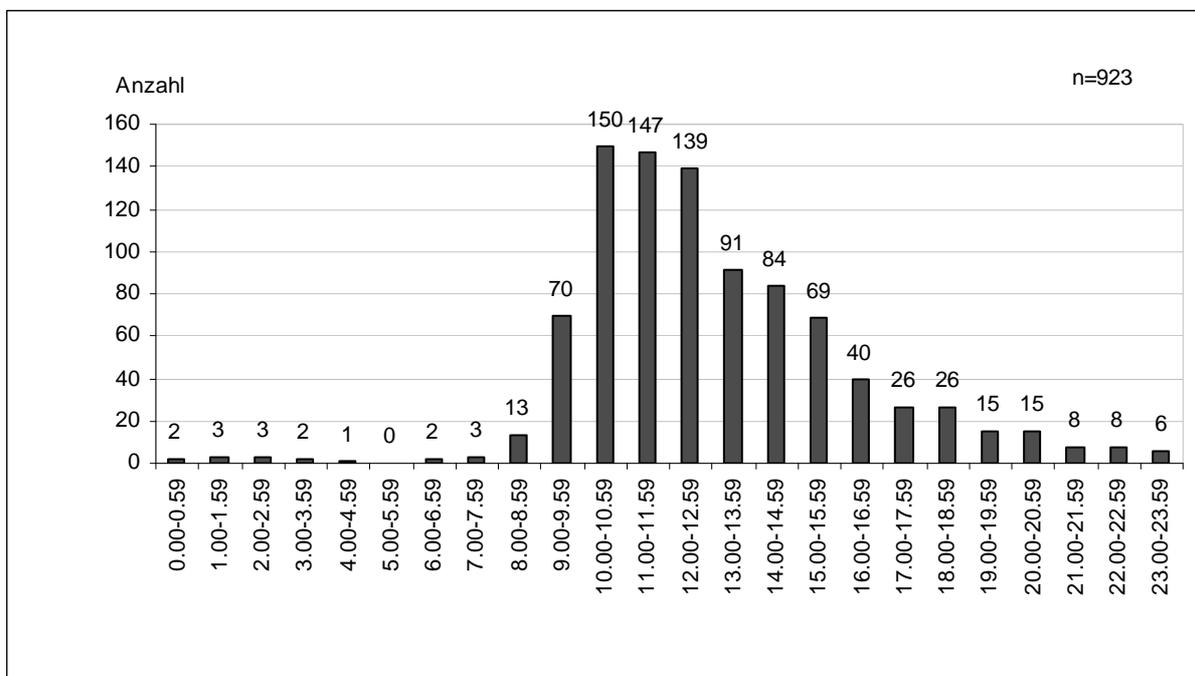


Abb. 4: Uhrzeit der Untersuchungen in Mindelheim

In Mindelheim betrug der Modalwert der Untersuchungsanzahl 150 und wurde in der Zeit zwischen 10 und 11 Uhr erreicht, in Großhadern betrug der entsprechende Wert 168 und wurde in der Zeit zwischen 11 und 12 Uhr erreicht. Dies bedeutet, dass zu diesen Zeiten die meisten Untersuchungen pro Stunde erfolgten.

In Großhadern und auch in Mindelheim wurde der Median der Untersuchungsanzahl jeweils zwischen 12 und 13 Uhr überschritten, das heißt, dass bis zu diesem Zeitpunkt mehr als die Hälfte der Untersuchungen des Tages stattgefunden hat.

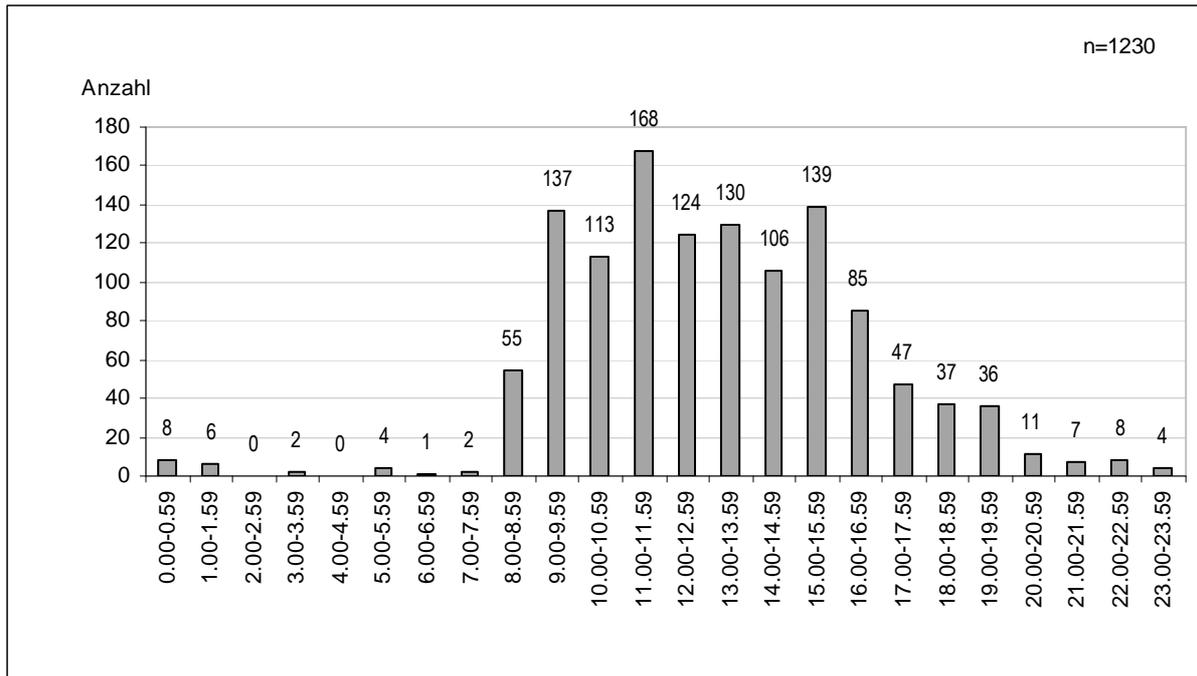


Abb. 5: Uhrzeit der Untersuchungen in Großhadern

Die Verteilung der Untersuchungsanzahl über den Tag wies in Großhadern mehrere Peaks am frühen Vormittag, am Mittag und am frühen Nachmittag auf, während in Mindelheim nach einem raschen Anstieg der Untersuchungszahlen am späten Vormittag ein stetiger Rückgang der Zahlen zum späten Nachmittag erfolgte.

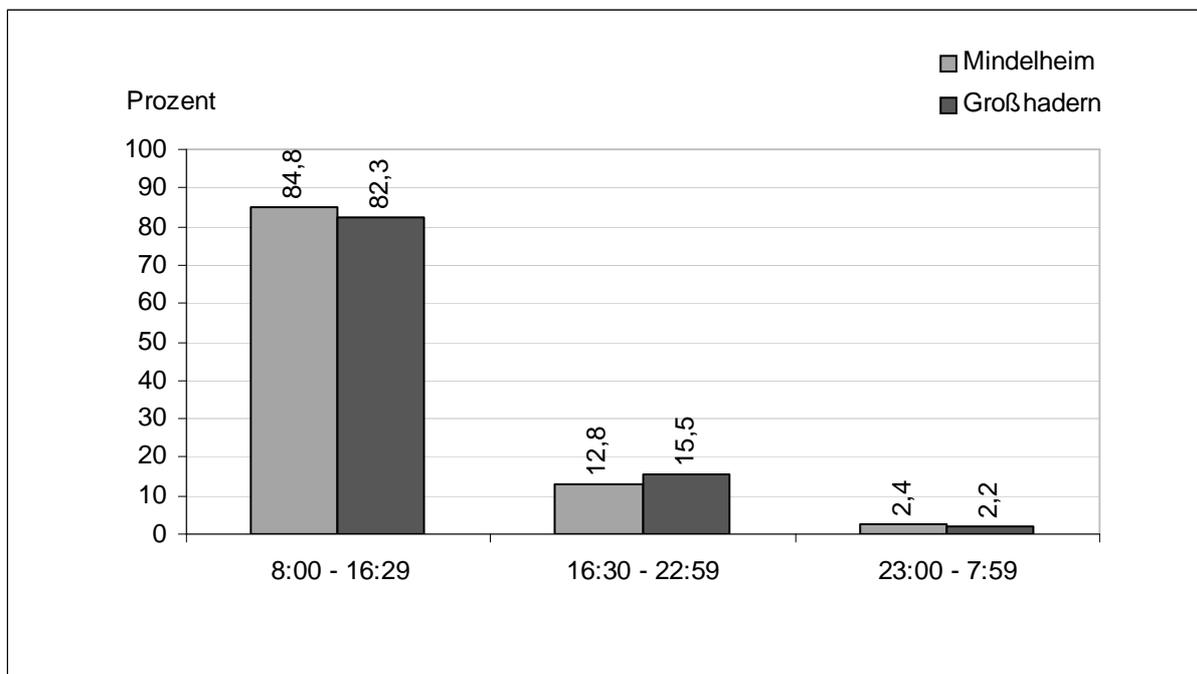


Abb. 6: Vergleich der Uhrzeit der Untersuchungen nach Tageszeit

Der Großteil der Untersuchungen wurde sowohl in Mindelheim (783 von 923 Untersuchungen) als auch in Großhadern (1012 von 1230 Untersuchungen) während der regulären Arbeitszeit (8.00 Uhr bis 16.30 Uhr) durchgeführt. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 84,8 % in Mindelheim und 82,3 % in Großhadern.

Zwischen 16.30 Uhr und 23.00 Uhr erfolgten in Mindelheim 118 (12,8 %) und in Großhadern 191 (15,5 %) Untersuchungen. In der übrigen Zeit (23.00 Uhr bis 8.00 Uhr) wurden in Mindelheim 22 Patienten (2,4 %) und in Großhadern 27 Patienten (2,2 %) untersucht.

3.5. Wochentag der Untersuchungen

Die Häufigkeit der CT-Untersuchungen war in Mindelheim nicht gleichmäßig auf die Wochentage verteilt. Am häufigsten fanden Untersuchungen am Mittwoch (23,6 %) statt.

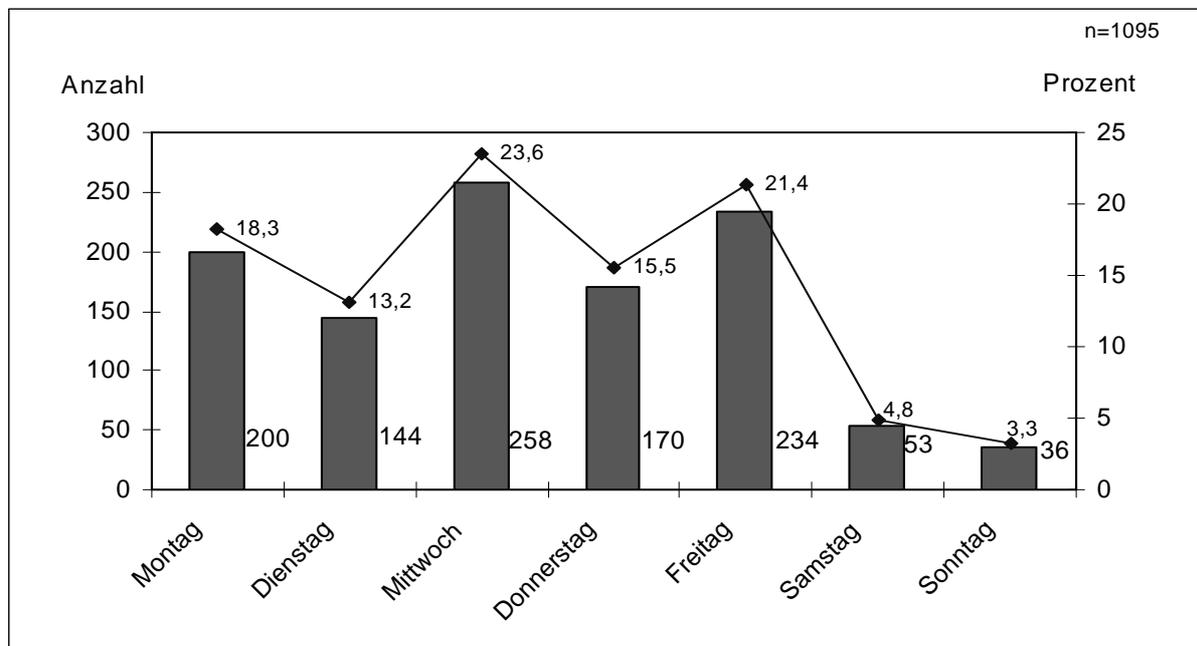


Abb. 7: Verteilung der Untersuchungen in Mindelheim nach Wochentagen

Es folgen (in absteigender Reihenfolge):

- 21,4 % der Untersuchungen freitags
- 18,3 % der Untersuchungen montags
- 15,5 % der Untersuchungen donnerstags
- 13,2 % der Untersuchungen dienstags
- 4,8 % der Untersuchungen samstags
- 3,3 % der Untersuchungen sonntags.

Am Wochenende wurden in Mindelheim insgesamt 8,1 % aller Untersuchungen durchgeführt.

Die maximale Abweichung der Untersuchungsanzahl innerhalb der einzelnen Wochentage (ohne Wochenende) betrug 10,4 Prozentpunkte.

In Großhadern sind kaum Unterschiede in der Untersuchungsanzahl zwischen den einzelnen Werktagen erkennbar.

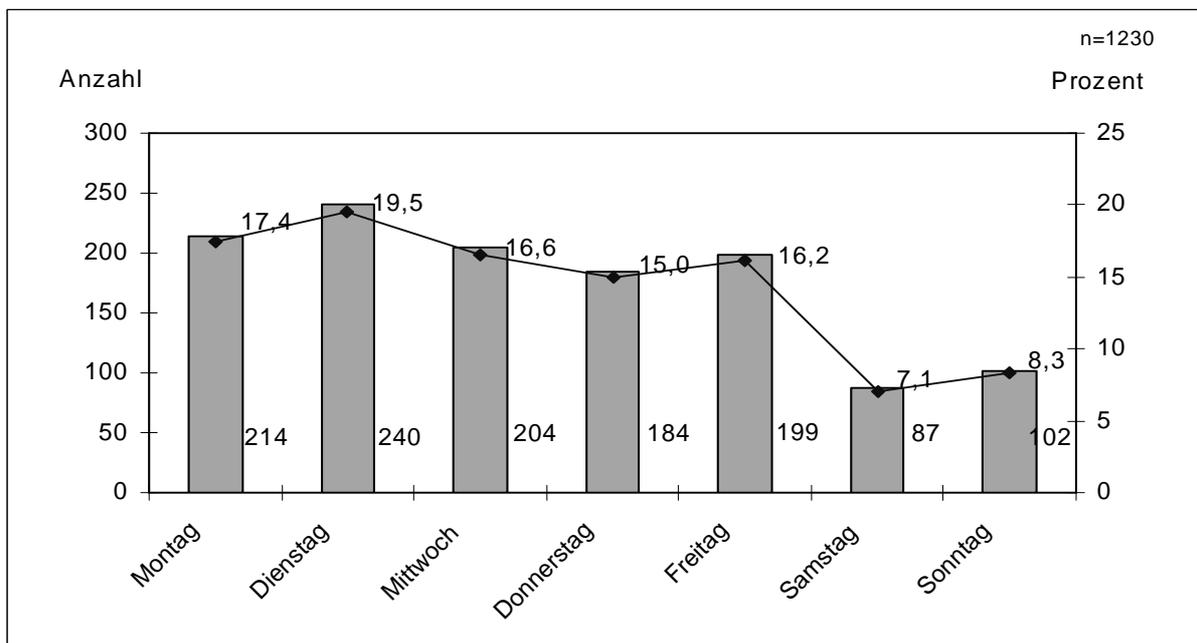


Abb. 8: Verteilung der Untersuchungen in Großhadern nach Wochentagen

Es folgen (in absteigender Reihenfolge):

- 17,4 % der Untersuchungen montags
- 16,6 % der Untersuchungen mittwochs
- 16,2 % der Untersuchungen freitags
- 15,0 % der Untersuchungen donnerstags
- 8,3 % der Untersuchungen sonntags
- 7,1 % der Untersuchungen samstags.

Am Wochenende wurden in Großhadern 15,4 % aller Untersuchungen durchgeführt.

Die maximale Abweichung der Untersuchungsanzahl innerhalb der einzelnen Wochentage (ohne Wochenende) beträgt 4,5 Prozentpunkte.

3.6. Zeitdauer der Bildübertragung von Mindelheim nach Großhadern

Bei den verschiedenen CT-Untersuchungen unterscheidet sich die Anzahl der von Mindelheim nach Großhadern zu übermittelnden Bilder erheblich. So besteht eine Schädel-CT-Untersuchung aus ca. 20 Bildern, während bei einer Abdomen-CT-Untersuchung etwa die dreifache Menge an Bildern anfällt.

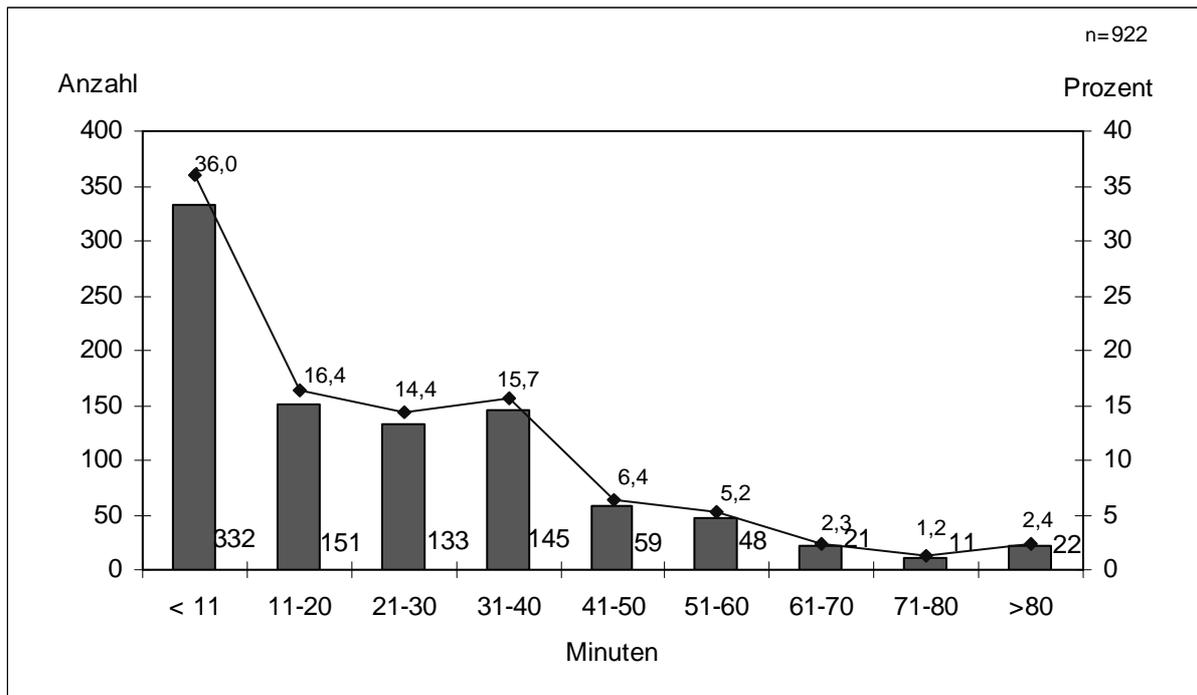


Abb. 9: Zeitdauer der Bildübertragung von Mindelheim nach Großhadern

In den meisten Fällen (36 %) erfolgte die Bildübertragung von Mindelheim nach Großhadern innerhalb von 11 Minuten.

Die Übermittlungsdauer betrug für 67 % der Patientenuntersuchungen weniger als 30 Minuten, nach 40 Minuten waren die kompletten Bilddaten von 83 % der Untersuchungen übertragen.

Innerhalb von 60 Minuten konnte in 93 % der Fälle der gesamte Bilddatensatz mit einem gebündelten ISDN-Anschluss verlustfrei übertragen werden.

Im Durchschnitt betrug die Übertragungszeit pro Untersuchung 25 Minuten und 30 Sekunden.

3.7. Anzahl der übermittelten Bilder pro Minute (von Mindelheim nach Großhadern)

Von 922 Mindelheimer Patienten liegen sowohl Daten über die Übertragungszeit als auch über die Anzahl der übermittelten Bilder vor. Durchschnittlich wurden 2,15 Bilder pro Minute übertragen. Die durchschnittliche Bilderzahl pro Untersuchung beträgt 54,8.

3.8. Zeitdauer zwischen Untersuchungsdatum und Datum des endgültigen Befundes

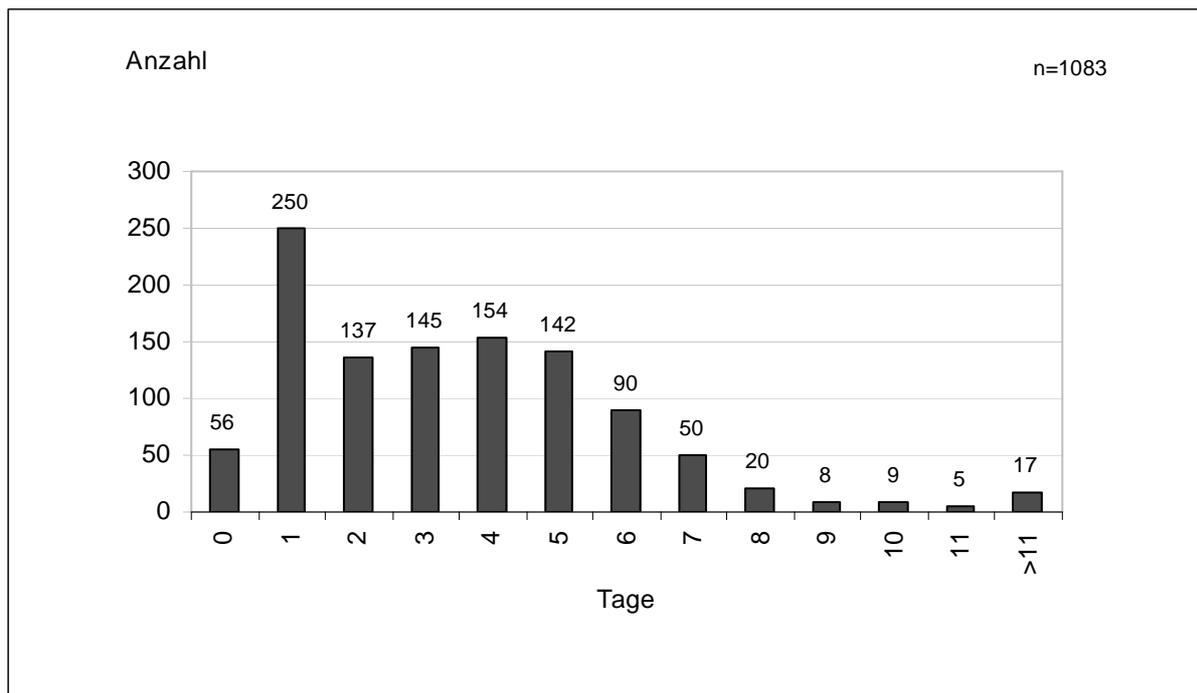


Abb. 10: Zeitdauer zwischen Untersuchung und endgültigem Befund (Mindelheim)

Am Untersuchungstag waren im Schreibbüro in Großhadern 5,2 % der endgültigen Befunde der Mindelheimer Untersuchungen fertiggestellt.

Drei Tage nach der Untersuchung waren es 50 %, nach acht Tagen 96 %.

In Großhadern waren am Untersuchungstag 11,5 % der endgültigen Befunde fertiggestellt.

Innerhalb von zwei Tagen nach erfolgter CT-Untersuchung waren es 50 %, nach acht Tagen 95 %.

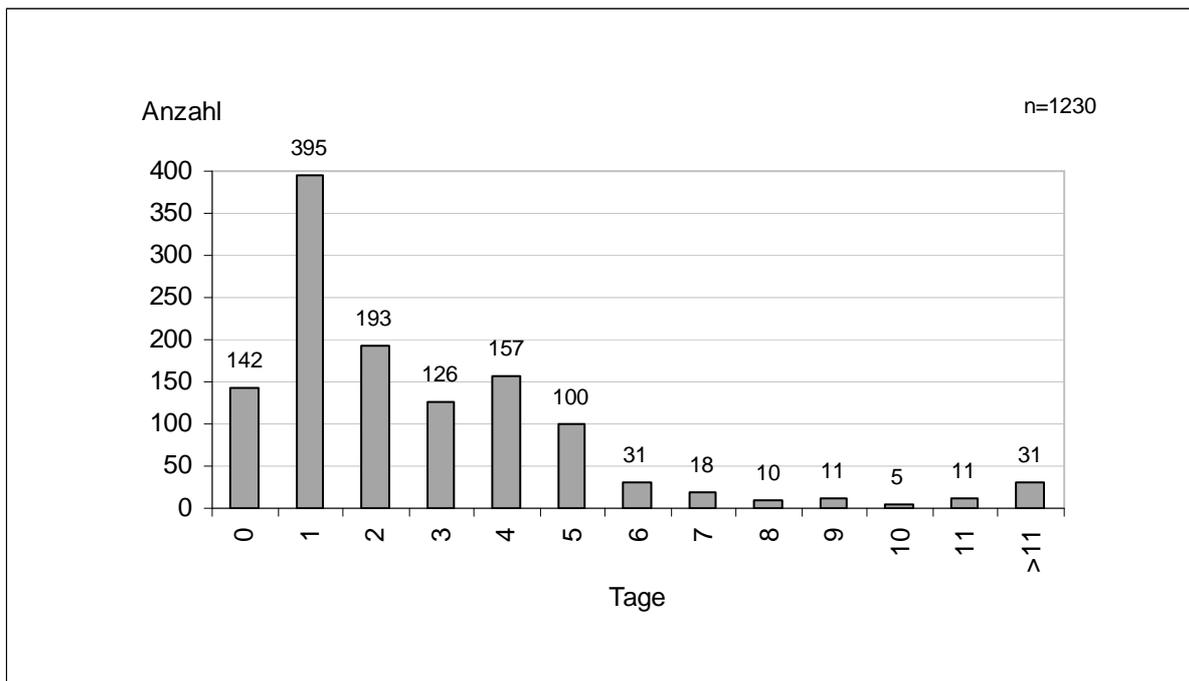


Abb. 11: Zeitdauer zwischen Untersuchung und endgültigem Befund (Großhadern)

3.9. Übermittlungsdauer des fertiggestellten endgültigen Befundes vom Schreibbüro Großhadern nach Mindelheim

Von 846 endgültigen Befunden wurde in Mindelheim das Eingangsdatum notiert. Die im Schreibbüro Großhadern erstellten endgültigen Befunde werden nach Anfertigung dem Arzt, der den Befund diktiert hat, zur Unterschrift vorgelegt. Anschließend erfolgt der Versand nach Mindelheim. An den Tagen, an denen ein Radiologe aus Großhadern in Mindelheim vor Ort ist, bringt dieser die schriftlichen Befunde nach Mindelheim mit. An den übrigen Tagen werden die endgültigen Befunde per Post oder Fax versandt.

Am Erstellungstag lagen 48 % der endgültigen Befunde (vorwiegend durch Fax-Übermittlung) in Mindelheim vor.

Zwei Tage oder länger dauerte die Übermittlung des endgültigen Befundes in 22 % der Fälle, nach fünf Tagen waren 95 % der endgültigen Befunde in Mindelheim angekommen.

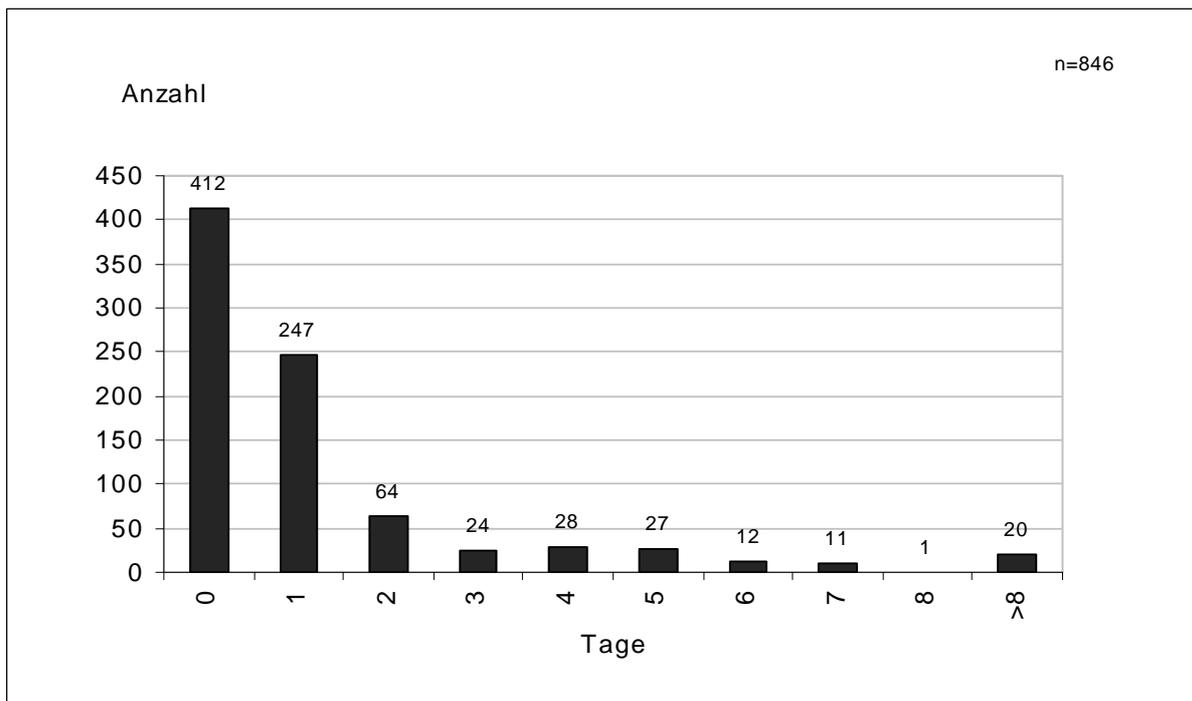


Abb. 12: Übermittlungsdauer des endgültigen Befundes von Großhadern nach Mindelheim

3.10. Bestätigung oder Änderung der Verdachtsdiagnose nach der CT-Untersuchung

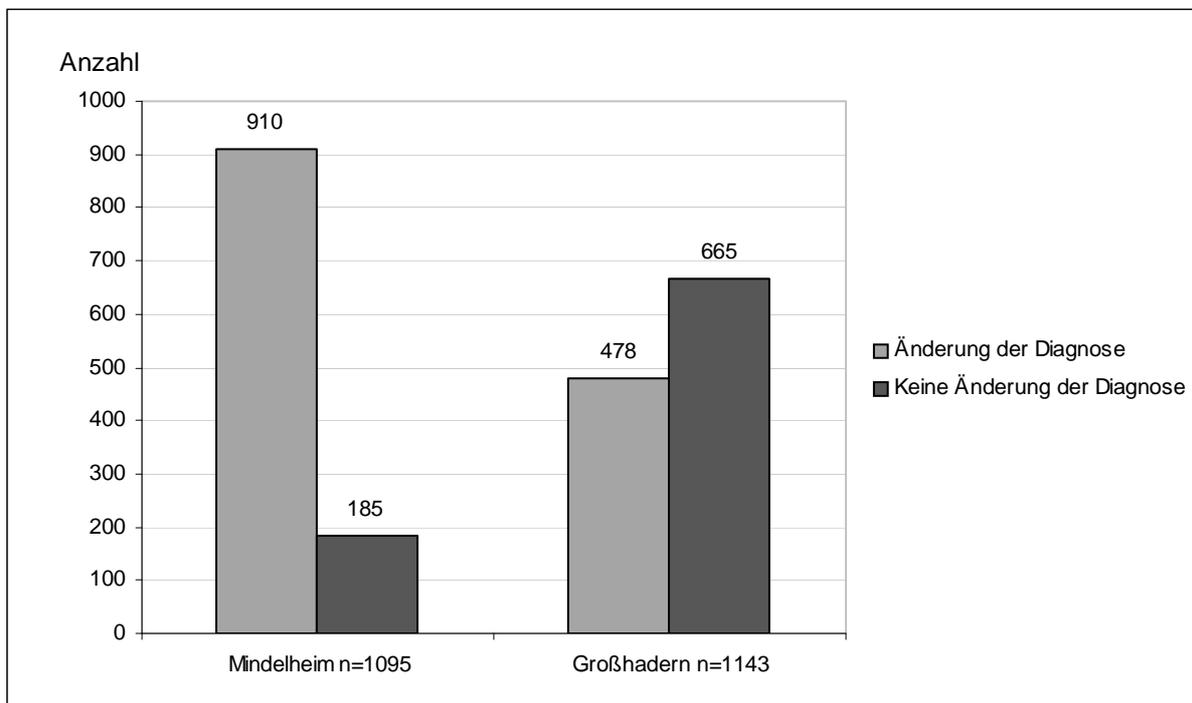


Abb. 13: Anzahl der nach der CT-Untersuchung geänderten bzw. bestätigten Diagnosen in Mindelheim und Großhadern

Bevor eine CT-Untersuchung durchgeführt wird, stellt der anfordernde Arzt eine Verdachtsdiagnose und stimmt mit dem Radiologen die Art und Durchführung der

Untersuchung insbesondere hinsichtlich Aussage über eventuelle nachfolgende therapeutische Maßnahmen ab.

Nicht immer stimmen Verdachtsdiagnose und tatsächliche Diagnose überein. Eine Änderung der Verdachtsdiagnose nach der CT-Untersuchung trat in Mindelheim bei 83,1 % der Fälle auf, in Großhadern lag diese Quote bei 41,8 %.

3.11. Neurologische Konsile in Mindelheim

In Mindelheim wurden im ersten Betriebsjahr des CT insgesamt 42 neurologische Konsile angefordert, im Folgejahr 61 (entspricht einer Steigerung von 45 %) und im darauf folgenden Jahr 64 (entspricht einer weiteren Steigerung von 5 %).

3.12. CT-Kostenentwicklung in Mindelheim

Für die Jahre 1997 und 1998 liegen nur Informationen über die Gesamtkosten der externen CT-Untersuchungen vor.

Für die Folgejahre können die verschiedenen Kostenarten einzeln aufgeschlüsselt werden.

3.12.1. Kostensituation 1997

Im Jahr 1997 wurden als externe CT-Leistungen erbracht:

- Mindelheim: 282 Untersuchungen
 - Ottobeuren: 283 Untersuchungen
- } Gesamt: 565 Untersuchungen

Die hierbei anfallenden Kosten (Fahrt-/Transportkosten, Untersuchungs- und Befundungsgebühren) beliefen sich auf 108.378 €. Dies entspricht 192 € pro Untersuchung.

3.12.2. Wirtschaftlichkeitsanalyse 1997

Im Jahr 1997 erfolgte im Kreis Unterallgäu die Suche nach Alternativen um eine Kostenreduktion der CT-Untersuchungen der beiden Kreiskrankenhäuser Ottobeuren und Mindelheim zu erreichen.

Folgende Varianten der Durchführung der CT-Untersuchungen standen zur Verfügung:

- Durchführung aller Untersuchungen bei niedergelassenen Radiologen bzw. in Krankenhäusern anderer Landkreise (externe Variante)
- Durchführung aller Untersuchungen in einem der beiden eigenen Krankenhäuser mit eigener Befundung (interne Variante)
- Durchführung aller Untersuchungen in einem der beiden eigenen Krankenhäuser mit externer Befundung (teleradiologische Variante)

Kalkulationsgrundlagen der drei genannten Varianten waren:

| Kostenart | Kosten/Monat | Kosten/Jahr |
|--|--|-------------|
| Kosten einer externen CT-Untersuchung | Kosten variieren nach Untersuchungsanzahl 192 € pro Untersuchung | |
| Kalkulatorische Raummiete 25 m ² (9 €/m ²) | 225 € | 2.700 € |
| Personalkosten – eine MTRA (1% Kostensteigerung in den Folgejahren) | 2.945 € | 38.290 € |
| Personalkosten – ein Radiologe (1% Kostensteigerung in den Folgejahren) | 5.890 € | 76.575 € |
| Sachkosten – Kontrastmittel (oral + i.v.) | Kosten variieren nach Untersuchungsart, 9 € pro Untersuchung | |
| Leasingkosten | 3.330 € | 40.000 € |
| Befundungskosten bei Teleradiologie (incl. Arztkosten) | Kosten variieren nach Untersuchungsanzahl, 60 € pro Untersuchung | |
| Übertragungskosten für Bild- und Befunddaten | Kosten variieren nach Untersuchungsart und -anzahl, 400 € Grundgebühr pro Jahr und 10 € pro Untersuchung | |
| Wartungskosten | 150 € | 1.800 € |
| Kosten für Versicherung | 175 € | 2.100 € |

Der Vergleich der drei möglichen Varianten zeigt, dass bei weniger als 691 Untersuchungen pro Jahr die externe Untersuchung mit externer Befundung am kostengünstigsten ist.

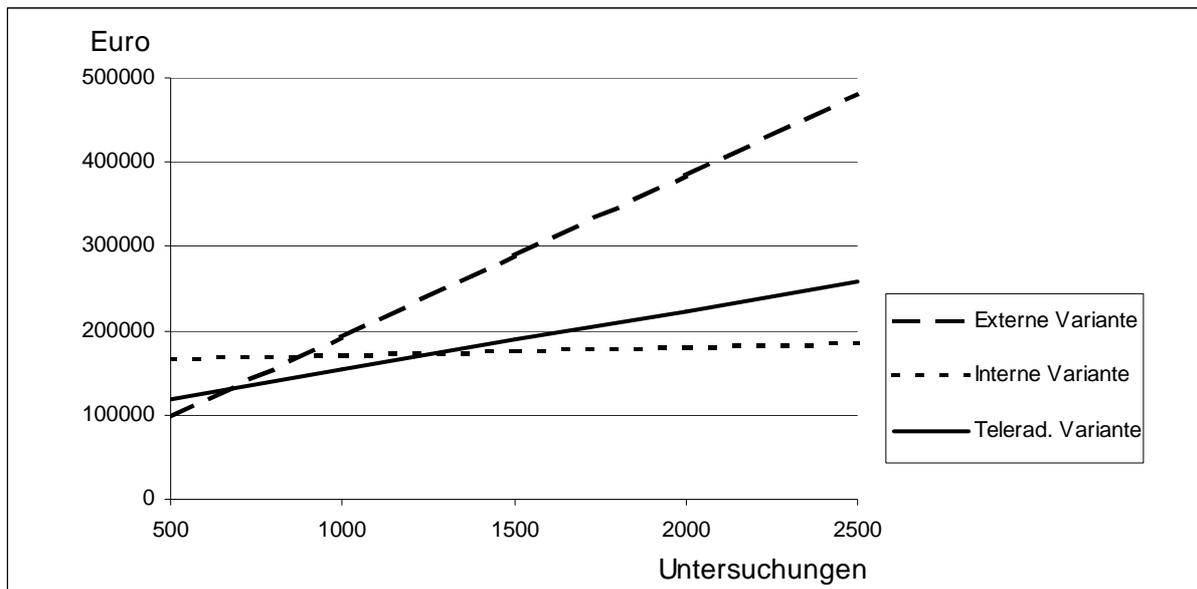


Abb. 14: Vergleich der geplanten Kostenentwicklung der verschiedenen Untersuchungsvarianten in Abhängigkeit von der Fallzahl

Für 691 bis 1276 Untersuchungen pro Jahr bietet sich die teleradiologische Variante an, ab 1277 Untersuchungen pro Jahr lohnt sich die Durchführung aller Untersuchungen im Hause mit eigener Befundung.

Da von einer Fallzahlsteigerung auf maximal 1250 Untersuchungen pro Jahr ausgegangen wurde, fiel die Entscheidung, am Kreiskrankenhaus Mindelheim einen teleradiologisch betreuten Computertomographen zu installieren.

3.12.3. Kostensituation 1998

Im Jahr 1998 wurden als externe CT-Leistungen erbracht:

- Mindelheim: 238 Untersuchungen
 - Ottobeuren: 242 Untersuchungen
- } Gesamt: 480 Untersuchungen

Die hierbei anfallenden Kosten (Fahrt-/Transportkosten, Untersuchungs- und Befundungsgebühren) beliefen sich auf 99.360 €.

Außerdem wurde im Jahr 1998 ab Oktober damit begonnen, in Mindelheim den Computertomographen zu installieren. Im Dezember wurden im Probebetrieb 20 Untersuchungen durchgeführt.

Im Rahmen der Installation des Computertomographen entstanden 1998 folgende Kosten:

Kalkulatorische Raummiete für 3 Monate: 675 €

Personalkosten MTRA für 1 Monat: 2.945 €

Übertragungskosten: 250 €

Leasingkosten bzw. Befundungskosten fielen im Rahmen des Probebetriebs im Dezember nicht an.

Gesamtkosten 1998: 103.230 € für insgesamt 500 Untersuchungen, dies entspricht 206 € pro Untersuchung.

Die im Jahr 1998 angefallenen Investitionskosten von 15.000 € für den Raumbau wurden in die Kalkulation nicht einbezogen.

3.12.4. Kostensituation 1999

Im Jahr 1999 wurden im Computertomographen des Kreiskrankenhauses Mindelheim 1.095 Patienten untersucht.

Folgende Kosten sind entstanden:

Kalkulatorische Raummiete: 2.700 €

Personalkosten MTRA: 38.290 €

Sachkosten Kontrastmittel: 7.515 €

Leasing- und Befundungskosten: 105.700 €

Übertragungskosten: 11.350 €

Wartungskosten: 1.800 €

Versicherungskosten: 2.100 €

Gesamtkosten 1999: 173.595 € für 1.095 Untersuchungen, dies entspricht 159 € pro Untersuchung.

3.12.5. Kostensituation 2000

Im Jahr 2000 wurden im Computertomographen des Kreiskrankenhauses Mindelheim 1.244 Patienten untersucht.

Folgende Kosten sind entstanden:

| | |
|--------------------------------|-----------|
| Kalkulatorische Raummiete: | 2.700 € |
| Personalkosten MTRA: | 38.670 € |
| Sachkosten Kontrastmittel: | 8.510 € |
| Leasing- und Befundungskosten: | 114.640 € |
| Übertragungskosten: | 12.840 € |
| Wartungskosten: | 1.800 € |
| Versicherungskosten: | 2.100 € |

Gesamtkosten 2000: 181.260 € für 1.244 Untersuchungen, dies entspricht 146 € pro Untersuchung.

3.12.6. Kostensituation 2001

Im Jahr 2001 wurden im Computertomographen des Kreiskrankenhauses Mindelheim 1.231 Patienten untersucht.

Folgende Kosten sind entstanden:

| | |
|----------------------------|----------|
| Kalkulatorische Raummiete: | 2.700 € |
| Personalkosten MTRA: | 39.050 € |
| Sachkosten Kontrastmittel: | 8.490 € |

| | |
|--------------------------------|-----------|
| Leasing- und Befundungskosten: | 113.860 € |
| Übertragungskosten: | 12.710 € |
| Wartungskosten: | 1.800 € |
| Versicherungskosten: | 2.100 € |

Gesamtkosten 2001: 180.710 € für 1.231 Untersuchungen, dies entspricht 147 € pro Untersuchung.

3.12.7. Kostensituation 2002

Im Jahr 2002 wurden im Computertomographen des Kreiskrankenhauses Mindelheim 1252 Patienten untersucht.

Folgende Kosten sind entstanden:

| | |
|--------------------------------|-----------|
| Kalkulatorische Raummiete: | 2.700 € |
| Personalkosten MTRA: | 39.450 € |
| Sachkosten Kontrastmittel: | 8.650 € |
| Leasing- und Befundungskosten: | 115.120 € |
| Übertragungskosten: | 12.920 € |
| Wartungskosten: | 1.800 € |
| Versicherungskosten: | 2.100 € |

Gesamtkosten 2002: 182.740 € für 1.252 Untersuchungen, dies entspricht 146 € pro Untersuchung.

4. Diskussion

4.1. Ablauforganisation der CT-Untersuchungen

Sowohl in Mindelheim als auch in Großhadern werden nach Einlieferung der Patienten durch die behandelnden Ärzte die Verdachtsdiagnosen gestellt. Diese müssen mittels CT-Untersuchung überprüft werden.

In Großhadern wird die Koordination der Untersuchungen tagsüber durch die Leitstelle Radiologie und nachts sowie in dringenden Fällen durch einen ausschließlich für das CT verantwortlichen Arzt geregelt (siehe Abb. 2). Dies ist bei dem hohen Patientenaufkommen der Universitätsklinik notwendig. Sobald vom CT-Arzt das Protokoll festgelegt ist, nach welchem die Untersuchung durchgeführt wird, ist das weitere Vorgehen standardisiert.

Dagegen ist in Mindelheim nur an wenigen Tagen ein Radiologe direkt vor Ort, somit ergeben sich Abweichungen in der Ablauforganisation nicht nur im Tageszeitenvergleich, sondern auch an den verschiedenen Wochentagen (siehe Abb. 1). Zu Zeiten, an denen in Mindelheim kein Radiologe vor Ort ist, fehlt der direkte Patientenkontakt. Dieser Nachteil muss nach Stranzinger et al. [26] durch präzise Angaben des behandelnden Arztes zum klinischen Zustandsbild des Patienten ausgeglichen werden.

Der Hauptunterschied im Vergleich zum Ablauf der CT-Untersuchung in Großhadern ist, dass die erstellten Bilder zur Befundung dem Radiologen erst per ISDN übermittelt werden müssen, während sie in Großhadern sofort vorliegen.

Sobald der befundende Radiologe den Sofortbefund erstellt hat, gleichen sich die Arbeitsabläufe in Mindelheim und Großhadern.

4.2. Art der Untersuchungen - Hinweis auf Notfalluntersuchungen

Die Art der CT-Untersuchungen zwischen Mindelheim und Großhadern unterscheiden sich dahingehend, dass in Mindelheim vorwiegend Notfalluntersuchungen durchgeführt werden, in Großhadern dagegen hauptsächlich elektive Untersuchungen.

Dies wird daran deutlich, dass in Mindelheim Schädel- und Wirbelsäulenuntersuchungen zusammen 63,7 % aller Untersuchungen sind² während der Anteil von Thorax- und Abdomenuntersuchungen zusammen 31,4 % beträgt.

In Großhadern sind Schädel- und Wirbelsäulenuntersuchungen nur 14 % aller Untersuchungen, dagegen ist der Anteil von Thorax- und Abdomenuntersuchungen zusammen 60,4 %.

Die Häufigkeit der Notfalluntersuchungen spiegelt sich in Mindelheim auch in der Anzahl der Änderungen der Verdachtsdiagnosen nach durchgeführter CT-Untersuchung wider (siehe Abb. 13).

Während in Mindelheim 83,1% der Verdachtsdiagnosen nach der CT-Untersuchung geändert werden, liegt die entsprechende Quote in Großhadern bei 41,8%. Hierbei wurde als geänderte Diagnose z. B. gewertet, wenn die klinische Angabe vor einer Schädel-CT-Untersuchung „unklare Bewusstlosigkeit“ lautete. Als nicht geänderte Verdachtsdiagnose wurde z. B. die Durchführung einer Staging-Untersuchung bei Lymphom-Patienten betrachtet.

Novelline et al. [23] sehen als Notfall-CT-Indikationen neben den verschiedenen traumatischen Verletzungen von Kopf, Hals, Thorax und Abdomen auch Aortendissektionen bzw. -aneurysmen, Pulmonalarterienembolien, Appendizitiden, Divertikulitiden, Uretersteine und Hirnblutungen bzw. -infarkte. Für die Durchführung von Notfall-CT-Untersuchungen empfehlen sie ebenso wie Buxton [5] präzise vorbereitete und gut eingeübte Untersuchungsabläufe, wichtig ist dabei nach Eng et al. [10] auch der Facharztstandard.

Ein weiterer Hinweis auf die Häufigkeit von Notfalluntersuchungen in Mindelheim ist die Steigerung der Anzahl neurologischer Konsile nach Installation des Computertomographen um etwa 50 %. Außerdem gibt die erhöhte Anzahl neurologischer Konsile Aufschluss über eine Änderung der Patientenstruktur im Kreiskrankenhaus Mindelheim. So können, da jederzeit eine rasche CT-Diagnostik möglich ist, auch schwerstkranke, nicht transportfähige Patienten in Mindelheim behandelt werden.

² Beispiele für Notfalluntersuchungen sind im Anhang die Beispiele 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8

4.3. Uhrzeit der Untersuchungen

Sowohl in Großhadern als auch in Mindelheim werden die meisten Untersuchungen zwischen 9.00 Uhr und 15.59 Uhr durchgeführt (siehe Abb. 4 und 5). In Großhadern ist die Untersuchungsanzahl in diesem Zeitraum anhaltend hoch, während in Mindelheim eine besonders hohe Untersuchungsichte zwischen 10.00 Uhr und 12.59 Uhr zu erkennen ist. In beiden Krankenhäusern hat die Hälfte der Untersuchungen eines Tages jeweils zwischen 12.00 Uhr und 12.59 Uhr stattgefunden.

Trotz großer Unterschiede in der Art der CT-Untersuchungen und einer überwiegenden Anzahl von Notfalluntersuchungen in Mindelheim ist die prozentuale Verteilung der Untersuchungsanzahl in den Zeitabschnitten Regelarbeitszeit (8.00 Uhr - 16.29 Uhr), Spätdienst (16.30 Uhr - 22.59 Uhr) und Nachtdienst (23.00 Uhr - 7.59 Uhr) nahezu identisch, die maximale Abweichung beträgt 2,7 Prozentpunkte (siehe Abb. 6).

4.4. Wochentag der Untersuchungen

Auffällig ist in Mindelheim eine erhöhte Anzahl von Untersuchungen mittwochs und freitags (siehe Abb. 7). Dies ist durch die Vor-Ort-Anwesenheit des Radiologen zur Durchführung der geplanten Elektivuntersuchungen an diesen Tagen erklärbar.

Die im Vergleich zu den restlichen Tagen etwas höhere Untersuchungsanzahl montags ist mit der zusätzlichen Anwesenheit des Radiologen an diesem Tag in Mindelheim in der Einführungsphase des CT zu begründen.

4.5. Zeitdauer der Bildübertragung und Anzahl der übermittelten Bilder von Mindelheim nach Großhadern

Der Hauptunterschied zwischen einem „in-house“ betreuten und einem teleradiologisch betreuten CT ist die beim teleradiologisch betreuten CT notwendige Bildübertragung vom Untersuchungsort zum Befundungsort. Im Vergleich hat hier das „in-house“ betreute CT einen Zeitvorteil, da die Befundung fast gleichzeitig zur Untersuchung erfolgen kann.

Entscheidend für die Geschwindigkeit der Befundung einer teleradiologisch betreuten CT-Untersuchung ist die Zeitdauer der Bildübertragung vom Untersuchungsort zum Befundungsort.

Zwischen Mindelheim und Großhadern ist der durch die Bildübertragung entstehende Zeitverlust gering, in einem Drittel der Fälle wurden die gesamten Bilddaten innerhalb von 11 Minuten übertragen.

Im Durchschnitt dauerte die Bildübertragung pro Untersuchung 25 Minuten und 30 Sekunden bei durchschnittlich 54,8 Bildern pro Untersuchung.

Lehmann et al. [15] berichten in ihrer Studie von durchschnittlich 18 Minuten Übertragungszeit pro Untersuchung, allerdings bei durchschnittlich 36 Bildern pro Untersuchung. Dies entspricht einer Übertragung von 2 Bildern pro Minute.

Matzko et al. [18] berichten von durchschnittlich 1,4 verlustfrei pro Minute übertragenen Bildern bei Schädeluntersuchungen.

Von Mindelheim nach Großhadern konnten dem gegenüber durchschnittlich sogar 2,15 Bilder pro Minute übertragen werden, hierbei handelt es sich allerdings nicht nur um Schädeluntersuchungen sondern auch um Untersuchungen mit einer größeren Bildanzahl. Dabei fallen die zeitaufwändigen Anmeldevorgänge zu Beginn der Bildübertragung weniger ins Gewicht.

Mit moderneren Übertragungstechniken lassen sich die Übertragungszeiten deutlich reduzieren. Werden zur Übertragung statt ISDN-Leitungen z.B. DSL (Digital Subscriber Line)-Leitungen genutzt, steigt die Geschwindigkeit auf das Fünffache [6], somit kann eine Bildübertragungsrate von ca. 10 Bildern pro Minute erreicht werden.

Kinosada et al. [14] halten die Übertragungsrate von 64 Kbps der ISDN-Leitungen für unzureichend, sie fordern für Teleradiologiesysteme eine Übertragungsrate von 1500 Kbps, damit auch Telekonferenzen ohne Wartezeiten auf Bilder durchgeführt werden können.

4.6. Zeitdauer zwischen Untersuchungsdatum und Datum des endgültigen Befundes

Die endgültigen Befunde der teleradiologischen Untersuchungen aus Mindelheim wurden im Betrachtungszeitraum (1999) nicht kontinuierlich nach Abschluss jeder einzelnen Untersuchung vom befundenden Arzt diktiert. Im Laufe eines Tages wurden mehrere zu befundende Untersuchungen gesammelt, um zusammen diktiert zu werden.

In Großhadern dagegen wurden die zu befundenden Untersuchungen zwar auch gesammelt, bei höherer Untersuchungszahl pro Tag wurden die Befunde jedoch in kürzeren Zeitabständen diktiert.

Dadurch ist zu erklären, dass am Untersuchungstag im Schreibbüro Großhadern für die Untersuchungen des Universitätsklinikums mehr als doppelt so viele endgültige Befunde fertiggestellt waren als für das Kreiskrankenhaus Mindelheim (siehe Abb. 10 und 11).

Nachdem die Daten für diese Arbeit erhoben und ausgewertet waren, wurden sie mit den Verantwortlichen diskutiert. Dies führte dazu, dass auch die Befunde der teleradiologischen Untersuchungen aus Mindelheim in kürzeren Zeitabständen diktiert werden. Somit wurde eine deutliche Verbesserung des Workflow innerhalb der teleradiologischen Operationskette erreicht.

4.7. Übermittlungsdauer des fertiggestellten endgültigen Befundes vom Schreibbüro Großhadern nach Mindelheim

Durch die räumliche Trennung zwischen dem Schreibbüro des Universitätsklinikums Großhadern und dem Untersuchungsort Kreiskrankenhaus Mindelheim kommt es zu zeitlichen Verzögerungen bei der Übermittlung des unterschriebenen endgültigen Befundes der CT-Untersuchungen.

Insbesondere in der Einführungsphase wurden die endgültigen Befunde noch nicht per Fax verschickt und erreichten Mindelheim somit später als gegen Ende des Betrachtungszeitraums 1999. Insgesamt waren jedoch 78 % der endgültigen Befunde am Erstellungstag oder am Folgetag in Mindelheim eingegangen (siehe Abb. 12).

In Zukunft können mittels elektronischer Patientenakte neben der Untersuchungsanforderung auch die endgültigen Befunde mit elektronischer Signatur papierlos und damit zeitsparend übermittelt werden.

4.8. CT-Kostenentwicklung in Mindelheim

4.8.1. Planung

Die CT-Versorgung von Patienten durch ein Krankenhaus kann prinzipiell auf folgende Arten ermöglicht werden:

- a. (externe Variante), hierbei fallen Kosten für den Krankentransport und die Durchführung sowie Befundung der Untersuchung an. Außerdem entstehen dem Krankenhaus Kosten und organisatorische Probleme, wenn die Patienten durch Ärzte oder Pflegepersonal zur Untersuchung begleitet werden müssen. Für die oftmals schwerkranken Patienten bedeutet jeder zusätzliche Transport eine gesundheitliche Belastung. Ein erheblicher Nachteil ist, dass in der Nacht und am Wochenende Einschränkungen der Untersuchungsmöglichkeiten bestehen.
- b. (interne Variante), hierbei fallen neben Investitions- bzw. Leasingkosten für das CT-Gerät auch Personalkosten (MTRA und Radiologe) an. Diese Variante garantiert eine schnellstmögliche Durchführung und Befundung der Untersuchung. Für die Patienten entfällt der belastende Transport zum externen Untersuchungsort.
- c. (teleradiologische Variante), hierbei fallen neben Investitions- bzw. Leasingkosten für das CT-Gerät auch Personalkosten (MTRA) sowie Kosten für Datenübertragung und externe Befundung an. Auch diese Variante erspart dem Patienten den Transport zum externen Untersuchungsort, dafür erfolgt die Befundung derzeit noch etwas zeitverzögert erst nach der notwendigen Bildübertragung mittels ISDN-Leitung zum externen Befundungsort. Durch technische Weiterentwicklung der Übertragungsleitungen (Umstellung auf DSL-VPN) wird dieser Zeitverlust zukünftig jedoch vernachlässigbar sein.

Der Entscheidung im Jahr 1998, einen Computertomographen im Kreiskrankenhaus Mindelheim zu installieren, lag folgende Idee zugrunde: Den Patienten der beiden Kreiskrankenhäuser Mindelheim und Ottobeuren sollte eine qualitativ hochwertige und gleichzeitig kosteneffiziente CT-Versorgung ermöglicht werden.

Da von einer Steigerung der Fallzahlen ausgegangen wurde, erschien die Beibehaltung der bislang praktizierten Verfahrensweise der externen Untersuchung und Befundung als unwirtschaftlich.

4.8.2. Entwicklung der Untersuchungszahlen 1997 - 2002

Vor Einführung des CT am Kreiskrankenhaus Mindelheim wurden 1997 in den beiden Kreiskrankenhäusern des Landkreises Unterallgäu (Mindelheim und Ottobeuren) bei 565

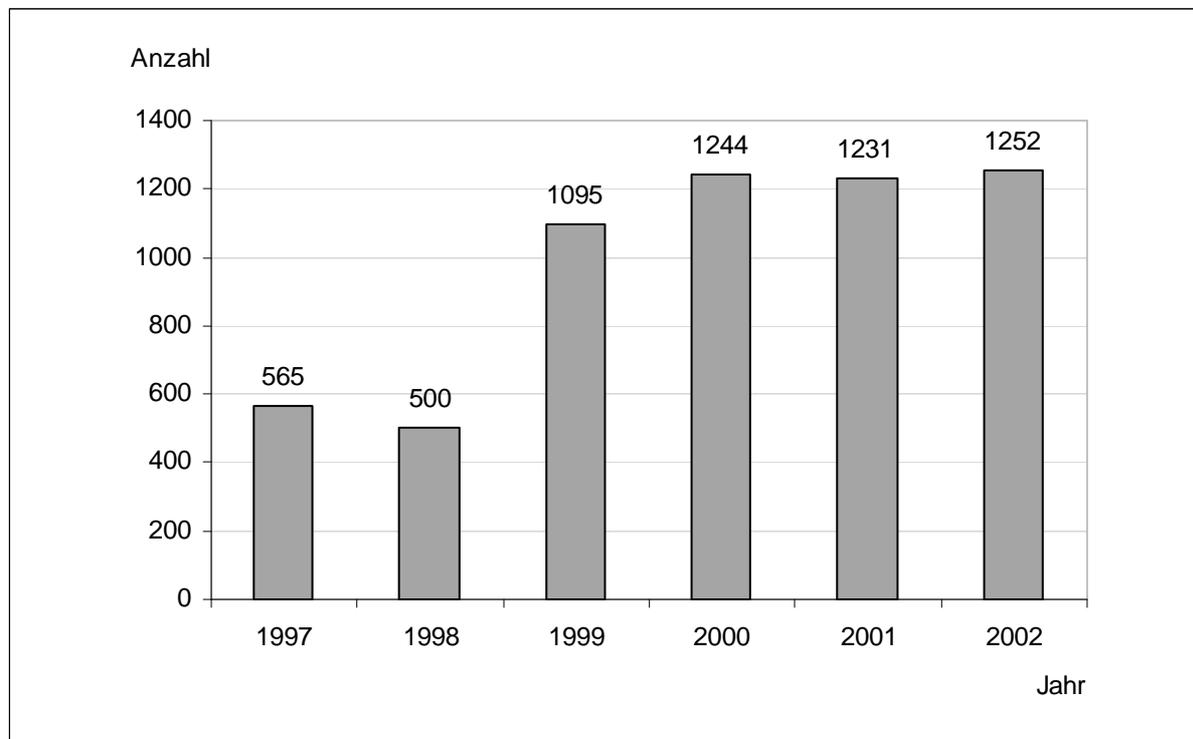


Abb. 15: Entwicklung der CT-Untersuchungszahlen (1997/98 Mindelheim und Ottobeuren, ab 1999 Mindelheim)

Patienten CT-Untersuchungen durchgeführt. Im Jahr der Installation 1998 wurden neben 480 extern untersuchten Patienten im Rahmen des Probebetriebs schon die ersten 20 Patienten „in-house“ in Mindelheim untersucht.

Die prognostizierte Fallzahlsteigerung nach Installation des CT in Mindelheim wurde erreicht, mit 1095 Patienten lag im ersten kompletten Betriebsjahr (1999) fast eine Fallzahlverdopplung vor. In den Folgejahren stabilisierte sich die Anzahl der Untersuchungen bei ca. 1240 pro Jahr.

Damit liegen die Untersuchungszahlen in einer Höhe, in der ein teleradiologisch betreuter Computertomograph nach der Planung von 1998 die für das Kreiskrankenhaus Mindelheim ökonomisch sinnvollste Variante darstellt (siehe Abb. 14).

Allerdings wurden in der Planung von 1998 Personalausfallzeiten nicht berücksichtigt. Laut Deutschem Krankenhausinstitut [7] wird bei Ärzten und MTRA ein Ausfall von 15 %

zugrunde gelegt. Somit müssen in der Kalkulation von 1998 die interne und die teleradiologische Variante entsprechend angepasst werden.

Bei Berücksichtigung des Personalausfalls zeigt der Vergleich der Varianten, dass bis zu einer Anzahl von 736 CT-Untersuchungen (statt in der ursprünglichen Planung errechneter Anzahl von 690) die externe Variante am kostengünstigsten ist. Für 737 bis 1467 CT-Untersuchungen (ursprüngliche Planung: 691-1276) ist die teleradiologische Variante ökonomisch sinnvoll. Bei mehr als 1467 CT-Untersuchungen (ursprüngliche Planung: 1276) lohnt sich die Realisierung der internen Variante.

Für die Untersuchungsanzahl in Mindelheim bedeutet dies, dass selbst bei einer weiteren Fallzahlsteigerung von bis zu 18 % der Durchführung der teleradiologisch betreuten CT-Untersuchungen aus wirtschaftlicher Sicht nichts entgegen steht.

4.8.3. Entwicklung der Kosten pro CT-Untersuchung

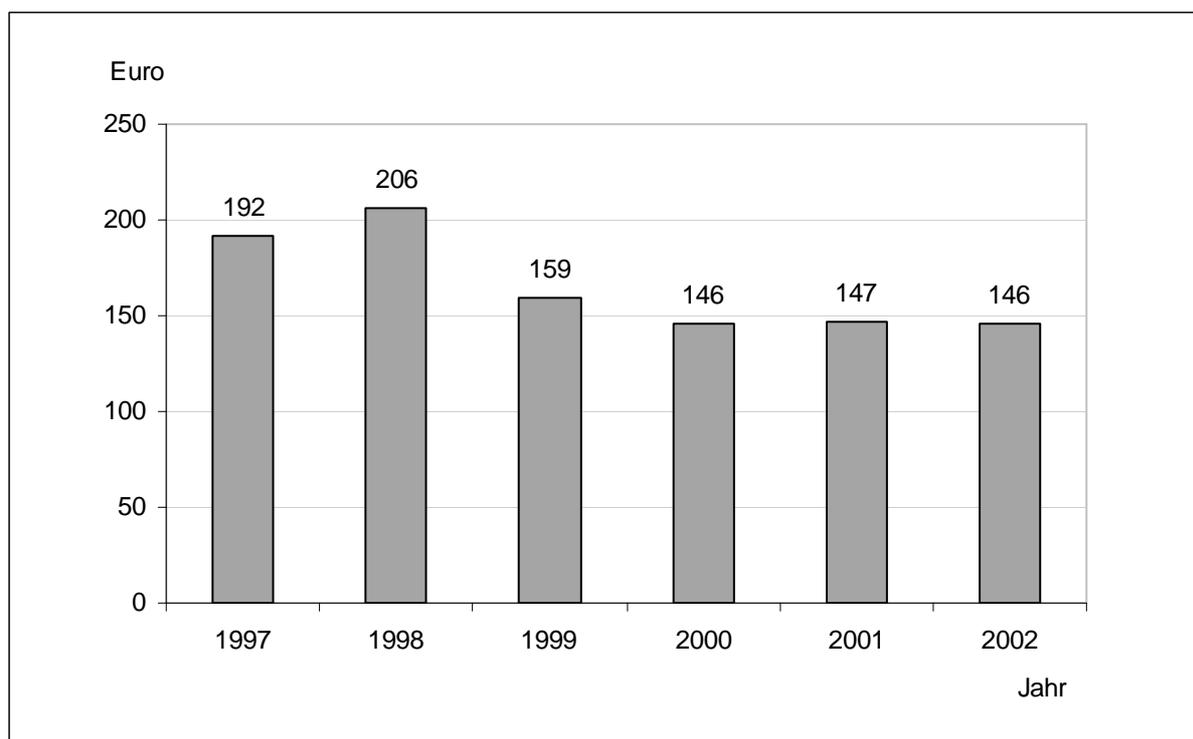


Abb. 16: Entwicklung der Kosten pro CT-Untersuchung (1997/98 Mindelheim und Ottobeuren, ab 1999 Mindelheim)

Das Ziel, mit der Einrichtung eines teleradiologisch betreuten Computertomographen am Kreiskrankenhaus Mindelheim die Kosten pro Untersuchung zu senken wurde erreicht.

Waren vor 1999 für jede extern durchgeführte CT-Untersuchung 192 € zu zahlen, so kostet eine teleradiologisch betreute Untersuchung weniger als 150 €, das entspricht einer Ersparnis von 24 %.

Im Installationsjahr des CT (1998) trat die Sondersituation auf, dass im Dezember im Rahmen des Probetriebs schon Personalkosten für eine MTRA anfielen, obwohl nur 20 Patienten in Mindelheim „in-house“ untersucht wurden.

4.8.4. Kosten im Literaturvergleich

Exakte Kostenanalysen über teleradiologisch betreute Computertomographen sind bisher nicht publiziert. Soeger et al. [25] listen die Kosten für 121 CT-Notfalluntersuchungen im Krankenhaus Zwettl, welche im Zeitraum von 13 Monaten im Universitätsklinikum Innsbruck befundet wurden, auf. Allerdings gehen in die Analyse keine elektiv durchgeführten Untersuchungen und keine Investitions- bzw. Mietkosten für den CT-Scanner ein. Nach ihren Angaben betragen die durchschnittlichen Kosten pro Notfall-CT-Untersuchung 190 € (von 158 bis 231 €).

Soeger et al. [25] sehen im teleradiologisch betreuten CT einen Kostenvorteil gegenüber einem Transport der Patienten zum nächstgelegenen CT (Kosten von 268 € bis 2386 € pro Patient, je nach Transportmittel) und einen Zeitvorteil gegenüber einer Untersuchung im Krankenhaus Zwettl mit im Vergleich zum Patiententransport kostengünstigerem Transport der Filme mit dem Taxi zur Befundung nach Innsbruck (geschätzte Kosten von 80 €).

Lehmann et al. [15] stellen in Ihrer Studie drei Einsatzmöglichkeiten der Teleradiologie vor: filmlose klinikinterne Bildübermittlung zur anästhesistischen Intensivstation, externe Übertragung zu einer nahegelegenen radiologischen Außenstelle und externe Bildübermittlung zur Befundung im Bereitschaftsdienst. Den Einsparungen bei Filmen und Wegezeiten der Ärzte stehen Kosten für Standzeiten des Personals und Übertragungsgebühren gegenüber, die einen wirtschaftlichen Vorteil der klinikinternen Übertragung bei 1817 Untersuchungen pro Jahr und bei der Übermittlung zum Bereitschaftsdienst habenden Arzt bei 528 Untersuchungen pro Jahr sehen. Die teleradiologische Bildübertragung zur radiologischen Außenstelle wird als reine Serviceleistung mit zusätzlichen Übertragungskosten ohne Möglichkeiten zur Kosteneinsparung dargestellt.

Adelhard et al. [1] weisen darauf hin, dass für Krankenhäuser in Deutschland keine Abrechnungsziffern für teleradiologisch gestützte Großgerätebetreuung existieren. Die Krankenhäuser müssen die Investitions- und Unterhaltskosten allein aus dem Pflegesatz bestreiten. Einsparpotential zur Gegenfinanzierung stellt allein der Wegfall der Krankentransporte dar.

4.9. Juristische Aspekte der Teleradiologie

4.9.1. Rechtliche Grundlagen in Deutschland

Mit Änderung vom Juni 2002 wird in der Röntgenverordnung [4] erstmalig die Teleradiologie erwähnt. Die Teleradiologie wird definiert als „Untersuchung eines Menschen mit Röntgenstrahlen unter der Verantwortung eines Arztes nach § 24 Abs. 1 Nr. 1, der sich nicht am Ort der technischen Durchführung befindet und der mit Hilfe elektronischer Datenübertragung und Telekommunikation insbesondere zur rechtfertigenden Indikation und Befundung unmittelbar mit den Personen am Ort der technischen Durchführung in Verbindung steht.“ In § 24 der Röntgenverordnung werden die Voraussetzungen der zur Anwendung von Röntgenstrahlen berechtigten Personen definiert.

Außerdem müssen nach der Röntgenverordnung für die Teleradiologie folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- a. die technische Durchführung der Untersuchung muss durch eine zur Anwendung von Röntgenstrahlen berechnigte Person erfolgen
- b. am Ort der Untersuchung muss ein Arzt mit erforderlichen Kenntnissen im Strahlenschutz die zur Feststellung der rechtfertigenden Indikation erforderlichen Angaben ermitteln und an den die Untersuchung teleradiologisch betreuenden und befundenden Kollegen weiterleiten sowie den Patienten über die Untersuchung aufklären
- c. die Personen, die die Untersuchung betreuen bzw. durchführen, müssen mittels Telekommunikation unmittelbar in Verbindung stehen
- d. der die Untersuchung teleradiologisch betreuende Arzt (in begründeten Ausnahmefällen auch ein anderer Arzt nach § 24 Abs. 1 Nr. 1) muss innerhalb eines für eine

Notfallversorgung erforderlichen Zeitraumes am Ort der technischen Durchführung eintreffen können

- e. die elektronische Datenübertragung und die Bildwiedergabeeinrichtungen am Ort der Befundung müssen dem Stand der Technik entsprechen, eine Beeinträchtigung der diagnostischen Aussagekraft der übermittelten Bilder darf nicht eintreten

Weiter wird in der Röntgenverordnung bestimmt, dass die Genehmigung zum Betrieb einer Röntgeneinrichtung zur Teleradiologie auf den Nacht-, Wochenend-, und Feiertagsdienst zu beschränken ist. Darüber hinaus kann eine Genehmigung erteilt werden, wenn ein Bedürfnis im Hinblick auf die Patientenversorgung besteht.

Außer der Röntgenverordnung haben eine Vielzahl von Gesetzen und Verordnungen Einfluss auf die Teleradiologie. Als Beispiele seien hier genannt: Musterberufsordnung für deutsche Ärzte (MBO) §§ 1, 21, 9, 10, Bürgerliches Gesetzbuch (BGB) §§ 95, 613, Landeskrankenhausgesetz, Strafgesetzbuch (StGB) §§ 202, 203, Strafprozessordnung (StPO), Zivilprozessordnung (ZPO §§ 371, 286), Produkthaftungsgesetz, Medizinproduktegesetz, Telekommunikationsgesetz (TKG), Informations- und Kommunikationsdienstegesetz (IuKDG), Gesetz über die Nutzung von Telediensten (TDK), Teledienstedatenschutzgesetz (TDDSG), Signaturgesetz (SigG § 1).

Der Gesetzgeber legt dabei besonderen Wert auf die eindeutige Zuordnung von Bild und Befund, den Datenschutz inklusive ärztliche Schweigepflicht sowie die Datensicherheit und die Befunddokumentation.

Bei jeder ärztlichen Tätigkeit muss grundsätzlich der Facharztstandard gewährleistet sein, bei CT-Untersuchungen muss die CT-spezifische Fachkunde vorliegen. Im Notfall ist auch die Kombination aus Notfall- oder Teilgebietfachkunde am Ort der Untersuchung und die CT-Fachkunde per Teleradiologie mit qualifizierter MTRA zulässig. Die Durchführung von elektiven Untersuchungen ohne fachkundigen Arzt vor Ort ist nicht legal.

4.9.2. Erfüllung der rechtlichen Vorgaben

In Mindelheim werden die elektiven CT-Untersuchungen mittwochs und freitags in Anwesenheit eines Radiologen des Institutes für klinische Radiologie des Klinikums Großhadern durchgeführt.

In der übrigen Zeit wird der Untersuchungsablauf anfallender Notfalluntersuchungen nach Anforderung in Großhadern vom Radiologen geplant und in Mindelheim durch die qualifizierte MTRA durchgeführt. Die nach Großhadern übermittelten Bilder werden sofort befundet, der handschriftliche Befund anschließend mittels Fax nach Mindelheim übermittelt.

Dieses Vorgehen entspricht den gesetzlichen Vorgaben, auch waren die in der Röntgenverordnung erst 2002 erhobenen Forderungen schon bei Inbetriebnahme des CT in Mindelheim im Jahre 1999 erfüllt.

4.10. Qualitätssicherung

Außer den schon erwähnten Abschnitten in der Röntgenverordnung existieren keine Vorgaben für die Durchführung der Teleradiologie. Walz et al. [29] führen als Orientierungshilfen die Richtlinien des American College of Radiologists (ACR), die Empfehlungen der Arbeitsgemeinschaft Informationstechnik der Deutschen Röntgengesellschaft (AGIT) und die Checkliste des Berufsverbandes der deutschen Radiologen an. Ferner verweisen sie auf die in der Medizin allgemein gültigen Vorgaben wie Facharztstandard, Einhaltung der Berufsordnung und der ärztlichen Schweigepflicht.

Im Fall des vorgestellten teleradiologisch betreuten CT im Kreiskrankenhaus Mindelheim werden die geforderten Strahlenschutzmaßnahmen vom Strahlenschutzbeauftragten überwacht. Der Facharztstandard wird garantiert, da der während der Elektivuntersuchungen vor Ort befindliche Radiologe jederzeit per Bildübermittlung erfahrene Kollegen in Großhadern konsultieren kann. Außerhalb der regulären Dienstzeiten werden alle Bilder der Notfalluntersuchungen nach Großhadern übermittelt wo immer ein Facharzt anwesend ist, außerdem findet vor Erstellung des endgültigen Befundes bei jeder Untersuchung immer eine Zweitbefundung durch einen Facharzt statt.

4.11. Berufspolitische Aspekte

Die Einführung der Teleradiologie ermöglicht die Befundung von Untersuchungen durch nicht vor Ort anwesende Radiologen. Daraus abzuleiten, dass nun Arbeitsplätze abgebaut werden, ist nicht gerechtfertigt. Steigende Untersuchungszahlen in den Häusern, die mit teleradiologisch betreuten Computertomographen ausgestattet sind, bedingen einen steigenden Bedarf an Personen die die Untersuchungen durchführen, also an qualifizierten MTRAs, an befundenden Radiologen und an Bürokräften. Bartholmai et al. [2] beschreiben

mit dem „Experten für Technologie der digitalen Bilderstellung“ sogar einen neuen Berufszweig in der Radiologie.

Bodemeyer et al. [3] berichten, dass in keinem der von ihnen betreuten Krankenhäusern Stellen gestrichen wurden oder der Aufbau einer eigenen radiologischen Abteilung geplant war.

Auch für das Klinikum Großhadern, hier die klinische Radiologie, stellen die Erträge aus den erbrachten Befundungsdienstleistungen der teleradiologischen Betreuung des Kreiskrankenhauses Mindelheim eine zusätzliche Einnahmequelle dar.

4.12. Vorteile der Teleradiologie

Die Teleradiologie ermöglicht eine qualitätsgesicherte Betreuung eines Computertomographen in einem Krankenhaus, für das eine „Vor-Ort-Betreuung“ des CT rund um die Uhr durch einen Radiologen unwirtschaftlich ist. Für kleinere Krankenhäuser insbesondere in ländlichen Gebieten ist dies eine nicht zu unterschätzende Möglichkeit im Umfeld fortschreitender Konzentrationen im Gesundheitswesen eine wohnortnahe Patientenversorgung auf hohem medizinischem Niveau zu garantieren.

Eine rasche Entscheidung über notwendige ergänzende Diagnostik, Konsultationen von Spezialisten anderer Fachdisziplinen oder die Weiterverlegung der Patienten wird ermöglicht. In Mindelheim wird dies, da mehr als die Hälfte aller durchgeführten Untersuchungen Schädeluntersuchungen waren, insbesondere an einer Steigerung der neurologischen Konsile um 45,2% nach dem ersten Betriebsjahr des CT deutlich.

Ein weiterer Vorteil der Teleradiologie ist die damit verbundene Möglichkeit der einfachen Archivierung der Bilder. Da die Bilder nur in Ausnahmefällen ausgedruckt werden und digital vorliegen, können sie leicht z. B. auf CD-ROM gebrannt und gespeichert werden. Die Bilder der in Mindelheim untersuchten Patienten werden sowohl in Mindelheim als auch in Großhadern digital gespeichert, somit ist jederzeit ein schneller Zugriff auf Voruntersuchungen möglich.

4.13. Bedarf an Teleradiologie

Wie hoch der Bedarf an computertomographischen Untersuchungen ist, konnte am Beispiel Mindelheim bzw. Ottobeuren gezeigt werden. Im ersten kompletten Betriebsjahr (1999) des teleradiologisch betreuten CT wurden 1095 Patienten untersucht. Gegenüber dem Jahr

1997, als alle Untersuchungen auswärts durchgeführt wurden, war dies eine Steigerung von 93,6%.

Nicht nur die Gesamtzahl der Untersuchungen erhöhte sich, auch die Anzahl der sofort durchgeführten Notfalluntersuchungen stieg. Nach Bodemeyer et al. [3] liegt der Anteil der außerhalb der regulären Arbeitszeit in Krankenhäusern ohne eigenes CT durchgeführten Untersuchungen bei 3 - 4 %. Nachdem in diesen Häusern ein teleradiologisch betreutes CT zur Verfügung steht, steigt der Anteil der Notfalluntersuchungen auf über 18%. Dies deckt sich mit den Daten aus Mindelheim und Großhadern, hier erfolgten 15,2 bzw. 17,7% der Untersuchungen zwischen 16.30 Uhr und 8.00 Uhr. Bodemeyer et al. [3] führen die Steigerung einerseits auf eine vorher bestehende Unterversorgung zurück, andererseits weisen sie auch auf den Effekt einer angebotsinduzierten Nachfrage hin.

4.14. Einsatzmöglichkeiten der Teleradiologie

Die schnelle, simultane qualitätsverlustfreie Verfügbarkeit von radiologischen Bildern über weite Entfernungen ermöglicht nach Walz et al. [27] nicht nur Notfall- bzw. Expertenkonsultationen sondern auch klinische Demonstrationen und Diskussionen sowie den Bild- und Befundverteilservice für andere Fachgebiete.

Wenngleich mittels Teleradiologie hauptsächlich Schnittbilder (CT und MRT) übertragen werden ist auch die Übertragung von Bildern anderer bildgebender Verfahren, wie Ultraschall, Positronenemissionstomographie, digitaler Durchleuchtung bzw. digitalem Röntgen sowie der dazugehörenden Befunde möglich.

Sonstige Einsatzgebiete, die keinen zeitnahen Bezug zur Patientenuntersuchung haben, sind Weiter- und Fortbildung, Zugang zu Hochtechnologie und Forschung, Anschluss an Referenzdatenbanken, technische Qualitätssicherung, Produktsupport und -wartung sowie die externe Bildarchivierung.

Lenzen et al. [16] sehen nicht nur zivile Einsatzgebiete der Teleradiologie und der Telemedizin, sie beschreiben, dass insbesondere das amerikanische Militär die Möglichkeiten der Telemedizin nutzt, damit Ärzte fernab der Kampfhandlungen mehrere Schauplätze gleichzeitig betreuen können.

Für Ricke et al. [24] ist die Teleradiologie nicht nur zur Nutzung räumlich entfernter personeller Ressourcen geeignet, sie dient auch der Verbesserung der radiologischen Dienstleistung durch elektronische Bild- und Befundverteilung und Einsparungen im Bereich des Filmbudgets durch begleitende digitale Archivierung. In onkologische Arbeitsabläufe ist

die Teleradiologie nach Ricke et al. nur dann sinnvoll integrierbar, wenn eine digitale Infrastruktur mit möglichst vollständigem Zugriff auf elektronische Patientenakten vorhanden ist.

4.15. Probleme und Risiken der Teleradiologie

Die Übermittlung von patientenbezogenen Daten birgt neben Vorteilen auch Risiken. So muss verhindert werden, dass die Daten während der Übermittlung kopiert oder verändert werden und es muss sichergestellt sein, dass sie den richtigen Empfänger erreichen.

Die geforderte Sicherheit kann zum Beispiel mit anbiereigenen Übertragungssystemen erreicht werden. Diese gestatten jedoch aufgrund unterschiedlicher Schnittstellen und Übertragungsprotokolle nur die Kommunikation zwischen gleich ausgestatteten Partnern eines Teleradiologienetzwerkes. Die Kommunikation erfolgt über eigene Telefonleitungen, die Möglichkeit des „Mithörens“ wird so reduziert. Ludwig u. Bick [17] listen allein für Deutschland 24 Anbieter unterschiedlicher Teleradiologiesysteme auf.

Als Alternative bietet sich die Bildübertragung über bestehende Netzwerke an, z. B. über das in den meisten Kliniken verfügbare Internet mit schnellem Zugang. Dies verlangt allerdings eine Standardisierung und Normierung der übertragenen Daten. Zum weltweit akzeptierten Standard für die Übertragung von medizinischen Bildern hat sich DICOM (Digital Imaging and Communications) entwickelt [9]. DICOM ermöglicht bei Untrennbarkeit von Bild- und Patientendaten die verlustfreie Übertragung der Bilddaten.

Der sichere Austausch von Daten über das Internet ist nicht nur bei medizinischen Anwendungen nötig, auch bei Bezahlvorgängen im Internet und beim Homebanking werden an die Datenübertragung hohe Sicherheitsanforderungen gestellt. Hierbei werden die Daten mittels verschiedener Verschlüsselungsverfahren so verändert, dass nur der berechtigte Empfänger die Daten wieder entschlüsseln kann. Aktuell wird daran gearbeitet, bei der Übertragung eines DICOM-Bildes nur die Patientendaten, den sogenannten DICOM-Header zu verschlüsseln, die Bilddaten anonymisiert jedoch unverschlüsselt zu lassen, um den zeitintensiven Verschlüsselungsvorgang zu verkürzen.

Eine Zuordnung der verschlüsselten Patientendaten zu den Bilddaten ist nur dem Empfänger möglich, der den entsprechenden Dechiffrierschlüssel besitzt. Die anonymisierten Bilddaten können sofort z. B. zur Einholung einer zweiten Meinung weitergeleitet werden.

Verschiedene Möglichkeiten der Sicherung medizinischer Dokumente beschreibt Willenberg [31]. Dabei wird darauf hingewiesen, dass Rechtssicherheit, d. h. Anerkennung von gesicherten elektronischen Dokumenten analog zu papiergebundenen Dokumenten, Voraussetzung für die breite Nutzung elektronischer Dokumente ist.

4.16. Öffentliche Resonanz

Die Mindelheimer Zeitung berichtete mehrfach vor und nach Inbetriebnahme des CT über das Kreiskrankenhaus Mindelheim [19, 20, 21, 22]. Die Installation des CT wird dabei nicht nur von Politikern wie der damaligen bayerischen Sozialministerin Barbara Stamm oder dem Landrat Dr. Hermann Haisch, sondern auch vom Verwaltungs-Chef Helmut Pöschl und dem ärztlichen Direktor der Kreiskrankenhauses Mindelheim Dr. Reinhard Krüger und von Prof. Dr. M. Reiser, dem Direktor des Institutes für Klinische Radiologie am Klinikum der Universität München Campus Großhadern begrüßt.

4.17. Ausblick

Mit einfachen, schnellen und sicheren Datenübertragungswegen und einer der Realität angepassten Gesetzgebung etabliert sich die Teleradiologie als kostengünstige Art einer qualitätsgesicherten patientenschonenden Untersuchungsmethode.

Standardisierte Untersuchungsprotokolle und -abläufe ermöglichen eine optimale patientenorientierte Versorgung auch in ländlichen Gebieten ohne lange Transportwege.

Die Befundung muss mit fortschreitender Miniaturisierung der Technik nicht unbedingt ortsgebunden erfolgen. Denkbar ist z. B. eine drahtlose Datenübermittlung an eine mobile Befundungseinheit in der Größe eines Laptops an jeden Ort.

Walz et al. [30] sehen die technischen Entwicklungen nicht nur im Bereich der Teleradiologie schneller voranschreiten als sie von den Menschen genutzt werden. Die Umstellung der Wahrnehmung und des Verhaltens der Menschen beschreiben sie als einen langsamen Prozess, der allerdings durch gut formulierte und gestaltete Rahmenbedingungen beschleunigt werden kann. Diese Rahmenbedingungen sehen sie mit der neuen Röntgenverordnung und der darin enthaltenen Teleradiologieregelung gegeben.

An anderer Stelle sehen Walz et al. [28] die Teleradiologie als Teil der elektronischen Patientenakte mit der Möglichkeit jederzeit auf die Untersuchungen und Befunde des Patienten zugreifen zu können.

Zur Verbesserung der Ablauforganisation kann über die Einführung einer Faxsoftware nachgedacht werden. Dunne et al. [8] berichten über eine Faxsoftware mit Textbausteinen, die eine rasche Befunderstellung direkt an der PC-Eingabemaske durch den befundenden Arzt ermöglichen. Vorteile dieser Art der Befundübermittlung sind die papierlose Befunderstellung, die Reduktion der Anzahl von Telefonaten sowie die gute Lesbarkeit der Befunde.

Bei der teleradiologischen Betreuung des Kreiskrankenhauses Mindelheim wird zur weiteren Effizienzsteigerung zukünftig die elektronische Patientenakte eingeführt, die eine rasche Anfragenbearbeitung und Befundübermittlung gewährleisten wird.

5. Zusammenfassung

Die Teleradiologie bietet kleinen Krankenhäusern ohne eigenen Radiologen die Möglichkeit der Durchführung von CT-Untersuchungen vor Ort. Mittlerweile hat auch der deutsche Gesetzgeber den Bedarf an teleradiologischen Untersuchungen erkannt und die entsprechenden rechtlichen Rahmenbedingungen geschaffen.

In der vorliegenden Arbeit wurden Daten über CT-Untersuchungen zweier Computertomographen verglichen. Der Computertomograph des Kreiskrankenhauses Mindelheim (Krankenhaus der Grundversorgung) wird seit 1999 teleradiologisch betreut, im Universitätsklinikum Großhadern (Kompetenzzentrum der höchsten Versorgungsstufe) wird ein Computertomograph vergleichbarer Bauart „in-house“ betreut.

Hinsichtlich Art und Anzahl der Untersuchungen konnten erhebliche Unterschiede zwischen beiden Computertomographen festgestellt werden, so überwiegen in Mindelheim Notfalluntersuchungen wie Schädel- und Wirbelsäulenuntersuchungen während im Universitätsklinikum Großhadern am häufigsten Staginguntersuchungen bei Tumorpatienten durchgeführt werden.

Hinsichtlich der prozentualen Verteilung der Untersuchungen nach Tageszeit ergeben sich im Vergleich der beiden Computertomographen keine Unterschiede, über 82 % der Untersuchungen finden in beiden Krankenhäusern in der Regelarbeitszeit (8.00 Uhr – 16.29 Uhr) statt.

Am Wochenende unterscheiden sich die Untersuchungszahlen, so erfolgen in Mindelheim an diesen Tagen 8,1 % der Untersuchungen, in Großhadern dagegen 15,4 %.

Es konnte gezeigt werden, dass für das Kreiskrankenhaus Mindelheim ein teleradiologisch betreuter Computertomograph bei einem Untersuchungsaufkommen von 737 bis 1467 CT-Untersuchungen pro Jahr die Qualität der Patientenversorgung wirtschaftlich sinnvoll sicherstellt und gegenüber der früher praktizierten ausschließlich externen CT-Untersuchung und -Befundung sogar verbessert. Die Kosten pro CT-Untersuchung wurden nach Inbetriebnahme des teleradiologisch betreuten CT bei gleichzeitiger Fallzahlsteigerung um 24 % gesenkt.

Im Ablauf der einzelnen Untersuchungen ergeben sich zwischen den beiden CT-Standorten kaum Unterschiede, in der Befundung ist jeweils der Facharztstandard garantiert.

Gegenüber einem „in-house“ betreuten Computertomographen müssen in Mindelheim durch die notwendige Bilddatenübermittlung lediglich geringe Zeitverzögerungen bei der Befundung in Kauf genommen werden, dafür entfallen zeitaufwändige und für die Patienten belastende Transporte.

Für das Kreiskrankenhaus Mindelheim bedeutet die Entscheidung für einen teleradiologisch betreuten Computertomographen eine einfache und kostengünstige Möglichkeit der Erhöhung des Niveaus der medizinischen Diagnostik auf Universitätsstandard.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Adelhard K., Matzko M., Brüning R., Holzknecht N., Stark V., Reiser M.
Universitätskliniken als Zentren radiologischer Leistungsallianzen im ambulanten und stationären Sektor
Der Radiologe 2002 42, 82-86
- [2] Bartholmai B. J., Erickson B. J., Hartman T. E., King B. F., James E. M., Hangiandreou N. J., Williamson Jr. B.
The Electronic Imaging Technology Specialist: The role of a New Radiology Subspeciality for the 21st Century
Journal of Digital Imaging 2002 15, Suppl 1, 184-188
- [3] Bodemeyer J., Mariß G., Gursky S.
Teleradiologie- Segen oder Fluch
Der Radiologe 2002 42, 71-81
- [4] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen –
Röntgenverordnung RöV
Ausfertigungsdatum: 8. Januar 1987
Verkündungsfundstelle: BGBl I 1987, 114
Sachgebiet: FNA 751-13
Stand: Neugefasst durch Bek. v. 30. 4.2003 I 604
http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/r_v_1987/ (zuletzt überprüft am 06.06.2004)
- [5] Buxton P. J.
Teleradiology – practical aspects and lessons learnt
European Journal of Radiology 1999; 32: 116-118
- [6] Corella F., Lewison K. P., Talukder M.
A Teleradiology Architecture Featuring Security and High Performance
Journal of Digital Imaging 2002 15, Suppl 1, 214-215
- [7] Deutsches Krankenhausinstitut (DKI) GmbH 42285 Wuppertal
Personalbedarfsermittlung im Krankenhaus
8. überarbeitete Auflage März 2004

- [8] Dunne M. G., Dunne S. B.
Computers in Radiology: Improved Teleradiology Reporting Using Fax Software
AJR 2004; 182: 871-874
- [9] Eichelberg M., Riesmeier, J., Thiel A., Jensch P., Emmel D., Haderer A., Ricke J.,
Stohlmann L., Bernarding J.
Standards für den sicheren Datenaustausch in der Teleradiologie am Beispiel der
Bild- und Befundverteilung
Der Radiologe 2002 42, 94-100
- [10] Eng J., Mysko w. K., Weller G. E. R., Renard R., Gitlin J. N., Bluemke D. A., Magid
D., Kelen G. D., Scott Jr. W. W.
Interpretation of Emergency Department Radiographs: A Comparison of Emergency
Medicine Physicans with Radiologists, Residents with Faculty, and Film with Digital
Display
AJR 2000; 175: 1233-1238
- [11] Ewen K.
Moderne Bildgebung, Georg Thieme Verlag Stuttgart New York 1998
S. 153 – 155
- [12] Fuchs W. A. (Hrsg.)
Radiologie: Diagnostik durch bildgebende Verfahren, Verlag Hans Huber 1996
S. 45
- [13] Kramme R.
Standortbestimmung Telemedizin – Organisatorische, technische und rechtliche
Anforderungen an das „Unternehmen Gesundheitswesen“
Krankenhaus Umschau 2003 1, 12-15
- [14] Kinosada Y., Takasda A., Hosoba M.
Real-time radiology – new concepts for teleradiology
Computer Methods and Programs in Biomedicine 2001 66; 47-54
- [15] Lehmann K.J., Walz M., Bolte R., Georgi M., Schinkmann M., Busch C.

- Einsatzmöglichkeiten des KAMEDIN-Teleradiologiesystems unter besonderer Berücksichtigung einer Wirtschaftlichkeitsanalyse
Der Radiologe 1997 37, 278-284
- [16] Lenzen H., Meier N., Bick U.
Telemedizin Möglichkeit und Perspektiven
Der Radiologe 1997 37, 294-298
- [17] Ludwig K., Bick U.
Kommerzielle Teleradiologiesysteme in Deutschland
Der Radiologe 1997 37, 336-339
- [18] Matzko M., Adelhard K., Nissen-Meyer S., Klose P., Sprenger D.
Filmlose Befundung und Bildverteilung an Zuweiser am Beispiel einer radiologischen Gemeinschaftspraxis
Der Radiologe 1999 39, 316-319
- [19] Mindelheimer Zeitung vom 10.12.1998
Krankenhaus: Größer geht es nicht mehr
- [20] Mindelheimer Zeitung vom 11.01.1999
Blick in den Körper
- [21] Mindelheimer Zeitung vom 03.02.1999
Neuer Einblick mit Computertomograph
- [22] Mindelheimer Zeitung vom 18.10.2001
Krankenhauswesen im totalen Umbruch
- [23] Novelline R. A., Rhea J. T., Rao P. M., Stuk J. L.
Helical CT in Emergency Radiology
Radiology 1999 213, 321-339
- [24] Ricke J, Teichgräber U., Haderer A., Emmel, D., Felix R.
Teleradiologie Stand und Perspektiven
Onkologe 2003 9, 37-40

- [25] Soeger A., Strohmayer W., Giacomuzzi S.M., Dessl A., Buchberger W., Jaschke W.
A cost analysis of an emergency computerized tomography teleradiology system
Journal of Telemedicine and Telecare 1997 3, 35-39
- [26] Stranzinger E., Treumann T. C., Dreier D., Allgayer B.
Teleradiologie bei notfallmäßigen Schädel-CT-Untersuchungen
Fortschr Röntgenstr 2003; 175: 646-653
- [27] Walz M., Wein B., Lehmann K.-J., Bolte R., Kilbinger M., Loose R., Günther R.W.,
Georgi M.
Ziele, Anforderungen und Rahmenbedingungen der Teleradiologie
Der Radiologe 1997 37, 260-268
- [28] Walz M., Brill C., Bolte R., Cramer U., Wein B., Reimann C., Haimerl M., Weisser G.,
Lehmann K.J., Loose R., Georgi M.
Teleradiology requirements and aims in Germany and Europe: status at the beginning
of 2000
Eur.Radiol. 2000 10, 1472-1482
- [29] Walz M., Weisser G., Bolte R., Teubner J., Loose R., Dübner C.
Qualitätssicherung mit Teleradiologie
Der Radiologe 2002 42, 101-108
- [30] Walz M., Dinter D., Weisser G., Reimann C., Bolte R., Dübner C.
Die Zukunft der Teleradiologie: Ergebnisse des Expertentreffens Teleradiologie des
Gesundheitsnetzkongresses 2001
Der Radiologe 2002 42, 113-118
- [31] Willenberg C.
Lösungsansätze für die Sicherung medizinischer Dokumente durch elektronische
Unterschrift und Verschlüsselung
Der Radiologe 1997 37, 305-312

7. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Ablauforganisation einer CT-Untersuchung in Mindelheim

Abb. 2: Ablauforganisation einer CT-Untersuchung in Großhadern

Abb. 3: Art der Untersuchungen im Vergleich Mindelheim - Großhadern

Abb. 4: Uhrzeit der Untersuchungen in Mindelheim

Abb. 5: Uhrzeit der Untersuchungen in Großhadern

Abb. 6: Vergleich der Uhrzeit der Untersuchungen nach Tageszeit

Abb. 7: Verteilung der Untersuchungen in Mindelheim nach Wochentagen

Abb. 8: Verteilung der Untersuchungen in Großhadern nach Wochentagen

Abb. 9: Zeitdauer der Bildübertragung von Mindelheim nach Großhadern

Abb. 10: Zeitdauer zwischen Untersuchung und endgültigem Befund (Mindelheim)

Abb. 11: Zeitdauer zwischen Untersuchung und endgültigem Befund (Großhadern)

Abb. 12: Übermittlungsdauer des endgültigen Befundes von Großhadern nach Mindelheim

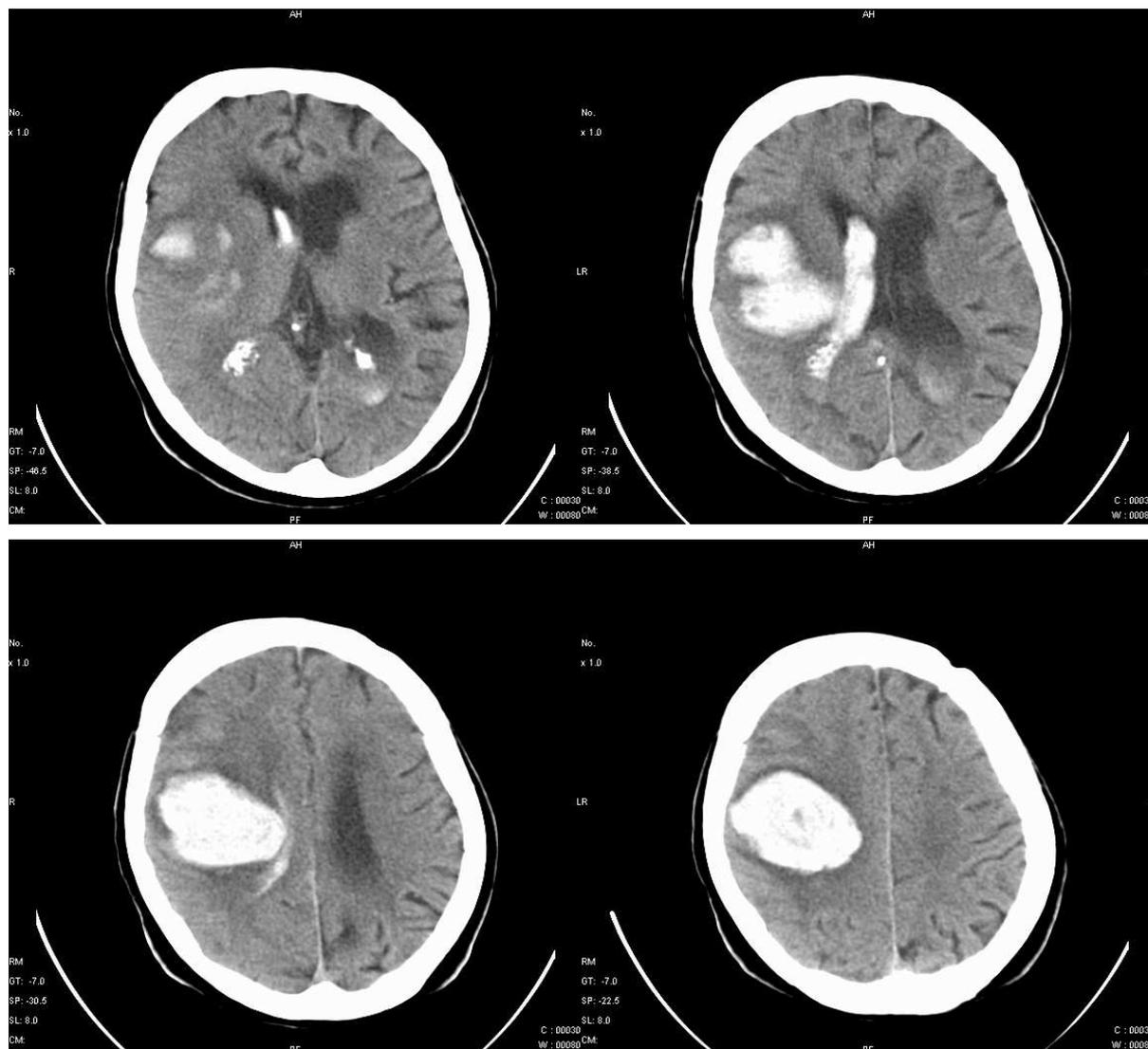
Abb. 13: Anzahl der nach der CT-Untersuchung geänderten bzw. bestätigten Diagnosen in Mindelheim und Großhadern

Abb. 14: Vergleich der geplanten Kostenentwicklung der verschiedenen Untersuchungsvarianten in Abhängigkeit von der Fallzahl

Abb. 15: Entwicklung der CT-Untersuchungszahlen (1997/98 Mindelheim und Ottobeuren, ab 1999 Mindelheim)

Abb. 16: Entwicklung der Kosten pro CT-Untersuchung (1997/98 Mindelheim und Ottobeuren, ab 1999 Mindelheim)

8. Anhang - Beispiele von Computertomographie-Bildern

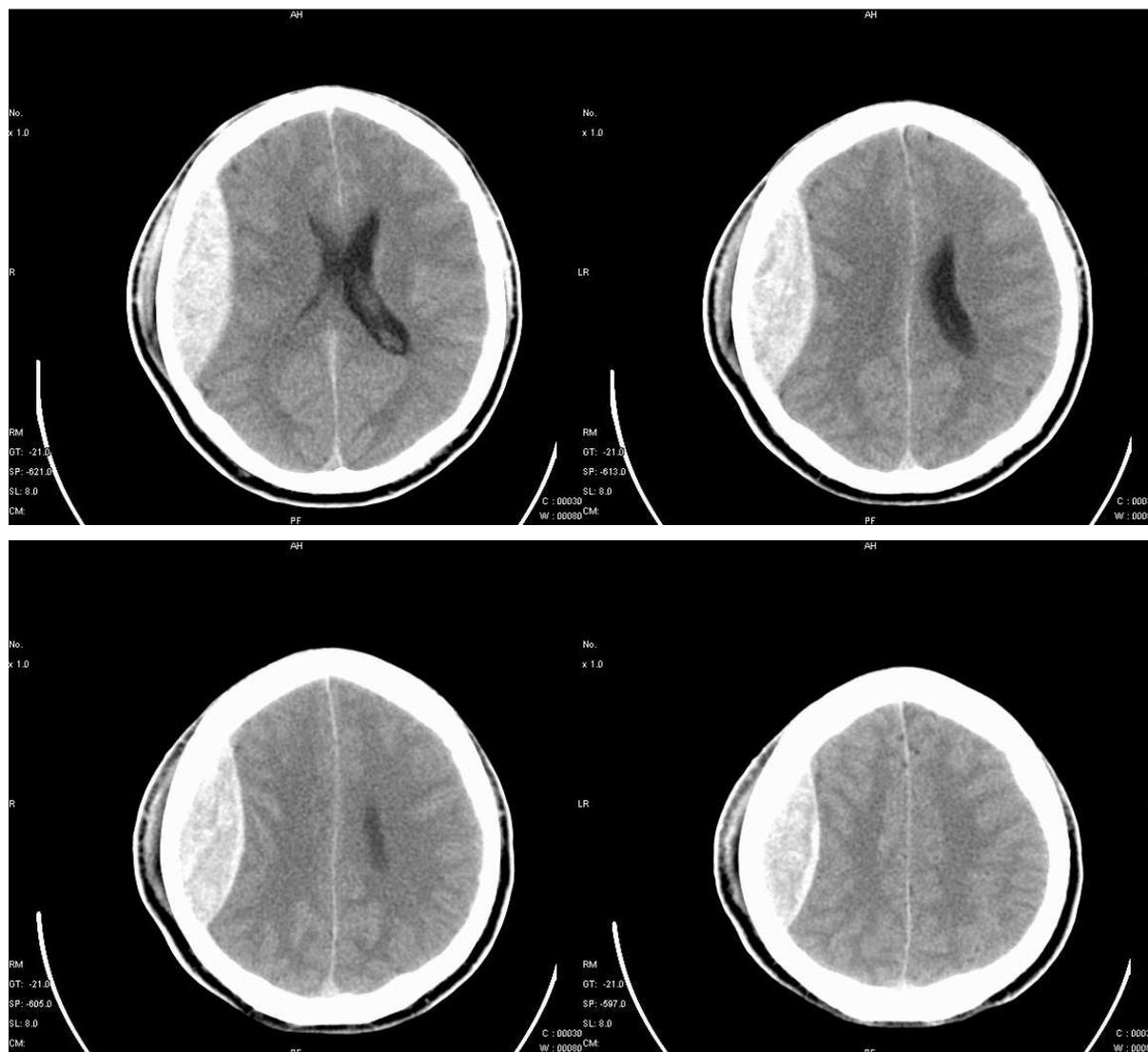


Beispiel 1: Patient, 84 Jahre

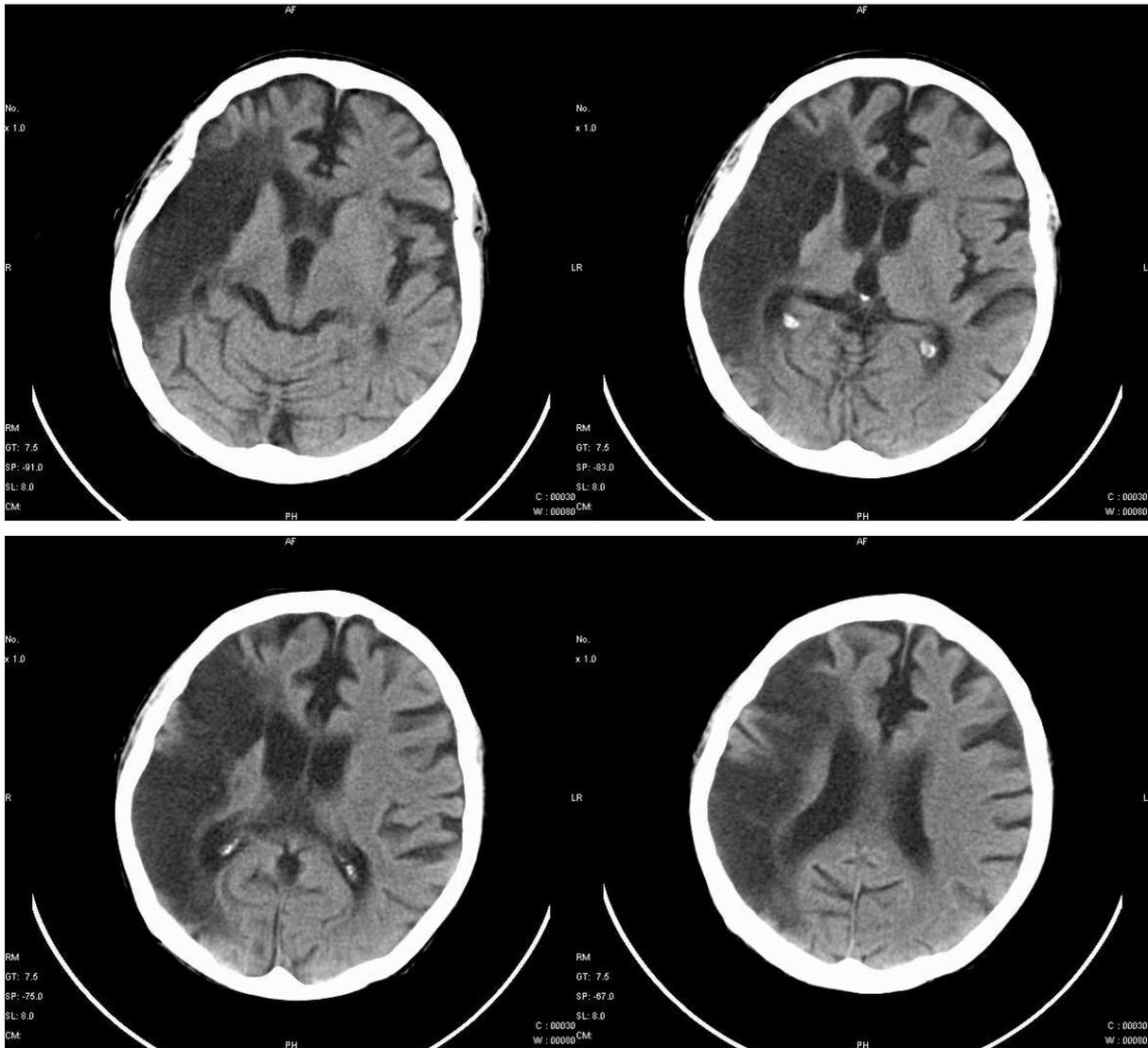
CT-Fragestellung: hypertensive Krise, intracerebrale Blutung?

CT-Untersuchung: cranielles CT nativ

CT-Diagnose: intracerebrale Blutung mit Ventrikeleinbruch



Beispiel 2: Patient, 28 Jahre
CT-Fragestellung: Z. n. Fahrradsturz. Intracerebrale Blutung?
CT-Untersuchung: craniales CT nativ
CT-Diagnose: epidurales Hämatom rechts

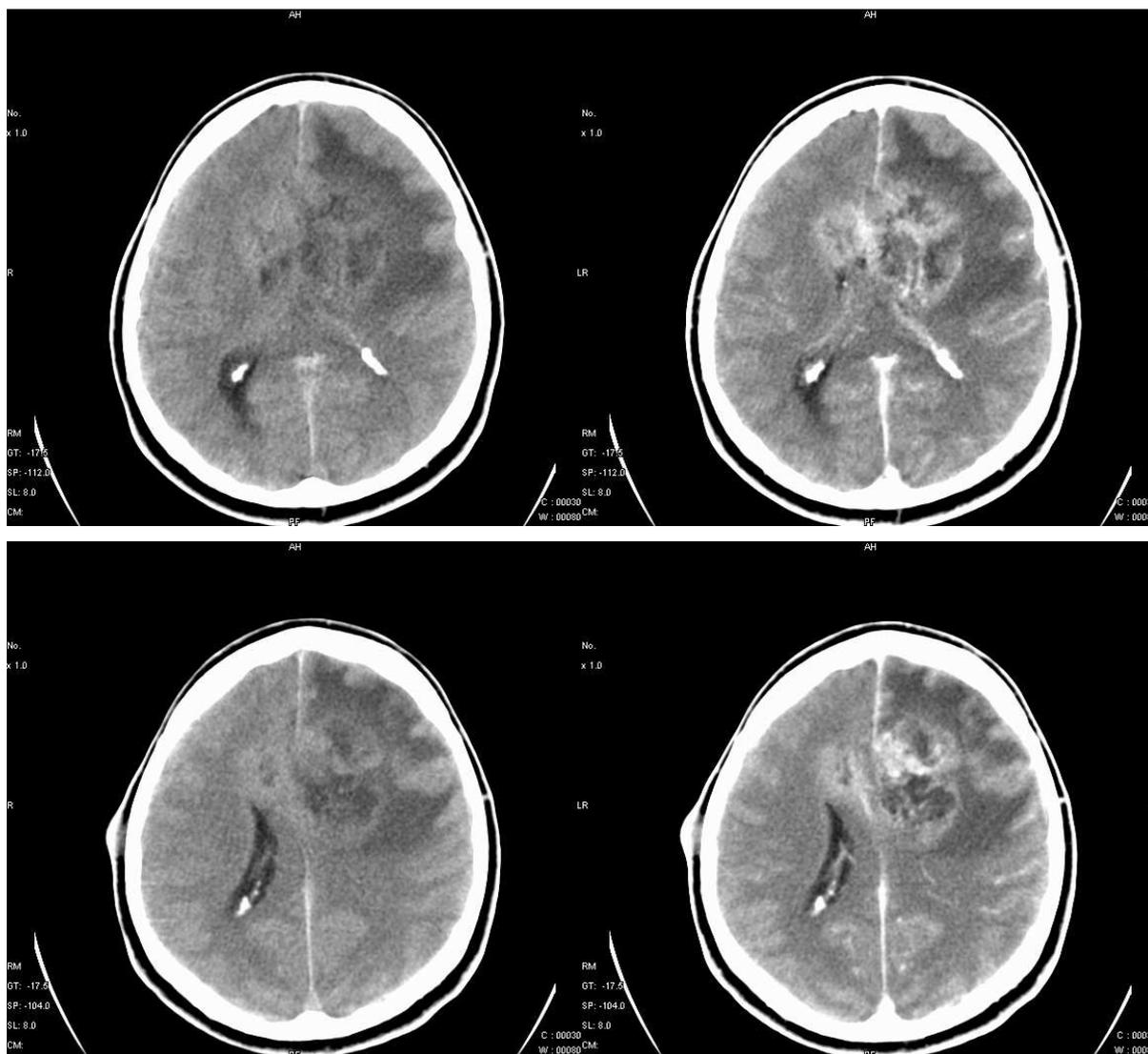


Beispiel 3: Patient, 73 Jahre

CT-Fragestellung: hypertensive Krise, intracerebrale Blutung?

CT-Untersuchung: cranielles CT nativ

CT-Diagnose: alter Insult im Versorgungsgebiet der A. cerebri media rechts, Ausschluß einer intracerebralen Blutung

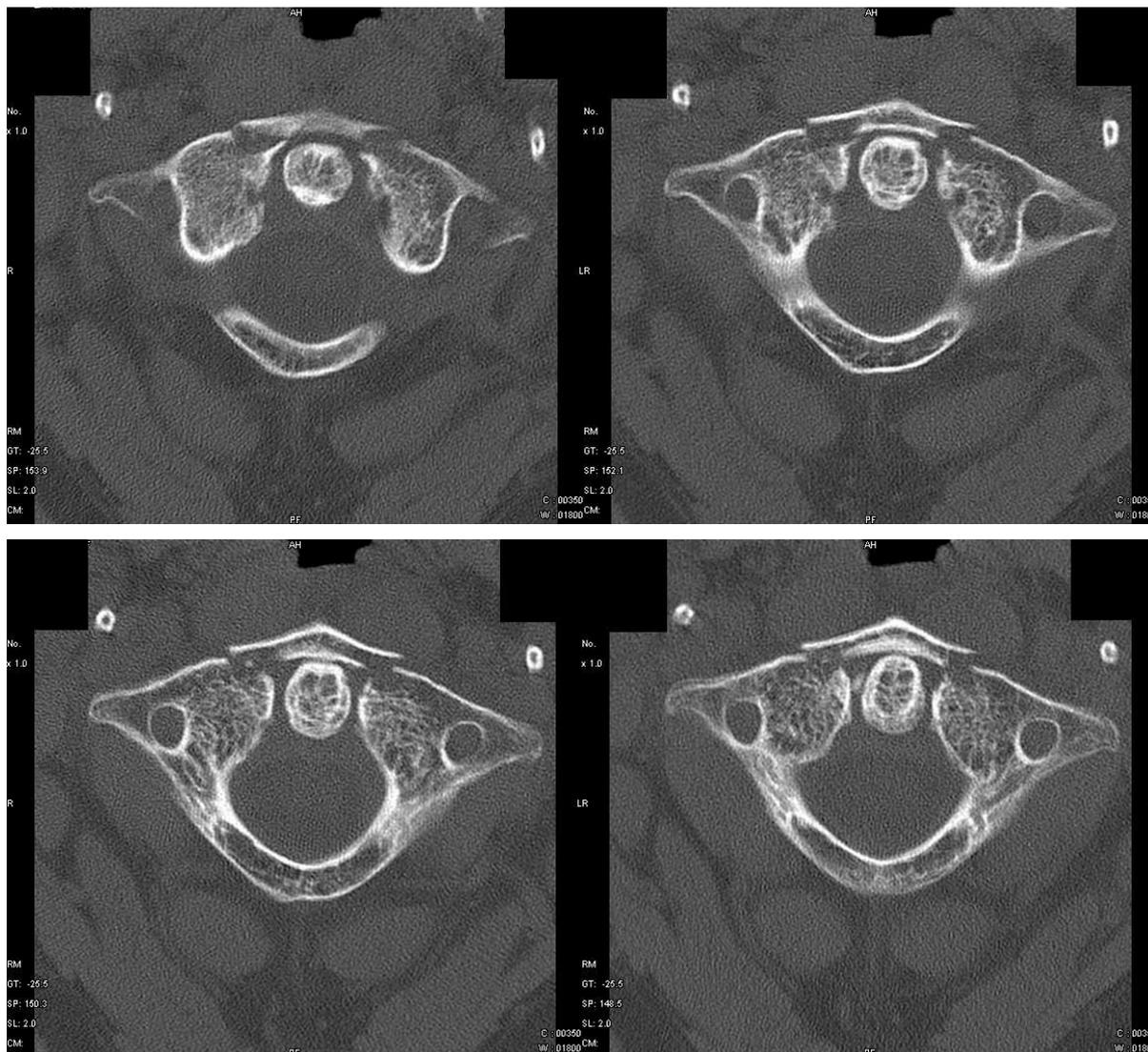


Beispiel 4: Patient, 61 Jahre

CT-Fragestellung: Verlaufskontrolle bei bekanntem Glioblastom

CT-Untersuchung: craniales CT nativ und mit Kontrastmittel

CT-Diagnose: Progress im Vergleich zur Voruntersuchung

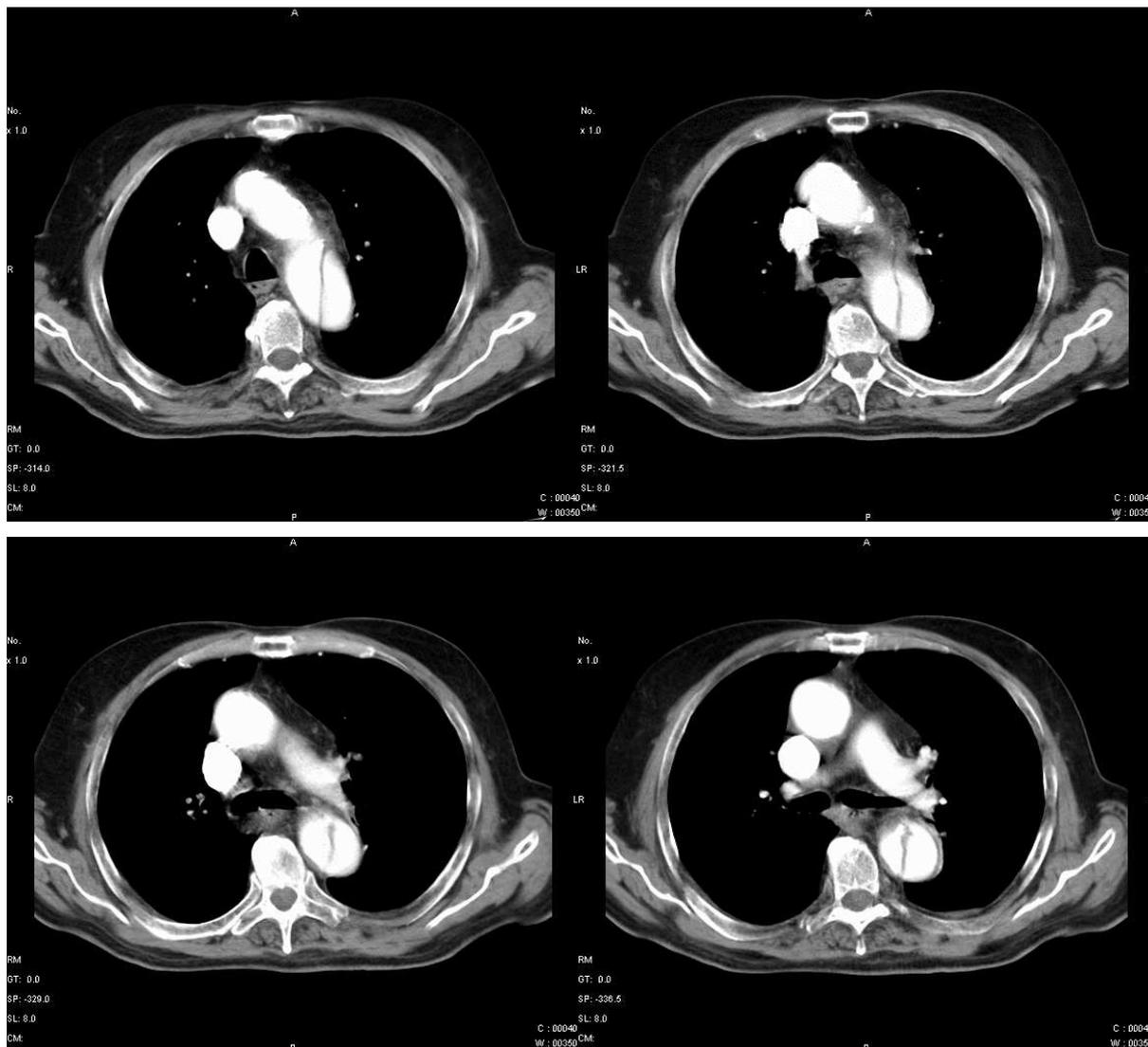


Beispiel 5: Patient, 50 Jahre

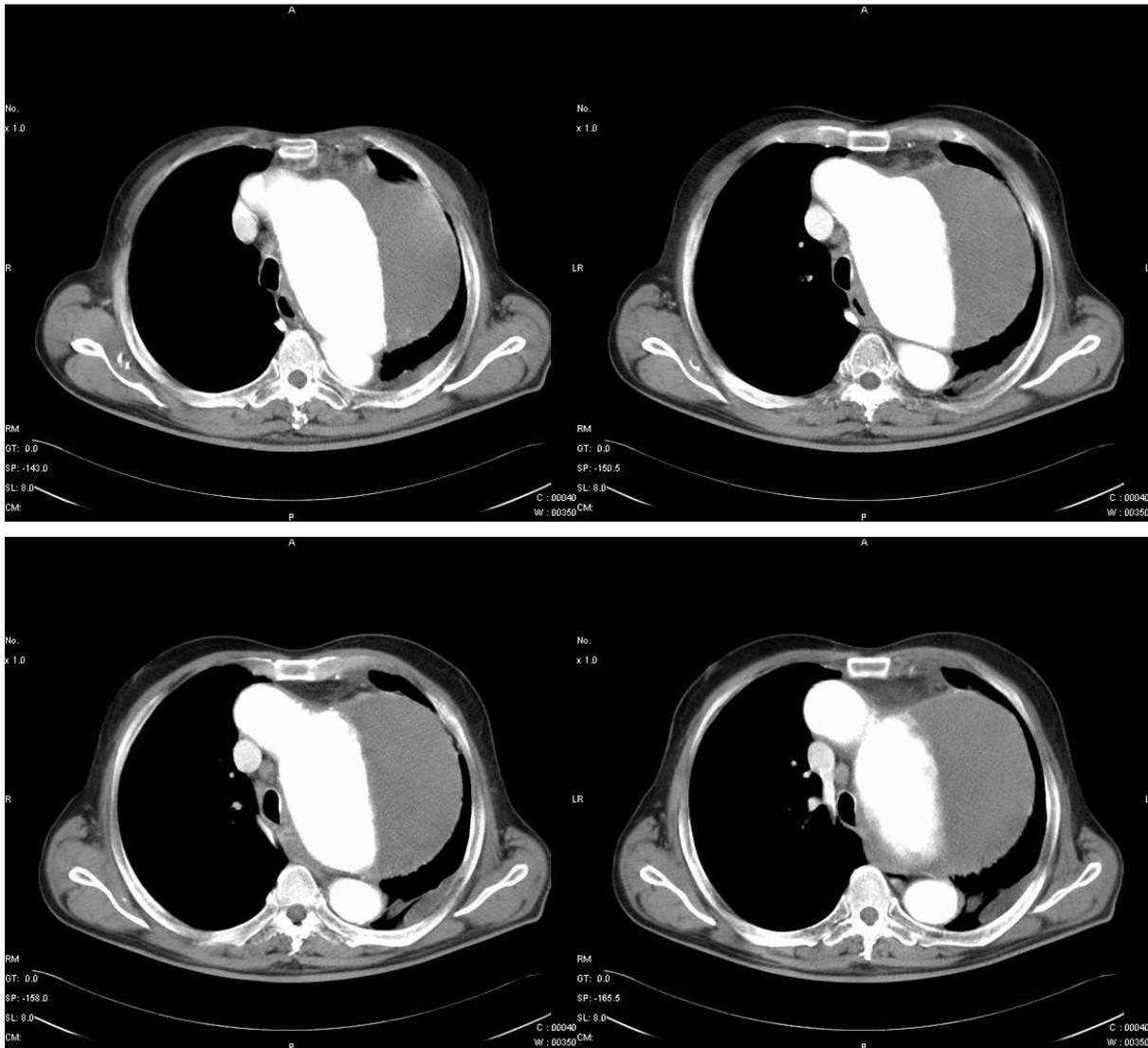
CT-Fragestellung: Z. n. Fahrradsturz. Fraktur des HWK 2?

CT-Untersuchung: CT HWS nativ

CT-Diagnose: Fraktur des HWK 1



Beispiel 6: Patient, 84 Jahre
CT-Fragestellung: unklare Thoraxschmerzen
CT-Untersuchung: thorakales CT mit Kontrastmittel
CT-Diagnose: Aortendissektion

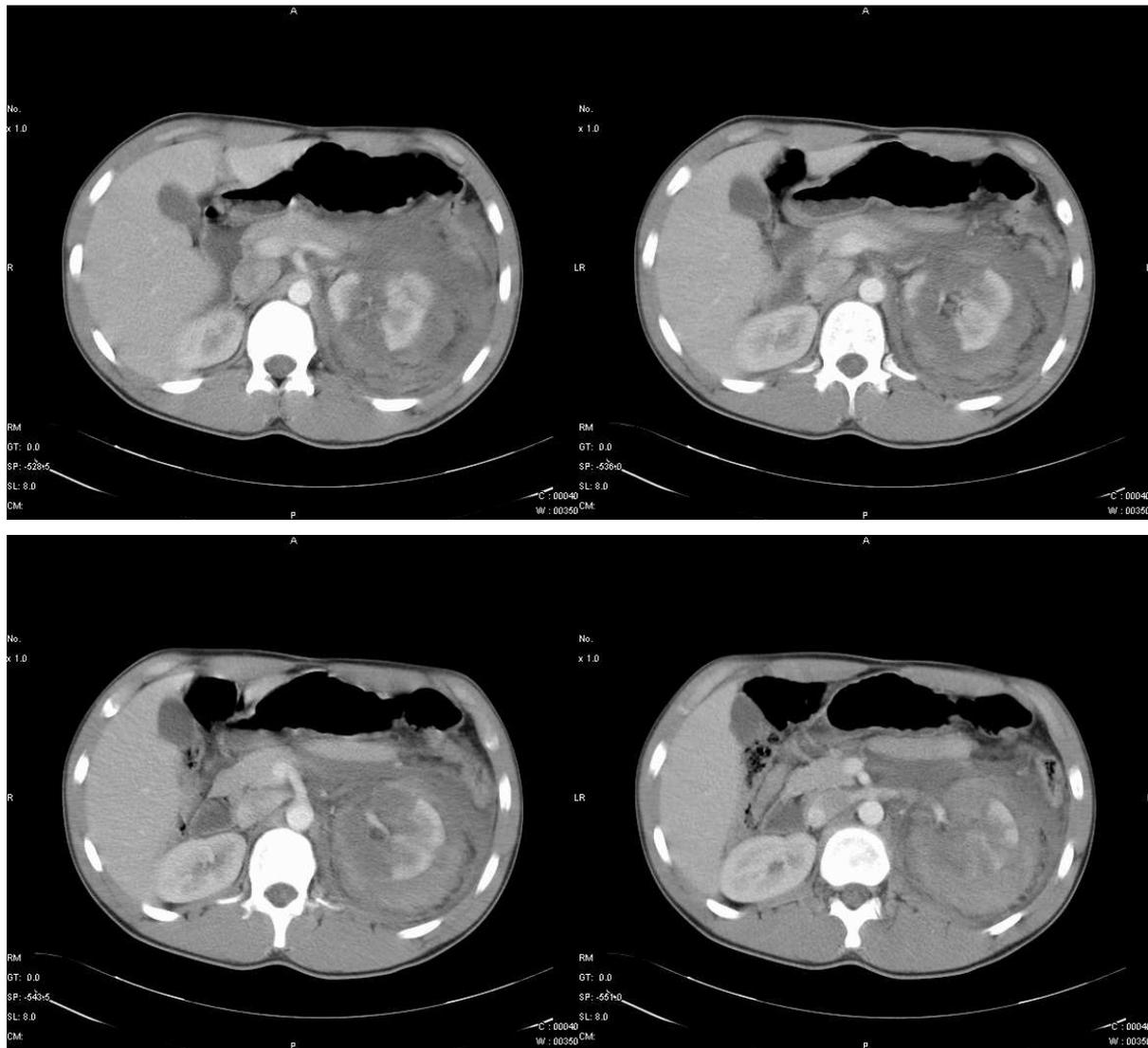


Beispiel 7: Patientin, 74 Jahre

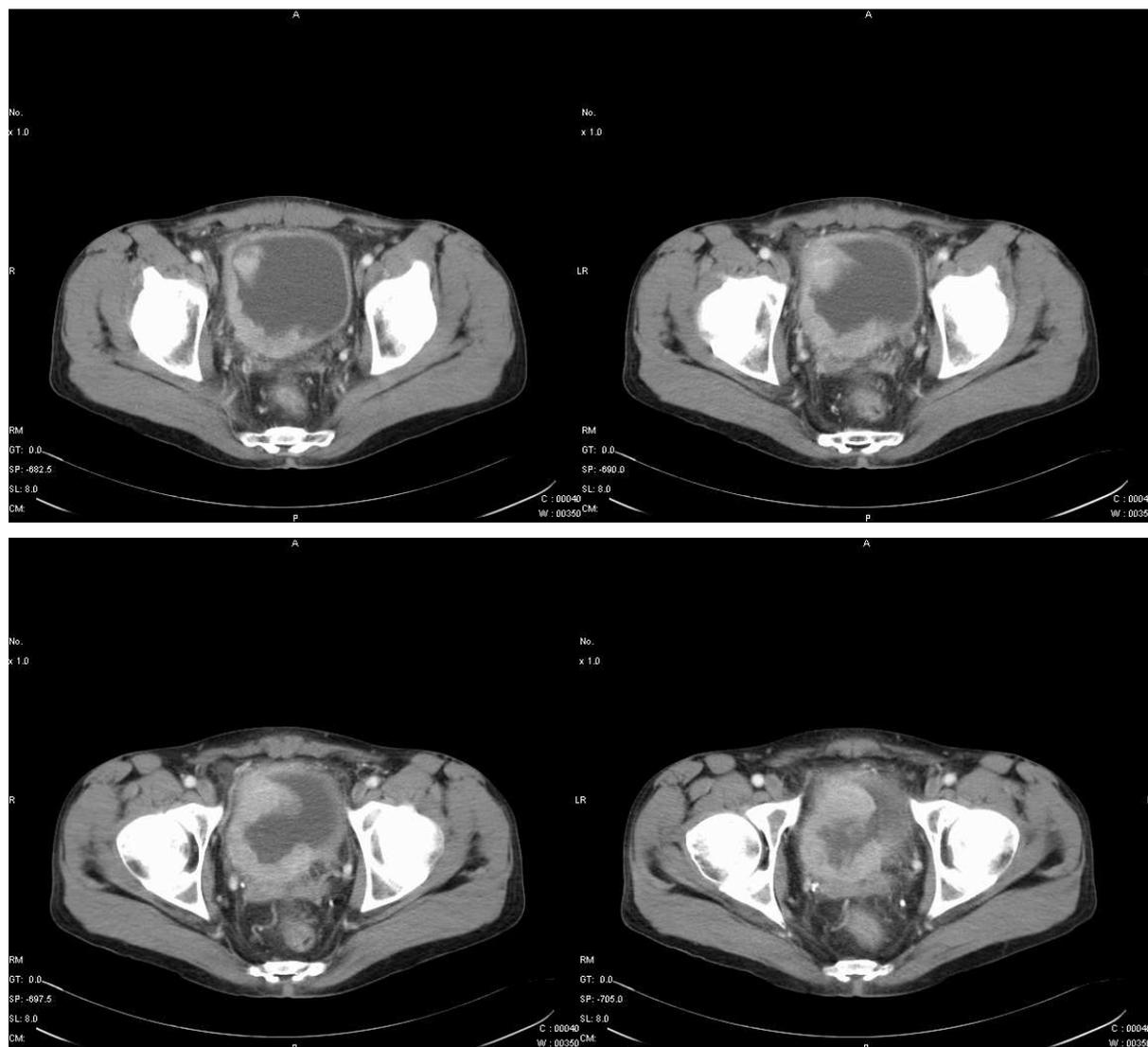
CT-Fragestellung: unklare Thoraxschmerzen

CT-Untersuchung: thorakales CT mit Kontrastmittel

CT-Diagnose: Aortenaneurysma



- Beispiel 8** Patient, 18 Jahre
 CT-Fragestellung: Motorradunfall. Intraabdominelle Verletzung?
 CT-Untersuchung: abdominelles CT mit Kontrastmittel
 CT-Diagnose: traumatische Nierenruptur links



- Beispiel 9** Patient, 48 Jahre
 CT-Fragestellung: Staging bei bekanntem Harnblasentumor
 CT-Untersuchung: abdominelles CT mit Kontrastmittel
 CT-Diagnose: Progress im Vergleich zur Voruntersuchung

9. Lebenslauf

| | |
|----------------|---|
| geboren | am 11.05.1967 in Heidelberg |
| 1973-1977 | Grundschule Internationale Gesamtschule Heidelberg-Hasenleiser |
| 1977-1986 | Hölderlin-Gymnasium Heidelberg, Abitur 06/86 |
| 1987–1993 | Studium der Humanmedizin an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg |
| 1992-1993 | Praktisches Jahr: Innere Medizin (Klinikum Hof), Nuklearmedizin und Chirurgie (Universitätsklinikum Erlangen) |
| 1994-1996 | Arzt im Praktikum in der Abteilung für Strahlendiagnostik und Strahlentherapie des Klinikums Landshut |
| Juni 1996 | Approbation |
| 1996-2004 | Assistenzarzt in der Abteilung für Strahlendiagnostik und Strahlentherapie des Klinikums Landshut |
| seit Juni 2004 | Assistenzarzt in der Klinik für Nuklearmedizin der Klinikum Ernst von Bergmann Potsdam gGmbH |
| November 2004 | Anerkennung als Facharzt für Diagnostische Radiologie |