

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

Institut für Rechtsmedizin

Direktor: Prof. Dr. med. Klaus Püschel

Evaluation eines Modellversuches zur Integration
von CT-Befunden in die Befunderhebung bei
gerichtlichen Obduktionen in der Rechtsmedizin

DISSERTATION

Zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von
Antonia Köwing
aus Stuttgart

2013

Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 30.07.2013

Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. K. Püschel

Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: PD Dr. J. Zustin

Prüfungsausschuss, dritte/r Gutachter/in: PD Dr. J. Yamamura

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Material und Methode	7
2.1	Auswertung des sich durch die PMCT für den Sektionsbefund ergebenden Mehrwertes.....	7
2.1.1	Aufbau einer gerichtlichen Obduktion mit CT-Untersuchung	7
2.1.2	Auswertungsmethodik.....	10
2.2	Detailauswertung der Rippenfrakturen.....	13
2.2.1	Statistische Auswertung.....	15
2.2.2	Rippenfrakturen	16
2.2.3	Sektion der Rippen	16
2.2.4	Rippenfrakturen im CT.....	17
2.2.5	Klassifikation der Rippenfrakturen.....	17
2.3	Einordnung der Ergebnisse in den wissenschaftlichen Kontext.....	21
3	Ergebnisse.....	22
3.1	Allgemeine Ergebnisse	22
3.1.1	Auftraggeber, Gerichtliche Sektionen und durchgeführte PMCT	22
3.2	Ergebnisse zur Auswertung des sich durch PMCT für den Sektionsbefund ergebenden Mehrwertes	26
3.2.1	Allgemeine Ergebnisse	26
3.2.2	PMCT-Untersuchung	27
3.2.3	PMCT-Befunde im Sektionsprotokoll	27
3.2.4	Auswertung der zusammenfassenden Befundwürdigung.....	28
3.2.5	Todesursache und Kausalität.....	32
3.2.6	Sensitivität	34
3.2.7	Einhaltung des Indikationskataloges	39
3.2.8	Anhang im erweiterten Protokoll	40
3.3	Ergebnisse der Detailauswertung der Rippenfrakturen	40
3.3.1	Vergleich des PMCT-Erstbefundes mit dem PMCT-Zweitbefund	41
3.3.2	Vergleich des PMCT-Zweitbefundes mit dem Sektionsbefund	46
3.4	Einordnung der Ergebnisse in den wissenschaftlichen Kontext.....	59
4	Diskussion	61
5	Zusammenfassung	68
6	Literaturverzeichnis.....	71

A	Anhang	VII
B	Danksagung	XXIV
C	Lebenslauf	XXV
D	Eidesstattliche Versicherung.....	XXVI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Kontinuitätsunterbrechung	17
Abbildung 2.2: Vollständige Fraktur	19
Abbildung 2.3: Unvollständige Fraktur	19
Abbildung 2.4: Achsenabweichung.....	20
Abbildung 2.5: Entstehungszeitpunkt der Fraktur	21
Abbildung 3.1: Gerichtliche Sektionen	23
Abbildung 3.2: PMCT-Untersuchungen	24
Abbildung 3.3: Anwendung der PMCT (Hamburg).....	25
Abbildung 3.4: Anwendung der PMCT (Auswärtig).....	25
Abbildung 3.5: Indikationsgruppenzuordnung	26
Abbildung 3.6: Integration der PMCT-Befunde	28
Abbildung 3.7: Erkenntniswert	29
Abbildung 3.8: Akzeptierte PMCT-Befunde	32
Abbildung 3.9: Validierung des PMCT-Ergebnisbefundes durch die Sektion	34
Abbildung 3.10: Sensitivität der PMCT	35
Abbildung 3.11: Sensitivität der PMCT den Indikationsgruppen zugeordnet	36
Abbildung 3.12: Einhaltung des Indikationskataloges	39
Abbildung 3.13: Anhang des erweiterten Protokolls.....	40
Abbildung 3.14: Auflösung 1.....	58
Abbildung 3.15: Auflösung 2.....	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: CT-Modi	14
Tabelle 3.1: Erkenntniswert der Indikationsgruppen	31
Tabelle 3.2: PMCT-Ergebnisse.....	33
Tabelle 3.3: Sensitivität der PMCT für den Nachweis der Todesursache.....	38
Tabelle 3.4: Rippenfrakturen im Vergleich PMCT-Erstbefund/-Zweitbefund	41
Tabelle 3.5: Anzahl der Frakturbefunde.....	42
Tabelle 3.6: Anzahl der positiven Frakturbefunde.....	43
Tabelle 3.7: Statistische Gütekriterien der Rippenfrakturdiagnostik	44
Tabelle 3.8: Vergleich Anzahl Frakturbefunde in PMCT-Erstbefund/-Zweitbefund.....	45
Tabelle 3.9: Vergleich der Häufigkeit	46
Tabelle 3.10: Rippenfrakturen im PMCT-Zweitbefund im Vergleich zur Sektion	46
Tabelle 3.11: Anzahl der Frakturbefunde.....	47
Tabelle 3.12: Anzahl der Frakturbefunde.....	48
Tabelle 3.13: Statistische Gütekriterien der Rippenfrakturdiagnostik	49
Tabelle 3.14: Anzahl der Abweichungen pro Fall.....	50
Tabelle 3.15: Vergleich der Häufigkeit im PMCT-Zweitbefund und in der Sektion.....	51
Tabelle 3.16: Vergleich der Häufigkeit von Frakturen	52
Tabelle 3.17: Lokalisation.....	53
Tabelle 3.18: Lokalisation bei Abweichungen	54
Tabelle 3.19: Art der Fraktur.....	55
Tabelle 3.20: Entstehungszeitpunkt.....	56
Tabelle 3.21: Entstehungsprozess	56
Tabelle 3.22: Altersgruppeneffekt.....	57
Tabelle 3.23: Auflösung.....	58
Tabelle 3.24: Eckdaten der Studien.....	60
Tabelle A.1: Ausführlicher Rippenfrakturvergleich PMCT-Erstbefund/-Zweitbefund.....	VIII
Tabelle A.2: Anzahl von Frakturbefunden der einzelnen Rippen	IX
Tabelle A.3: Ausführlicher Vergleich der Häufigkeit	X
Tabelle A.4: Ausführlicher Vergleich der Häufigkeit von Frakturen	XI
Tabelle A.5: Ausführlicher Rippenfrakturvergleich PMCT-Zweitbefund/Sektion	XII
Tabelle A.6: Anzahl der Frakturbefunde der einzelnen Rippen	XIII
Tabelle A.7: Ausführlicher Vergleich der Häufigkeit	XIV
Tabelle A.8: Ausführlicher Vergleich der Häufigkeit von Frakturen	XV
Tabelle A.9: Ausführliche Auflistung der Lokalisation	XVI
Tabelle A.10: Lokalisation der falsch positiven Befunde rechts.....	XVIII

Tabelle A.11: Lokalisation der falsch positiven Befunde links XIX
Tabelle A.12: Lokalisation der falsch negativen Befunde rechts XX
Tabelle A.13: Lokalisation der falsch negativen Befunde links..... XXI
Tabelle A.14: Ausführliche Auswertung der Art *der Fraktur* XXII
Tabelle A.15: Ausführliche Auswertung des Entstehungszeitpunktes XXIII

Abkürzungsverzeichnis

Kürzel	Bedeutung
CT	Computertomographie
EW	Erkenntniswert
FB	Frakturbefund
FKR	Falschklassifikationsrate
f_n	falsch negativ
f_p	falsch positiv
HWP	Hochaufgelöstes Weichteilprotokoll
IfR	Institut für Rechtsmedizin
KKÜ	Knochenknorpelübergang
MRT	Magnetresonanztomographie
PMCT	Postmortale Multislice-Computertomographie
r_n	richtig negativ
r_p	richtig positiv
rU	rekonstruktive Umstände
S	Sektion
StA	Staatsanwaltschaft
TU	Todesursache
WP	Weichteilprotokoll

1 Einleitung

Eine wichtige Aufgabe der Rechtsmedizin ist die Aufklärung von ungeklärten und nichtnatürlichen Todesursachen und deren Umständen (Dettmeyer et al. 2011; Wirth et al. 2012; Madea 2007). In diesem Zusammenhang bedient sie sich einer Vielzahl von Untersuchungsmethoden, zu denen unter anderem die invasive Sektion, histologische, toxikologische und konventionelle radiologische Untersuchungen (Projektionsradiologie) sowie die Analyse der Umstände an Tat- und/oder Fundort zählen. Die postmortale Anwendung der Computertomographie (CT), deren Integration in die Befunderhebung in dieser Arbeit evaluiert wird, stellt ein zusätzliches und im Vergleich mit der konventionellen, invasiven Autopsie noch junges Untersuchungsverfahren dar.

Seit einigen Jahren wird der Mehrwert der Ergebnisse von bildgebenden Untersuchungsverfahren für die konventionelle autopsische Befunderhebung in verschiedenen Studien untersucht (Paperno et al. 2005; Poulsen und Simonsen 2007; Scholing et al. 2009; Leth und Ibsen 2010). In Hamburg wurde daraufhin 2010 ein Modellversuch in Kooperation mit der Justizbehörde gestartet. Auf Basis eines gemeinsam mit der Staatsanwaltschaft (StA) abgestimmten Indikationskatalogs (vgl. 2.1.1.1) wurden postmortal Computertomographieuntersuchungen (PMCT) vor der konventionellen Autopsie durchgeführt.

Das Verfahren der Computertomographie beruht auf der Nutzung der von Wilhelm Conrad Röntgen im Jahr 1895 entdeckten Röntgenstrahlung. Noch im selben Jahr, in dem er die Entdeckung der Röntgenstrahlen am Beispiel der Handknochen seiner Frau präsentierte, wurde die neue Technik in England als Beweismittel vor Gericht genutzt und nur drei Jahre später zur Untersuchung von Leichen herangezogen (Brogdon und Lichtenstein 2011). Die zweidimensionale klassische „Projektionsradiographie“ (Rothschild et al. 2001) entwickelte sich zu einem anerkannten Hilfsmittel der gerichtlichen Obduktion (Paperno et al. 2005). Nach der Entwicklung der Computertomographie und deren Einführung in die klinische Diagnostik 1972 erfolgte der Einsatz der neuen Technik für forensische Zwecke vier Jahre später (Wüllenweber et al. 1977). Das Verfahren ermöglicht im Gegensatz zur konventionellen Radiologie eine überlagerungsfreie Darstellung aller Körperorgane. So konnte die Sensitivität im Vergleich zu den zweidimensionalen Projektionsbildern gesteigert werden (Traub et al. 2007; Hong et al. 2011). Autoren wie Brogdon (Brogdon 1998), Vogel (Vogel und Jung 1997) und Thali (Thali et al.

2009) prägen die postmortale Radiologie und stellen ihre Nützlichkeit für die forensische Medizin heraus.

Die Computertomographie ist ein radiologisches Schnittbildverfahren, bei dem Absorptionsprofile eines Körpers aus vielen unterschiedlichen Richtungen erstellt werden. Dafür rotieren die Röntgenröhre und der gegenüberliegende Detektor um den Körper herum. Aus den Absorptionsdaten wird computergestützt die Dichte jedes Bereiches rekonstruiert und in Transversalschnitten dargestellt. Dadurch wird die überlagerungsfreie Beurteilung der Organe- und Gewebestrukturen ermöglicht.

Die PMCT ist ein noninvasives Verfahren und lässt so eine „zerstörungsfreie Dokumentation“ (Thali et al. 2007) zu. Diese Eigenschaft ist die Voraussetzung für eine anschließende konventionelle, invasive Autopsie ohne Verlust an Informationen.

Ein Problem der CT ist die Artefaktbildung durch im Körper eingelagertes Metall, z.B. Geschosse oder zahnärztliche Versorgungen, wie Füllungen, Kronen und Brücken. Sie führen zu Schatten- und Schlierenbildung und erschweren die Befunderhebung. Der Grund hierfür ist die wesentlich höhere Dichte des Metalls, die zu einer vollständigen Absorption der Röntgenstrahlen führt.

Gar nicht oder nur schwer mit Hilfe der Computertomographie nachweisbar sind Ischämien (z.B. Myokardischämien) und Thromben (z.B. Koronarthrombosen oder Lungenthrombembolien) (Paperno et al. 2005) sowie Verletzungen wie kleine Weichgewebssprellungen, kleine Hämatome, Emphyseme oder petechiale Einblutungen, Gehirnkontusionen, Kontusionen oder oberflächliche Läsionen von Organen (Scholing et al. 2009) und Gefäßverletzungen (z.B. Aortenrisse) (Leth und Ibsen 2010).

Die diagnostische Stärke der Computertomographie zeigt sich bei Befunden wie Frakturen, abnormalen Gas- oder Luftansammlungen, Hirn-Befunden aber auch Fremdkörpernachweisen und deren genauer Lokalisierung. Die Ergebnisse vieler Studien zeigen, dass hier mit Hilfe der PMCT im direkten Vergleich zur invasiven Sektion zusätzliche Befunde diagnostiziert werden konnten (Andenmatten et al. 2008; Hoey et al. 2007; Levy et al. 2006; Levy et al. 2007; Paperno et al. 2005; Thali et al. 2003b). Ein weiterer Vorteil der PMCT gegenüber der Obduktion ist die vollständige Darstellung der topographischen Zusammenhänge und damit des kompletten Skelettsystems auch in präparatorisch schwer zugänglichen Bereichen. Außerdem besteht die Möglichkeit der Identifikation unbekannter Leichen mit Hilfe des Abgleichs zahnmedizinischer

Versorgungen auf prä- und postmortal erstellten Panoramaschichtaufnahmen oder eingebrachter Medizinprodukte.

Durch die einfache digitale Archivierung und die Möglichkeiten von digitalen Netzwerken ist eine erneute Interpretation von forensisch relevanten Befunden oder die Zusammenarbeit mehrerer Befunderhebender erleichtert (Teleradiologie). Dadurch ergeben sich neue Möglichkeiten zur Objektivierung der Befunde und zur Qualitätssicherung. Überlegungen zu einer weltweiten Verknüpfung der erzielten Daten gibt es bereits. Auf dieser Basis ließen sich Vorteile und Grenzen sowie die Genauigkeit und der Wert der PMCT mit Hilfe einer großen Datenbasis aufarbeiten (Aghayev et al. 2008).

Die Rechtsmedizin übernahm die computertomographische Bildgebung aus dem klinischen Bereich. So konnte für die PMCT-Untersuchungsmethode auf die dort gesammelte Erfahrungen an lebenden Patienten zurückgegriffen werden. Allerdings zeigte sich schnell, dass einige Organe postmortem deutliche Strukturveränderungen durchlaufen, und dabei teils stark von ihren bekannten in vivo Erscheinungsbildern abweichen (Flach et al. 2011). Ein Vorteil gegenüber der in vivo CT-Erstellung ist, dass keine Bewegungsartefakte entstehen können und morphologisch hochqualitative Bilder aller wichtigen Organe und Strukturen erfasst werden können. Auch der Strahlenschutz spielt im Vergleich zur in vivo CT-Untersuchung eine untergeordnete Rolle. Probleme können durch eine fortgeschrittene Leichenstarre (rigor mortis) bei der Positionierung des Leichnams für die Aufnahme auftreten. Ein weiterer Nachteil ist die fehlende Durchblutung durch den Zusammenbruch des Kreislaufes, die die Verwendung von Kontrastmittel stark erschwert (Flach et al. 2011). Trotzdem hat sich die Methode der PMCT bis heute so weiter entwickelt, dass sie aus forensischer Sicht als Ergänzung zur traditionellen Autopsie angesehen wird (Dirnhofer und Thali 2009; Scholing et al. 2009; Andenmatten et al. 2008).

Auch wenn die PMCT bei der Erkennung natürlichen Todesursachen nicht so erfolgreich ist, so zeigt sich gerade bei traumatisch bedingten Todesursachen ein großes Potential (Leth 2007, 2009). Basis für die Bestimmung der Todesursache ist die Erkennung von pathologischen Veränderungen und Anomalien. Die PMCT kann dabei als bildgebendes Verfahren nur solche Befunde aufzeigen, die visuell erfasst werden können. Infektiöse und toxikologische Vorgänge sowie natürliche Todesursachen, die keine unmittelbaren Auswirkungen auf die Anatomie haben, können somit nicht oder nur schwer erkannt werden. Die PMCT eignet sich also besonders als Werkzeug zur Erkennung traumatisch bedingter Todesursachen und die Rekonstruktion traumatischer Todesumstände, die deutliche Spuren in der Anatomie hinterlassen.

Diese Aspekte wurden 2010 in Hamburg bei dem gemeinsam mit der StA ausgearbeiteten Indikationskatalog berücksichtigt, in den überwiegend traumatische Todesursachen einbezogen wurden, für die eine qualitative Ergänzung der konventionellen Vorgehensweise durch die PMCT-Ergebnisse zu erwarten war. Ob ein solcher Mehrwert tatsächlich erreicht wurde und ob sich dieser Mehrwert bestimmten Indikationsgruppen zuordnen lässt, wird in dieser Arbeit evaluiert.

In anderen Ländern wird die PMCT als ergänzende Diagnostik schon seit längerer Zeit als Routineverfahren vor der konventionellen Autopsie eingesetzt, wie z.B. in Kopenhagen, Dänemark, seit 2002 (Poulsen und Simonsen 2007). In Bern, Schweiz, wird seit einigen Jahren modellhaft die virtuelle Autopsie im Rahmen des Virtopsy®-Projektes verwirklicht. Dabei wird ein multimodales Vorgehen erprobt, bei dem neben der PMCT zusätzlich Magnetresonanztomographie (MRT) und fotogrammetrische Erfassung der Körperoberflächen Informationen liefern (Thali et al. 2009).

Die MRT stellt ein weiteres noninvasives Verfahren dar und zeichnet sich gegenüber der PMCT durch ihre hohe Kontrastauflösung im Weichteilbereich aus. So lassen sich kleine Blutungen und pathologische Veränderungen im ZNS, in Muskeln, im Knochenmark sowie Tumore und Entzündungsherde gut darstellen (Thali et al. 2009). Die MRT erfordert jedoch einen erheblich größeren Aufwand als die PMCT, so dass ihre Anwendung auf Einzelfälle beschränkt ist (Heinemann et al. 2012).

Innovationen und Weiterentwicklung im Bereich der elektronischen Datenverarbeitung ermöglichen die Durchführung einer virtuellen Endoskopie postmortem (Scharf 2011) und die Anfertigung von 3D Ansichten, mit deren Hilfe Untersuchungsergebnisse auch für Laien (z.B. am Gericht) visuell veranschaulicht werden können.

Als Ergänzung des noninvasiven Verfahrens wird auch der Einsatz minimal-invasiver Techniken wie postmortale CT-Angiographie, CT-gesteuerte Gewebebiopsie und 3D/CAD Photogrammetrie (Thali et al. 2003a; Thali et al. 2005) diskutiert und teilweise bereits praktiziert.

Aus der Anwendung der PMCT ergibt sich fast zwangsläufig die Frage, ob dieses Verfahren die invasive Obduktion ersetzen kann. G.N. Ruty hat diese Frage erörtert und kommt zu dem Schluss, dass dafür noch mehr Studien zur Erforschung von natürlichen und unnatürlichen Todesursachen nötig sind, um die Genauigkeit der Ergebnisse der PMCT-Untersuchung zu überprüfen (Ruty 2007).

Im Jahr 2010 erfolgte erstmals eine gerichtliche Anordnung zur Durchführung einer noninvasiven post mortalen Computertomographie in Kombination mit einer äußeren Leichenschau als alleinige Mittel zur Bestimmung der Todesursache am Institut für Rechtsmedizin der Universität Bern (Ruder et al. 2011).

Für den Hamburger Modellversuch wurden Änderungen am Sektionsprotokoll vorgenommen. Es erfolgte eine Integration der PMCT-Befunde und deren Beurteilung in der zusammenfassenden Befundwürdigung. Durch diese Änderungen wurde es möglich, die Protokolle nachträglich im Hinblick auf den Mehrwert der PMCT im Praxisalltag auszuwerten.

Mit der Fokussierung auf den für den Obduzenten entstehenden Mehrwert unterscheidet sich diese Praxisbeobachtung von der Mehrzahl der Studien zu diesem Thema. Bei letzteren stand meist allein der Vergleich der aus PMCT und konventioneller Sektion gewonnenen Ergebnisse im Vordergrund (Christe et al. 2008; Yen et al. 2005a; Hoey et al. 2007; Yen et al. 2005b; Rutty et al. 2007; Schnider et al. 2009; Andenmatten et al. 2008; Molina et al. 2007; Jacobsen et al. 2009; Christe et al. 2009; Cha et al. 2010).

Der für den Modellversuch erarbeitete Indikationskatalog beschränkt sich nicht auf eine Todesursache, wie in einigen anderen Studien zum Thema (Yen et al. 2005a; Levy et al. 2006; Yen et al. 2007; Christe et al. 2008; Andenmatten et al. 2008; Schnider et al. 2009) (vergleiche Tabelle 3.24), sondern bezieht alle traumatischen Todesursachen ein, für die ein möglicher Mehrwert der PMCT angenommen wurde. Dadurch ergeben sich eine breite Datenbasis sowie die Möglichkeit, den Mehrwert für einzelne Indikationsgruppen zu vergleichen.

Durch die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen soll der Modellversuch evaluiert werden. Zunächst soll geprüft werden, inwiefern dem erarbeiteten Indikationskatalog konsequent gefolgt worden ist. Eine wichtige Rolle für die Beurteilung spielt natürlich die Frage nach dem durch die PMCT erzielten Mehrwert für den Obduzenten. Konnten Hinweise auf rekonstruktive Umstände oder die Todesursache gegeben werden? Inwiefern unterscheiden sich diese Ergebnisse für die einzelnen Indikationsgruppen? Auch die Art der Integration der PMCT-Befunde in das Sektionsprotokoll soll unter Zuhilfenahme der Untersuchungsergebnisse bewertet und ggf. weiterentwickelt werden.

Am Beispiel der Rippenfrakturen werden die Ergebnisse von PMCT und konventioneller Sektion gegeneinander validiert.

Eine Differenzierung von Verletzungen als Begleiterscheinung von wichtigen lebenserhaltenden medizinischen Maßnahmen und denen durch Trauma entstandenen Verletzungen sowie die

Einstufung ihrer gerichtlichen Bedeutung ist eine wichtige Aufgabe der Rechtsmedizin. Genau diese Schwierigkeit wird bei Rippenfrakturen besonders deutlich. Sie können iatrogen durch mechanische Reanimationsmaßnahmen verursacht werden oder durch traumatische Begebenheiten und sekundär zu einem Hämato- oder Pneumothorax und/oder Lungenverletzungen führen (Buschmann und Tsokos 2009).

2 Material und Methode

Die Arbeit gliedert sich nach einer allgemeinen Auswertung in zwei Teile. Zunächst eine globale retrospektive Praxisbetrachtung, bei der der Wert der durch die postmortale CT-Untersuchung gewonnenen Zusatzbefunde bezogen auf die Todesursachenbestimmung evaluiert wurde und ergänzend eine Detailauswertung am Beispiel der Rippenfrakturen.

Für die allgemeine Auswertung aller 948 im Jahre 2010 durchgeführten Sektionen wurden die Daten aus den Protokollen des Institutes für Rechtsmedizin (IfR) Hamburg aufgenommen und in der Studie berücksichtigt. Die Sektionsprotokolle der Verstorbenen wurden auf die Kriterien Alter, Geschlecht, Auftraggeber, gerichtliche Anordnung, Indikationskriterien für eine Sektion und auf die Durchführung einer PMCT-Untersuchung hin ausgewertet und die so gewonnenen Daten in einer Datenbank erfasst.

2.1 Auswertung des sich durch die PMCT für den Sektionsbefund ergebenden Mehrwertes

Für ein besseres Verständnis der gewählten Auswertungskriterien des ersten Teilabschnittes wird im folgenden Abschnitt 2.1.1 ein einführender Überblick über den für den Modellversuch modifizierten Aufbau einer gerichtlichen Sektion mit integrierter CT-Untersuchung gegeben. In 2.1.2 schließt sich die Beschreibung der Auswertungsmethodik an.

2.1.1 Aufbau einer gerichtlichen Obduktion mit CT-Untersuchung

2.1.1.1 Indikation

Gerichtliche Obduktionen nach § 87 ff StPO werden von der Staatsanwaltschaft beauftragt. Postmortal obduziert werden Todesfälle, die sich unter unklaren Bedingungen ereignen oder plötzlich und unerwartet geschehen. Die Untersuchung kann herkömmlich autoptisch durchgeführt werden oder mit zusätzlichen bildgebenden Verfahren wie beispielsweise der Computertomographie. Um eine staatsanwaltliche Anordnung der CT-Untersuchung zu regeln, wurde in Zusammenarbeit mit der Justizbehörde Hamburg ein Indikationskatalog für die Durchführung einer Sektion einschließlich des Befundes der Computertomographie (erweitertes Protokoll) entwickelt. Zur Feststellung der forensischen Indikationen für den Einsatz der computerto-

mographischen Bildgebung werden die Ergebnisse der ersten äußeren Leichenschau bzw. erster polizeilicher Ermittlungen herangezogen.

Es ergibt sich folgende Klassifizierung der Fälle, in denen eine PMCT-Untersuchung in der Regel erfolgt:

- „Tötungsdelikte/Suizide durch Schuss, Stich oder sonstiger stumpfer/scharfer Gewalt
- Verkehrs- und Arbeitsunfälle
- Behandlungsfehlerverdacht (nach/bei Operationen, Patienten mit venösen Zugängen oder Beatmung)
- Nicht identifizierte Leichen
- Alle Todesfälle von Kindern“ (A. Heinemann, persönliche Mitteilung, 26.10.2010)

Fakultative Indikationen, nur nach Absprache erfolgt eine CT-Untersuchung bei:

- „Fäulnisleichen
- Anthropologisch- forensischen Fragestellungen“ (A. Heinemann, persönliche Mitteilung, 26.10.2010)

2.1.1.2 Aufbau des Sektionsprotokolls einschließlich des Befundes der Computertomographie

Eine gerichtliche Sektion muss von mindestens zwei dazu berechtigten Ärzten eines Rechtsmedizinischen Institutes durchgeführt werden. Für die fachradiologische Diagnostik der Computertomographie in Hamburg im Jahre 2010 war Herr Prof. Vogel als Radiologe verantwortlich.

Das Deckblatt des Sektionsprotokolls beinhaltet Angaben zur Person (Name, Geburtsdatum, letzter Wohnort), Angaben zum Todes-/Funddatum sowie Fundort, Angaben zum Auftraggeber, Datum der Ankunft im IfR, Datum der Sektion, Namen der Obduzenten und der Zugegenen und den Namen des verantwortlichen Obduzenten. Diese Angaben finden sich auch in jedem anderen Sektionsprotokoll wieder. Das Sektionsprotokoll einschließlich des Befundes der Computertomographie unterscheidet sich durch die Angaben zur CT: Name des Radiologen und das Datum der CT-Datenerstellung. Es folgt ein kurzer Hinweis auf die der Sektion vorangegangenen PMCT und die Ergänzung der Ergebnisse der Leichenöffnung durch die Befunde der fachradiologischen Diagnostik durch Computertomographie.

Sektionsprotokollgliederung:

- A äußere Besichtigung
- B innere Besichtigung
 - I. Kopfsektion
 - II. Brust- und Bauchhöhle
 - III. Hals- und Brustorgane
 - IV. Bauchorgane
 - V. Skelettsystem und Weichteile
- C Sektionsgutachten
 - I. Sachverhalt
 - II. Befunde der computertomographischen Untersuchung
 - III. Sektionsdiagnosen
 - IV. Zusammenfassende Befundwürdigung
 - V. Todesursache
 - VI. Angaben zu den zurückbehaltenen Asservaten
- D Anlage

Das Sektionsprotokoll einschließlich des Befundes der PMCT unterscheidet sich von einem konventionellen Sektionsprotokoll durch die Einordnung der zusätzlich gewonnenen Befunde. Folgende Gliederungspunkte ergänzen das Protokoll: C II. Befunde der computertomographischen Untersuchung und C IV. Zusammenfassende Befundwürdigung.

Die Befunde der computertomographischen Untersuchung wurden unterschiedlich ausführlich durch den verantwortlichen Rechtsmediziner in das Sektionsprotokoll übernommen. Prof. Vogel gliedert sein Befundprotokoll in einen ausführlichen Teil, in dem auch alle Nebenbefunde enthalten sind, sowie in einen zusammenfassenden Teil. Es konnten entweder beide Teile oder nur ein Teil in das Sektionsprotokoll übernommen werden. Der Unterpunkt der zusammenfassenden Befundwürdigung ermöglicht eine Zusammenführung der Befunde der beiden unterschiedlichen Disziplinen sowie eine Beurteilung der Befunde durch den Rechtsmediziner.

Im Vergleich zu einem konventionellen Sektionsprotokoll werden folgende Gliederungspunkte ergänzt: C VI. Angaben zu den zurückbehaltenden Asservaten, durch die Angaben in welcher Form die PMCT-Bildrekonstruktionen beigefügt wurden und D Anlage, durch eine eventuell beigefügte Auswahl an PMCT-Bildrekonstruktionen.

2.1.2 Auswertungsmethodik

Für den ersten Teil der Auswertung wurden nur Protokolle von Hamburger Sektionen genauer betrachtet, bei denen eine gerichtliche Anordnung unter Anwendung des Indikationskatalogs zur Durchführung einer PMCT-Untersuchung vorlag. Es handelt sich demnach um erweiterte Sektionsprotokolle, die einen computertomographischen Befund enthalten. Zusätzlich zu den am Anfang des Kapitel beschriebenen allgemeinen Daten wurden Angaben zur CT-Erstellung, zur zusammenfassenden Befundwürdigung, zur Todesursache und deren Kausalität, zur Sensitivität der Todesursachenerkennung und zu vorhandenen Frakturen in die Datenbank aufgenommen. Diese Datenbank bildet die Grundlage für die Auswertung.

2.1.2.1 Zusammenfassende Befundwürdigung

Bei der Auswertung der zusammenfassenden Befundwürdigung wurden die Angaben der Rechtsmediziner in vier Kategorien eingeteilt. Die folgende Auflistung enthält eine kurz gefasste Kategoriebezeichnung, die auch in der Auswertung verwendet wird, eine Erläuterung der Kategorie sowie Beispiele aus den Sektionsprotokollen des Hamburger IfR.

Kategorien:

1. Sektion erbringt mehr Erkenntniswert (EW): Die Sektionsbefunde erbringen bei wichtigen rekonstruktiven oder todesursächlichen Umständen einen höheren Erkenntniswert als die PMCT

Beispiel 1: „Die in der Obduktion nachgewiesenen zu Lebzeiten entstandenen Blutgerinnsel in den großen Lungengefäßen sind computertomographisch schlecht von postmortal geronnenem Blut abgrenzbar und deshalb nicht beschrieben.“ (S 0891-10)

Beispiel 2: „Es fanden sich geringe Abweichungen zwischen den Sektionsergebnissen und der Röntgenschnittuntersuchung (Computertomographie). [...]. Die Raumforderung am linken Brustkorb konnte durch die Sektion nicht nachvollzogen werden. Hierbei handelt es sich möglicherweise um verdichtetes Brustdrüsengewebe – eine

Unterscheidung zwischen verschiedenen Weichgeweben gestaltet sich nach dem Tod in der computertomografischen Untersuchung als schwierig.“ (S 0235-10)

2. Kein Mehrwert formuliert: Die Befunde der PMCT entsprechen denen der nachfolgenden Sektion, doch ein zusätzlicher Erkenntniswert wird nicht gewonnen.

Beispiel 1: „Die Befunde der Sektion lassen sich mit den Befunden der computertomographischen Untersuchung in Einklang bringen.“ (S 0262-10)

Beispiel 2: „Die CT-Untersuchungen bestätigen die Sektionsbefunde - sonstige individuelle Merkmale (als Hilfe zur Identifikation, Anm. des Verf.) zeigte die CT-Untersuchung nicht.“ (S 0700-10)

3. Positiver Eindruck formuliert: Die Befunde der PMCT und Sektionsbefunde bestätigen sich gegenseitig, es ergibt sich aus Sicht des Rechtsmediziners ein positiver Eindruck.

Beispiel 1: „Die CT-Befunde sowie die Sektionsbefunde ergänzen sich gegenseitig. Beide zeigten ausgeprägte Einblutungen in die Brusthöhlen sowie zurückgesunkene Lungen bei Zustand nach notfallchirurgischer Versorgung.“ (S 0724-10)

Beispiel 2: „Die Obduktionsbefunde sowie die Befunde der vor der Obduktion durchgeführten CT-Untersuchung ergänzen sich dahingehend, dass sich zum Einen eine deutliche Dickenzunahme der linken Herzkammer zeigte, zum Anderen ein akuter Blutstau/ein Ödem der Lungen als Zeichen eines linksführenden Herztodes.“ (S 0423-10)

4. PMCT ergänzt Sektion: Ein zusätzlicher Erkenntniswert durch die PMCT-Methode ist vorhanden und die Ergebnisse der Sektion werden durch PMCT-Befunde ergänzt.

Beispiel 1: „Im vorliegenden Fall konnten durch die computertomografischen Aufnahmen weitere Erkenntnisse hinsichtlich des Geschehensablaufes und der Dynamik der erlittenen Verletzungen gewonnen werden (Stauchungsbrüche der Halswirbelkörper).“ (S 0063-10)

Beispiel 2: „Die bei der Sektion erhobenen Befunde konnten durch die computertomographischen Untersuchungen bestätigt werden. Insbesondere der Jochbeinausbruch zeigt eine von links einwirkende stumpfe Gewalteinwirkung als Ursache, der bei der Sektion nicht vollständig präpariert werden konnte.“ (S 0324-10)

2.1.2.2 Todesursache (TU) und Kausalität

Die Todesursachendiagnostik und Erkenntnisse über den kausalen Ablauf stellen einen zentralen Punkt in der Forensik dar. Der Wert des PMCT-Verfahrens für die Bestimmung der Todesursache oder deren Kausalität ist daher von großem Interesse. Deshalb wurde zusätzlich zur oben beschriebenen Auswertung der zusammenführenden Befundwürdigung das PMCT-Protokoll hinsichtlich der Todesursachenbestimmung durchgesehen. Die innere Leichenschau stellte die Referenzmethode dar.

Die PMCT-Protokolle wurden hinsichtlich der Hauptbefunde für die Todesursache und/oder der Hauptbefunde für die Kausalität ausgewertet. Dabei konnten einer, beide oder keiner der beiden Hauptbefunde zutreffen. Zudem wurden die Ergebnisse der PMCT mit denen der Sektion verglichen. Dabei wurde aufgenommen, ob die PMCT-Ergebnisse durch die Sektion falsifiziert, verifiziert, ohne Sektionsbestätigung akzeptiert wurden oder nicht in den PMCT-Ergebnissen vorhanden waren.

2.1.2.3 Sensitivität

In verschiedenen Arbeiten wurde immer wieder der Stellenwert der PMCT-Untersuchung als alleiniges Mittel zur Diagnostik der Todesursache untersucht und diskutiert (vgl. 1). Für diese Beurteilung der PMCT-Methode ist die Sensitivität ein wichtiger Parameter. Sie wurde anhand der Todesursachenbestimmung evaluiert. Unter der Sensitivität wird die Wahrscheinlichkeit verstanden, mit der die PMCT als diagnostisches Verfahren die Todesursache auch als solche identifiziert hätte. Diese wurde mit Hilfe der Einteilung in drei Gruppen beurteilt. Der ersten Gruppe wurden Fälle zugeordnet, bei denen die PMCT mit hoher Wahrscheinlichkeit die Todesursache erkannt hätte, der zweiten Gruppe die Fälle, in denen Hinweise auf die Todesursache erzielt wurden und der dritten Gruppe solche Fälle, in denen keine für die Todesursache relevanten Befunde durch die PMCT erbracht wurden. Für die Überprüfung der Übereinstimmungen der Todesursachen wurde die in der Sektion diagnostizierte Todesursache als Referenz angenommen.

In den PMCT-Protokollen ist durch den Radiologen keine endgültige Todesursache bestimmt worden. Sodass im Folgenden und in der Auswertung nur davon gesprochen werden kann, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit eine richtige positive Bestimmung der Todesursache erfolgt wäre, wenn der Radiologe zu einer endgültigen Diagnose hätte kommen müssen.

2.2 Detailauswertung der Rippenfrakturen

Die Auswahl der Fälle für den zweiten Teil der Arbeit, der die Detailauswertung der Rippenfrakturen umfasst, erfolgte auf Basis der erstellten Datenbank. Es wurden folgende Einschlusskriterien festgelegt:

- Gerichtliche, durch die StA angeordnete Sektion
- Vorhandenes erweitertes Protokoll, d.h. CT-Bilder, CT-Protokoll und Sektionsprotokoll sind vorhanden
- Mindestens eine Rippenfraktur im CT-Protokoll und/oder Sektionsprotokoll vorhanden

Diese Kriterien erfüllten 55 Sektionsfälle des IfRs, von denen jedoch ein Fall nicht für die Auswertung geeignet war und ausgeschlossen wurde. Bei diesem Fall war der Zerstörungsgrad des Thoraxes zu groß und somit eine genaue Befundung der Frakturen unmöglich.

Insgesamt wurde demnach für 54 Fälle der Frakturbefund aufgenommen. Es erfolgte eine Erhebung der Frakturen der Rippen, die nach Körperseiten getrennt betrachtet wurden. Das Vorliegen eines Frakturbefundes wurde als ein positiver Befund gewertet. Als negative Befunde wurden gesunde intakte Rippen gewertet. Lag ein positiver Rippenfrakturbefund vor, so wurden folgende Parameter zu den einzelnen Frakturen aufgenommen: Lage, Art, Häufigkeit und Entstehungszeitpunkt. Die gesammelten Daten wurden in einer Datenbank erfasst. Um später die Befunde des Radiologen (Prof. Vogel), der Rechtsmediziner des IfRs Hamburg und der CT-Zweitbefundung miteinander vergleichen zu können, wurden die Frakturbefunde aller drei Befunderhebungen erfasst. Es entstand eine Datenbank, in der zu jedem Fall 3 unabhängige Befunde aufgenommen wurden. Zunächst erfolgte die Erfassung der im PMCT-Protokoll genannten Frakturen, anschließend der im Sektionsprotokoll beschriebenen Frakturen und im letzten Schritt erfolgte im Rahmen dieser Arbeit eine Zweitbefundung der PMCT-Bildgebung der Rippen.

Die PMCT-Untersuchungen wurden mit Hilfe eines 4-Zeilen-Multislice Computertomographen „Phillips MX 8000 Quad 4“ durchgeführt. Bei der Bildaufnahme wurden unterschiedliche Modi verwendet. In einigen Fällen erfolgte zusätzlich zur Anfertigung eines Weichteilprotokolls (WP) auch die Erstellung eines hochaufgelösten Weichteilprotokolls (HWP). Die Modi unterscheiden sich in den Schichtdicken und den Pitchfaktoren (Verhältnis zwischen Tischvorschub und

Strahlkollimierung), die für die spätere Bildgüte verantwortlich sind. Ein niedriger Pitchfaktor erhöht die Bildqualität.

Tabelle 2.1: CT-Modi

<i>Modus</i>	<i>Untersuchte Region</i>	<i>Schichtdicke</i>	<i>Pitchfaktor</i>
Weichteilprotokoll (WP)	Thorax und Abdomen	3,2 mm	1,6 mm
Hochauflösendes Weichteilprotokoll (HWP)	Thoraxabschnitt/Herz	1,3 mm	0,6 mm

Die CT-Zweitbefundung erfolgte mit Hilfe des Programms OsiriX. Es wurden die Weichteilprotokolle für die Auswertung verwendet. Bei Verfügbarkeit einer hochaufgelösten Weichteil-Aufnahme wurde diese vorrangig verwendet. Dem Vorteil der besseren Bildqualität steht als Nachteil die unvollständige Erfassung des Thorax gegenüber. In der Regel liegen die Rippen 2-7 im Bildausschnitt und sind in der besseren Qualität zu beurteilen.

Für die Graustufung wurden vorrangig die Einstellungen des Knochenfensters verwendet, Fenstermitte (WL) = + 300 HU (Hounsfieldskala) und die Fensterbreite (WW) = 1500 HU, mit denen sich ein guter Kontrast zwischen Knochen und Knorpel und dem umliegenden Gewebe ergibt. Die visuelle Erhebung erfolgte meist in axial ausgerichteten Schichten. Unter Anwendung des MIP (Max Intensity Projektion) Modus 3 oder 4 konnten einige Frakturabläufe besser sichtbar gemacht werden, dabei werden 3 oder 4 axiale Schichten übereinander gelegt und gleichzeitig betrachtet. Für die Übersicht über die Frakturbefunde wurde eine 3D-Ansicht verwendet.

Die PMCT-Zweitbefundung wurde nach der Erfassung aller Frakturen noch einmal von dem erfahrenen Radiologen, Prof. Vogel, und der Zweitbefunderin kontrolliert. Dabei wurden die falsch positiven und falsch negativen Ergebnisse des Vergleiches zwischen PMCT-Erstbefund und PMCT-Zweitbefund mit besonderer Aufmerksamkeit betrachtet. Es entstand eine beidseits akzeptierte Version der PMCT-Zweitbefundung. Diese wurde dann mit den Ergebnissen der Sektion und der PMCT-Erstbefundung gegenübergestellt und mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS ausgewertet.

Als erstes erfolgte ein Vergleich der positiven und negativen Rippenfrakturbefunde. Wobei in der Gegenüberstellung der PMCT-Erstbefunde mit denen der PMCT-Zweitbefunde die Ergeb-

nisse des Zweitbefundes als Referenz herangezogen wurde. Bei der Gegenüberstellung der PMCT-Zweitbefunde mit der Sektion werden die Sektionsergebnisse als Referenz verwendet.

2.2.1 Statistische Auswertung

Für die Auswertung wurden die Rippenfrakturbefunde in folgende Gruppen eingeteilt:

1. Richtig positiv (r_p): Die Rippe ist frakturiert und wurde mit Hilfe der PMCT richtig diagnostiziert
2. Richtig negativ (r_n): Die Rippe ist nicht frakturiert und wurde mit Hilfe der PMCT richtig diagnostiziert
3. Falsch negativ (f_n): Die Rippe ist frakturiert, aber wurde mit Hilfe der PMCT fälschlicherweise als nicht frakturiert eingestuft.
4. Falsch positiv (f_p): Die Rippe ist nicht frakturiert, aber wurde mit Hilfe der PMCT fälschlicherweise als frakturiert eingestuft.

Um die relativen Häufigkeiten zu bestimmen erfolgte eine Berechnung der Sensitivität, der Spezifität und der Falschklassifikationsrate.

Sensitivität

Durch die Sensitivität wird die Empfindlichkeit einer Methode beurteilt. Sie gibt den Anteil der richtig klassifizierten Frakturbefunde an der Gesamtheit der tatsächlich positiven Befunde an.

$$P = \frac{r_p}{r_p + f_n}$$

Spezifität

Spezifität gibt den Anteil der korrekt als negativ klassifizierten Befunde (keine Fraktur) an der Gesamtheit der in Wirklichkeit negativen Befunde an.

$$P = \frac{r_n}{r_n + f_p}$$

Falschklassifikationsrate (FKR)

Ist eine Messgröße für den Fehler und gibt den Anteil der falsch klassifizierten Befunde an der Gesamtzahl aller Befunde an.

$$P = \frac{r_p + r_n}{r_p + f_p + r_n + f_n}$$

2.2.2 Rippenfrakturen

Man unterscheidet in der Rechtsmedizin sowie in der Klinik eine einfache Rippenfraktur (nur eine Rippe von einer Fraktur betroffen) von Rippenserienbrüchen (Fraktur von drei oder mehr aufeinander folgende Rippen einer Seite). Es wird eine direkte Gewalteinwirkung von einer indirekten unterschieden. Bei den direkten, traumatisch verursachten Rippenfrakturen sind meist einseitige und in geringer Anzahl auftretende Brüche zu finden. Meist sind sie das Resultat von stumpfen oder halbscharfen Gewalteinwirkungen, nur selten werden sie durch Schuss- oder Stichverletzungen verursacht. Bei den indirekten durch Kompression (Reanimation) verursachten Rippenfrakturen entstehen meist vielfache und beidseits auftretende Frakturen, meist Rippenserienbrüche. Diese sind häufig an der vorderen Axillarlinie oder paravertebral zu finden (Penning und Anslinger 2006).

2.2.3 Sektion der Rippen

Die invasiv vorgehende Sektion ist von der unmittelbaren Inaugenscheinnahme und dem manuellen Abtasten der Rippen geprägt. Die Kriterien für eine Rippenfraktur sind die unnatürliche Beweglichkeit und/oder ein positiver Befund der Kontinuitätsunterbrechung beim Abfahren der Rippen mit zwei Fingern. Schwerer zu diagnostizieren sind Frakturen im Bereich der Synchondrosen, hier sind die zuvor genannten Kriterien einer Fraktur selten wirksam. Ein anderes wichtiges Merkmal sind kleine Blutungen in das umliegende Gewebe.

Direkte, traumatisch verursachte Rippenfrakturen sind während einer Sektion meist nach außen beweglich. Anders als die nach innen hin unnatürlich beweglichen Rippenfrakturen, die durch indirekte Gewalteinwirkungen entstehen.

Das Testen der unnatürlichen Beweglichkeit kann in manchen Fällen zu Problemen führen. Gerade bei Patienten mit einem höheren Lebensalter nimmt die Bruchfestigkeit der Knochen ab und zudem steigt die Wahrscheinlichkeit, dass es durch Osteoporose zu Veränderungsprozessen des Knochens kommt. Aus diesen Gründen kann es schneller zu Frakturen zu Lebzeiten

aber auch postmortem kommen. Letzteres kann z.B. durch das sektionsbedingten Öffnen des Brustkorbes oder dem Test der freien Beweglichkeit verursacht werden.

2.2.4 Rippenfrakturen im CT

Bei der Diagnostik von Rippenfrakturen mit Hilfe der CT wird nach Hinweisen für eine Kontinuitätsunterbrechung gesucht (vgl. Abbildung 2.1). Dabei spielen Unterbrechungen der Kortikalis oder Dislokationen eine entscheidende Rolle. Die teilweise vorhandenen Unterblutungen der Frakturen, die in der Sektion als Frakturhinweis dienen, sind in der PMCT nicht sichtbar.

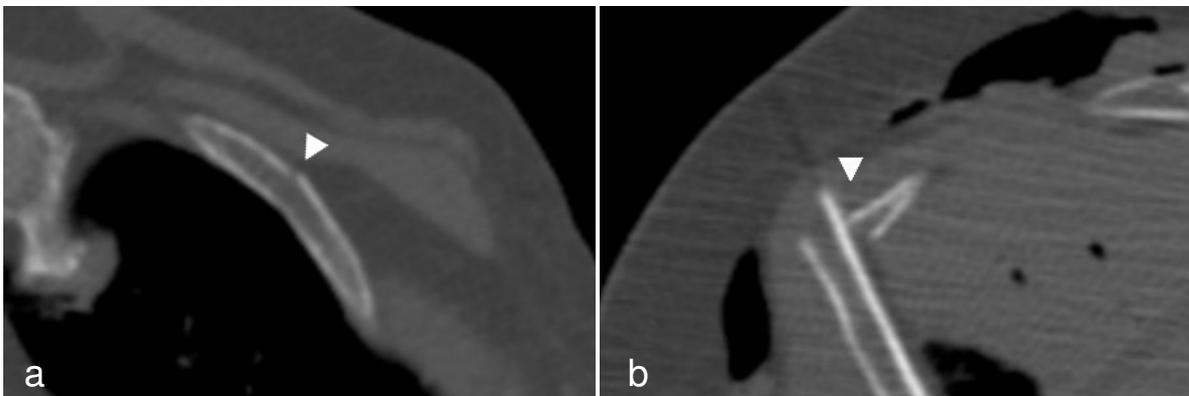


Abbildung 2.1: Kontinuitätsunterbrechung a: Bildausschnitt mit einer Kortikalisunterbrechung der linken 5. Rippe, Bildinformationen: HWP (1,3mm/0,6mm), Knochenfenster, b: Bildausschnitt mit einer Dislokation der rechten 5. Rippe, Bildinformationen: HWP (1,3mm/0,6mm), Knochenfenster

2.2.5 Klassifikation der Rippenfrakturen

Häufigkeit (Anzahl der Fragmente)

- Einfache Fraktur, radiologisch ist ein Frakturspalt zu erkennen
- Mehrfragmentfraktur, Rippenfraktur mit zwei bis sechs Fragmenten
- Trümmerfrakturen, Rippenfrakturen mit mehr als sechs Fragmenten

In der PMCT-Zweitbefundung sind Trümmerfrakturen von Mehrfragmentfrakturen unterschieden und getrennt aufgenommen worden. Da diese Unterscheidung bei der Sektion und bei der PMCT-Erstbefundung nicht berücksichtigt wurde, werden in der Auswertung beide Klassifikationen zusammengefasst und unter dem Begriff der Mehrfragmentfrakturen geführt.

Lokalisation der Fraktur

Für die Auswertung wurden die Rippen in sechs Abschnitte unterteilt. Da weder im Sektionsprotokoll noch im PMCT-Erstbefundbericht eine einheitliche Methodik für die Befundung verwendet wurde wird nachstehend aufgeführt, was den 6 Abschnitten an Begriffen zugeordnet wurde.

- Knorpel: Knorpeliger Anteil der Rippe (Cartilago costalis)
- Knochenknorpelübergang (KKÜ): Umkreis des Knochenknorpelübergangs und die Bezeichnung Medioklavikularlinie bei der 5.-8. Rippe
- anteriorer Abschnitt: Bezeichnungen wie vordere Axillarlinie und Medioklavikularlinie der 1.-4. Rippe
- Lateraler Abschnitt: mittlere Axillarlinie
- Posteriorer Abschnitt: hintere Axillarlinie
- Paravertebraler Abschnitt

Eine Sonderstellung nimmt der Abschnitt des Knochenknorpelüberganges ein, da er seine Position von medial nach lateral bei aufsteigender Rippennummer ändert. Auch weisen die unteren Rippen keinen anterioren Bereich mehr auf.

Bei Mehrfragmentfrakturen ergeben sich Befunde in unterschiedlichen Lokalisationsabschnitten. Diese wurden nach folgender Konvention aufgenommen: von anterior nach posterior. D.h. bei einer zweifach frakturierten Rippe an dem KKÜ und im posterioren Abschnitt wurde „KKÜ + posterior“ dokumentiert. Bei einer mehrfachen Fraktur in einem Abschnitt wurde nur eine Lokalisationsangabe gemacht.

Art der Kontinuitätsunterbrechung

Morphologisch lassen sich Frakturen in vollständige und unvollständige Frakturen klassifizieren.

- vollständige Fraktur: komplette Diskontinuität der Rippe mit Fragmentbildung, im CT sind beide gegenüberliegenden, innere und äußere Kortikalen von dem Bruch betroffen (vgl. Abbildung 2.2)

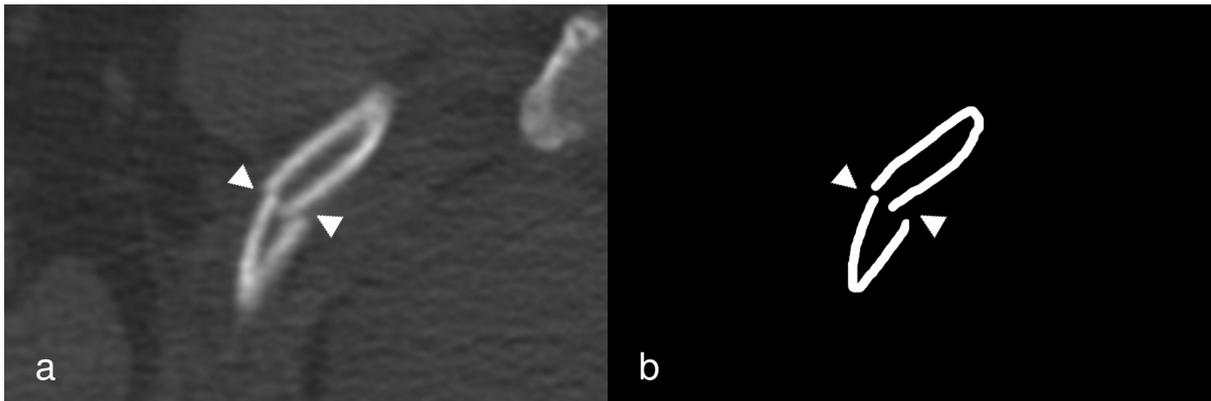


Abbildung 2.2: Vollständige Fraktur PMCT-Bildausschnitt: vollständige Fraktur der rechten 2. Rippe im anterioren Abschnitt, Bildinformationen: HWP (1,3mm/0,6mm), Knochenfenster, a: Original, b: schematisch

- Unvollständige Fraktur, nicht komplette Unterbrechung der Kortikalis, im CT als einseitige Trennung der kortikalen Struktur zu erkennen (vgl. Abbildung 2.3)

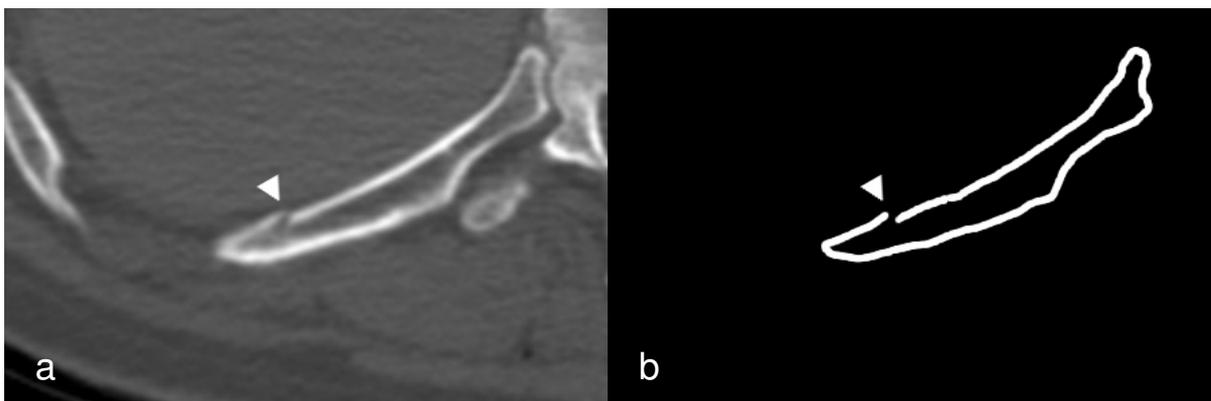


Abbildung 2.3: Unvollständige Fraktur PMCT-Bildausschnitt: unvollständige Fraktur der rechten 9. Rippe im posterioren Abschnitt, Bildinformationen: WP (3,2mm/1,6mm), Knochenfenster, a: Original, b: schematisch

- Achsenabweichungen/-knickungen (so genannte „buckle rib fracture“): gehört zu den unvollständigen Frakturen, sie entstehen bei starken Druckeinwirkungen auf die Rippe und zeigen charakteristische Biegungen oder Knickungen der inneren Kortikalis mit fehlender Kontinuitätsunterbrechung. Abbildung 2.4 zeigt beispielhaft, wie eine Achsenabweichung/-knickung durch die PMCT dargestellt wird.

Achsenabweichungen/-knickungen sind radiologisch bei einem einfachen Röntgenbild nicht visualisierbar, jedoch mit Hilfe der CT. Da sowohl in der Klinik als auch in der Forensik zur Rippenbruchdiagnostik lange Zeit einfache Röntgenbilder verwendet wurden, sind Achsenabweichung/-knickung der Rippen nur wenig beschrieben (Yang et al. 2011).

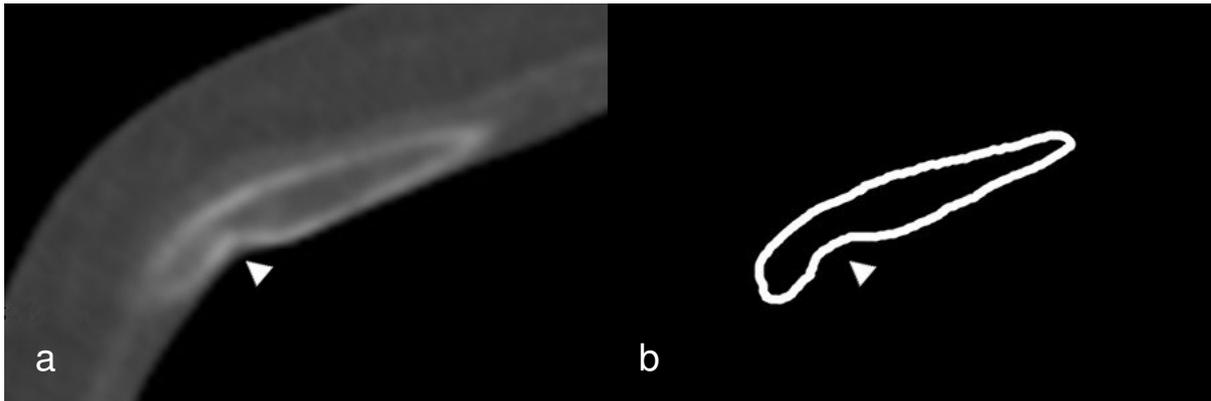


Abbildung 2.4: Achsenabweichung PMCT-Bildausschnitt: Achsenabweichung der rechten 4. Rippe im anterioren Abschnitt, Bildinformationen: HWP (1,3mm/0,6mm), Knochenfenster, a: Original, b: schematisch

Entstehungszeitpunkt der Fraktur

- Neue Frakturen: in unmittelbarer zeitlicher Nähe zum Todzeitpunkt traumatisch oder reanimationsbedingt gebrochene Rippen
- Alte Frakturen: unabhängig vom Tod entstandene Frakturen, deren Entstehung zeitlich zurückliegt. Diese sind durch die bei der indirekten Frakturheilung entstehende Kallusbildung radiologisch sichtbar oder bei der Sektion ertastbar. Den radiologischen Unterschied veranschaulicht Abbildung 2.5. Die Knochenheilung ist ein körpereigener Prozess, der nur im lebenden Organismus abläuft.

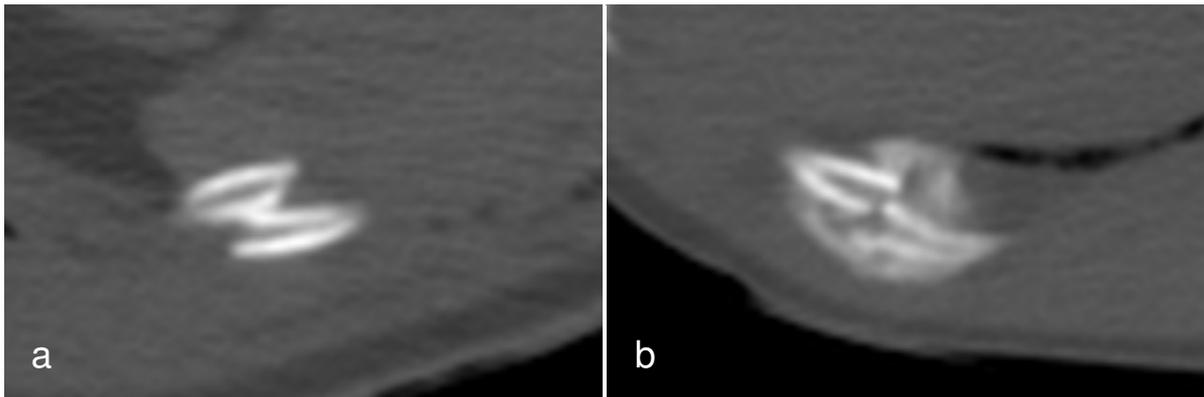


Abbildung 2.5: Entstehungszeitpunkt der Fraktur *a: PMCT-Bildausschnitt: neue Fraktur der linken 11. Rippe, Bildinformationen: WP (3,2mm/1,6mm), Knochenfenster, b: PMCT-Bildausschnitt: alte Fraktur der rechten 10. Rippe mit Kallusbildung, Bildinformationen: WP (3,2mm/1,6mm), Knochenfenster*

2.3 Einordnung der Ergebnisse in den wissenschaftlichen Kontext

2009 ist eine zusammenfassende Studie zum Wert der PMCT bei Trauma-Opfern erschienen (Scholing et al. 2009). Für die Einordnung dieser Arbeit wurde eine systematische Literaturrecherche in den medizinischen Datenbanken Pubmed und EMBASE durchgeführt, um die vorhandenen Ergebnisse der Studie von Scholing zu ergänzen und zu aktualisieren. Eingeschlossen wurden Studien in denen alle folgenden Punkte enthalten oder erfüllt waren:

1. Integrierte PMCT-Untersuchung
2. Durchführung einer Sektion als Referenz
3. Bestimmung der Todesursache oder größeren Verletzungen
4. Leichen mit traumatischen Todesursachen
5. Studien mit mehr als einer Leiche.

Die letzte Suche ist im Mai 2012 durchgeführt worden.

3 Ergebnisse

3.1 Allgemeine Ergebnisse

2010 führte das Institut für Rechtsmedizin (IfR) der Universität Hamburg 948 klinische und rechtsmedizinische Sektionen durch, von denen 941 Sektionen in der Datenbank erfasst wurden. Die untersuchten Verstorbenen waren zu 66 % männlich (Anzahl = 620) und zu 34 % weiblich (Anzahl = 321). Ihr Alter betrug zum Zeitpunkt des Todes im Durchschnitt 60 Jahre (minimales Alter 0 und maximales Alter 100).

3.1.1 Auftraggeber, Gerichtliche Sektionen und durchgeführte PMCT

Von der Gesamtanzahl der im Jahre 2010 (Anzahl = 941) durchgeführten Sektionen waren 586 Sektionen aus Hamburg, die restlichen 355 Sektionen wurden meist (Anzahl = 297) von auswärtigen Staatsanwaltschaften an das IfR in Auftrag gegeben (Abbildung 3.1). Zu diesen auswärtigen Staatsanwaltschaften zählten Bremen, Bremerhaven, Itzehoe, Lüneburg, Stade und Verden. Insgesamt wurden 614 der durchgeführten Sektionen von den Staatsanwaltschaften angeordnet, sind also so genannte gerichtliche oder auch rechtsmedizinische Sektionen.

Wie in Abbildung 3.1 zu sehen, waren von den 586 Hamburger Sektionen 317 gerichtliche Sektionen. Die Anzahl der nicht gerichtlichen Sektionen, die in Hamburg beauftragt wurden, betrug 269. Darin enthalten sind zum großen Anteil klinische Sektionen aber auch sozialrechtliche Obduktionen gemäß Sozialgesetzbuch VII, Privatsektionen und Sektionen gemäß Feuerbestattungsgesetz.

Die Anzahl der auswärtigen klinischen Sektionen betrug 58. Dieses waren zum großen Teil Sektionen, bei denen der Tod als Langzeitfolge von gesundheitsschädlichen Arbeitsbedingungen zu Lebzeiten untersucht werden sollte.

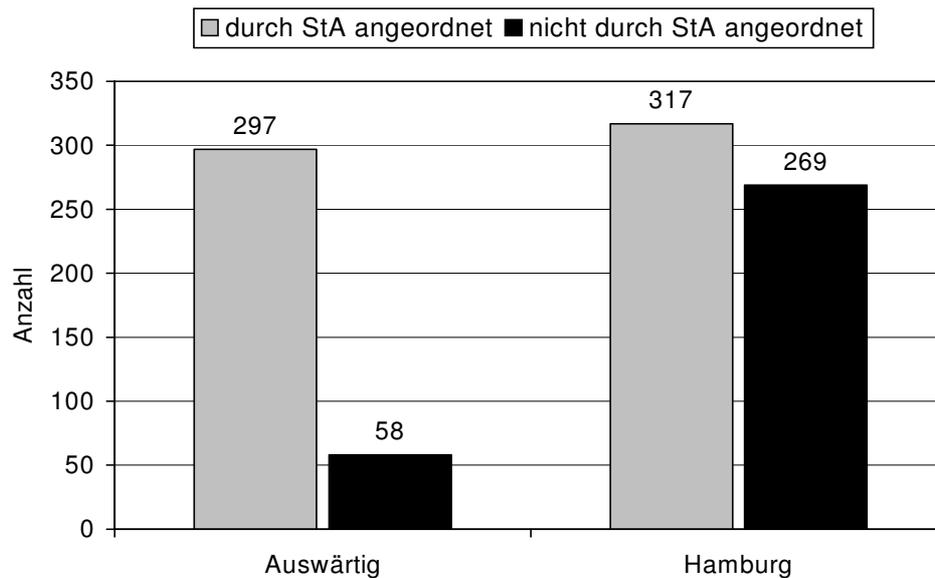


Abbildung 3.1: Gerichtliche Sektionen Anzahl gerichtlichen Sektionen dem Auftraggeber zugeordnet, StA = Staatsanwaltschaft

Es folgt die Auswertung der gerichtlichen Sektionen (Anzahl = 614), bei denen unter Anwendung des neu erstellten Indikationskatalogs eine PMCT-Untersuchung durchgeführt wurde. Bei diesen Fällen fertigte der Obduzent ein erweitertes Protokoll an, in das die Befunde und Ergebnisse der PMCT integriert wurden. Von den auswärtigen gerichtlichen Sektionen (Anzahl = 297) wurden 29 bildgebend mittels PMCT erfasst. Für die 317 Hamburger gerichtlichen Sektionen wurde in 134 der Fälle eine Tomographie angeordnet (Abbildung 3.2). Das bedeutet, dass bei 42 % der Hamburger Fälle eine von der Staatsanwaltschaft angeordnete zusätzliche noninvasive Untersuchung durchgeführt wurde.

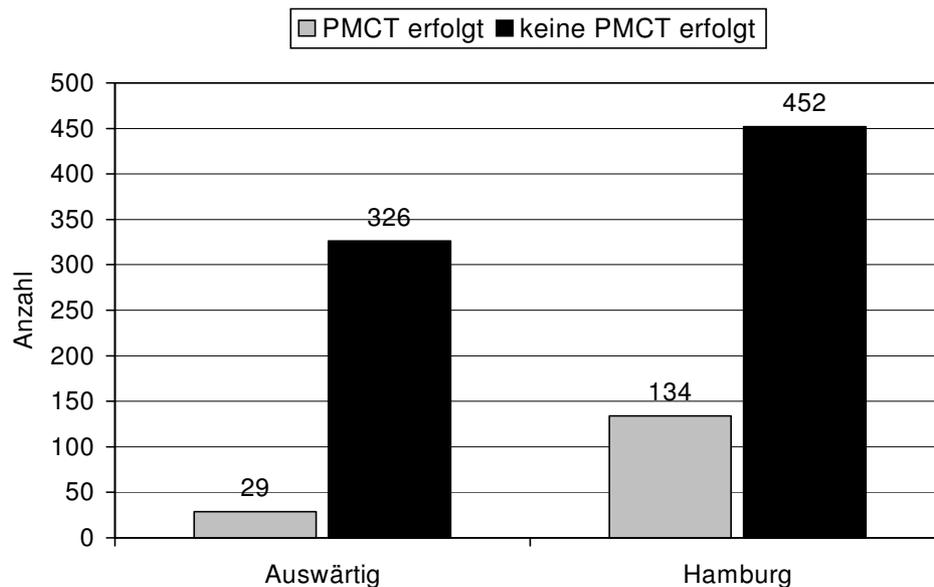


Abbildung 3.2: PMCT-Untersuchungen Anzahl der erfolgten und nicht erfolgten PMCT-Untersuchungen bezogen auf den Auftraggeber

Die Anwendung der PMCT vor der invasiven inneren Leichenschau beschränkte sich im beobachteten Zeitraum nicht nur auf die von der Staatsanwaltschaft angeordneten Untersuchungen, sondern wurde bei insgesamt 362 der 941 Fällen durchgeführt. Jedoch fanden die Befunde keine hervorgehobene schriftliche Erwähnung im Sektionsprotokoll. Dies machte sie für die Beurteilung des durch die Bildgebung erreichten inhaltlichen Mehrwertes untauglich, weshalb diese Fälle in der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt wurden. Das bildgebende Verfahren fand Anwendung bei 243 gerichtlichen Sektionen (Auftraggeber: Hamburg = 200, Auswärtig = 43) und bei der Anzahl von 119 nicht von der Staatsanwaltschaft angeordneten Sektionen (Auftraggeber: Hamburg = 117, Auswärtig = 2).

Von den 200 gerichtlichen Hamburger Sektionen wurde in 66 Fällen keine PMCT angeordnet und demnach auch kein Sektionsprotokoll einschließlich des Befundes der Computertomographie angefertigt (Abbildung 3.3). Für die von auswärtigen StA angeordneten gerichtlichen Sektionen trifft das für 18 der 43 Fälle zu (Abbildung 3.4).

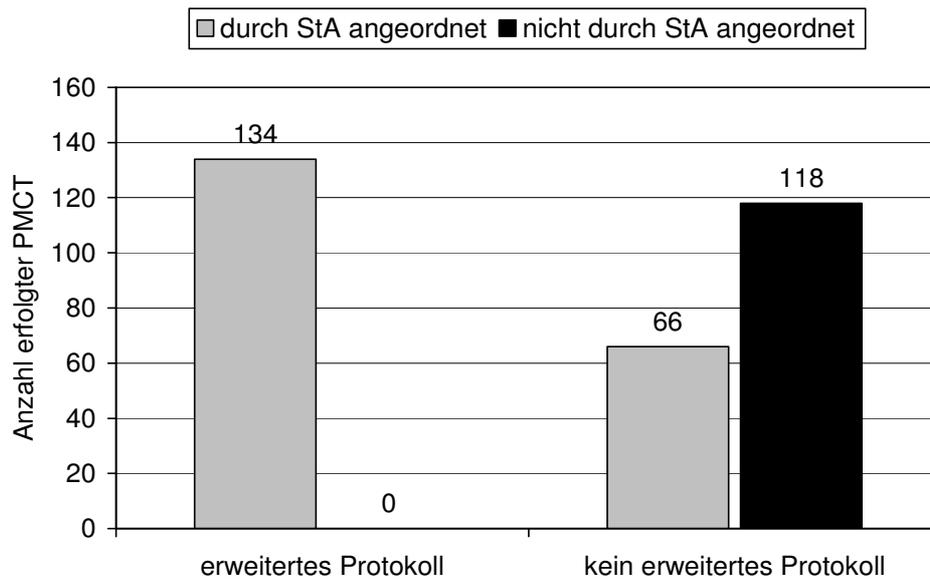


Abbildung 3.3: Anwendung der PMCT (Hamburg) Anzahl der erfolgten PMCT-Untersuchungen mit und ohne Anordnung durch die Hamburger StA und die Ausführlichkeit des Protokolls, StA = Staatsanwaltschaft

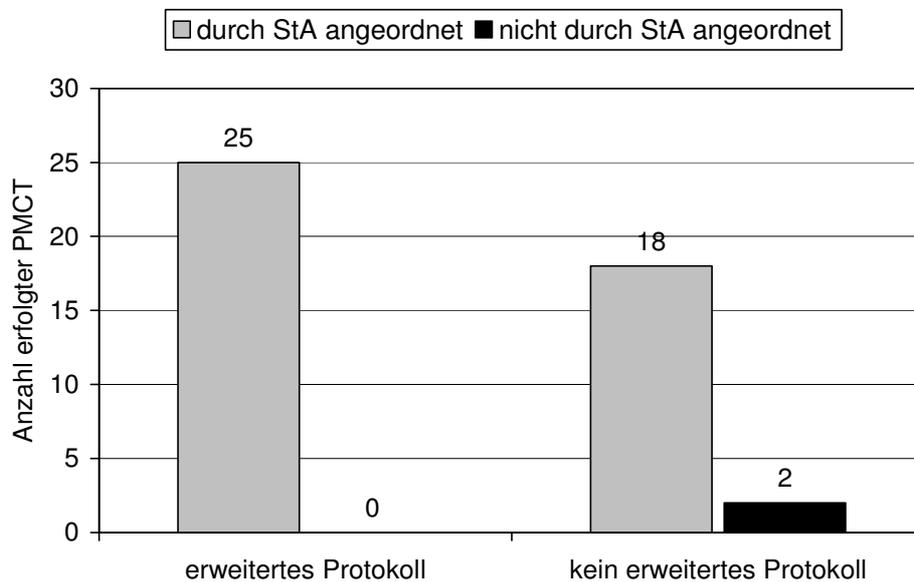


Abbildung 3.4: Anwendung der PMCT (Auswärtig) Anzahl der erfolgten PMCT-Untersuchungen mit und ohne Anordnung durch auswärtige StA und die Ausführlichkeit des Protokolls, StA = Staatsanwaltschaft

3.2 Ergebnisse zur Auswertung des sich durch PMCT für den Sektionsbefund ergebenden Mehrwertes

3.2.1 Allgemeine Ergebnisse

Die Hamburger Staatsanwaltschaft beauftragte 2010 unter Anwendung des neuen Indikationskatalogs insgesamt 134 Sektionen, bei denen eine PMCT-Untersuchung durchgeführt wurde. Bezogen auf die Gesamtanzahl von 941 Obduktionen im IfR wurden demnach 14 % der Sektionsprotokolle mit dem zusätzlichen Befund der Computertomographie angefertigt, es handelt sich dabei also um erweiterte Protokolle.

Von den 134 Sezierten sind 69 % (Anzahl = 93) männlich und 31% (Anzahl = 41) weiblich. Das Durchschnittsalter der radiologisch untersuchten und obduzierten Verstorbenen beträgt 55 Jahre (Minimum 0 und Maximum 93 Jahre).

Die unterschiedlichen forensischen Indikationen teilen die 134 Verstorbenen in folgende Gruppen auf: Verdacht auf einen Behandlungsfehler in 40 Fällen, 3 Fäulnisleichen, 6 nicht identifizierte Leichen, 8 Todesfälle von Kindern, 40 Tötungsdelikte/Suizide durch Schuss, Stich oder sonstige stumpfe/scharfe Gewalt und 37 Verkehrs- und Arbeitsunfälle (Abbildung 3.5).

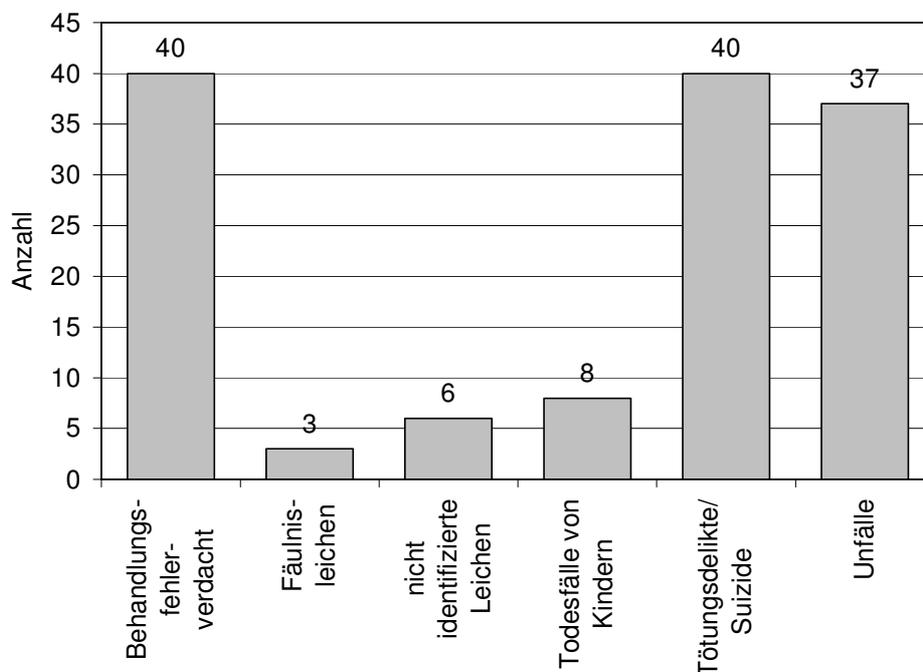


Abbildung 3.5: Indikationsgruppenzuordnung

3.2.2 PMCT-Untersuchung

Bei 97 % der 134 Sektionen mit einer PMCT-Untersuchung wurde der ganze Körper der Leichen computertomographisch erfasst.

In 9 % (Anzahl = 12) der Fälle wurde im Zeitraum vor Eintritt des Todes ein bildgebendes Verfahren angewandt, bei dem als zusätzliche Diagnostik oral oder intravenös Kontrastmittel verabreicht wurde. Reste der röntgenologisch sichtbaren Substanzen waren auch postmortem mittels CT zu erkennen, sie befanden sich in folgenden Strukturen: Harnblase, Niere, Gallenblase, Herz, Gefäße, Hirngefäße und Magen-Darm-Trakt.

3.2.3 PMCT-Befunde im Sektionsprotokoll

Das vom Radiologen angefertigte PMCT-Befundprotokoll wurde durch den verantwortlichen Obduzenten in unterschiedlich ausführlicher Form ins Sektionsprotokoll übernommen. Die erstellten PMCT-Befunde enthielten neben den Daten des Verstorbenen einen umfangreichen Bericht zu den Befunden der einzelnen Körperregionen und am Ende eine kurze Zusammenfassung mit Hinweis auf einzelne wichtige Befunde. Bei 14 % (Anzahl = 18) der Protokolle wurde der umfangreiche Bericht übernommen, 22 % (Anzahl = 30) enthielten den gesamten CT-Befund (Bericht einschließlich Zusammenfassung), 61 % (Anzahl = 82) enthielten nur die Zusammenfassung und bei 3 % (Anzahl = 4) wurde nichts von den PMCT-Befunden des Radiologen ins Sektionsprotokoll eingefügt (Abbildung 3.6).

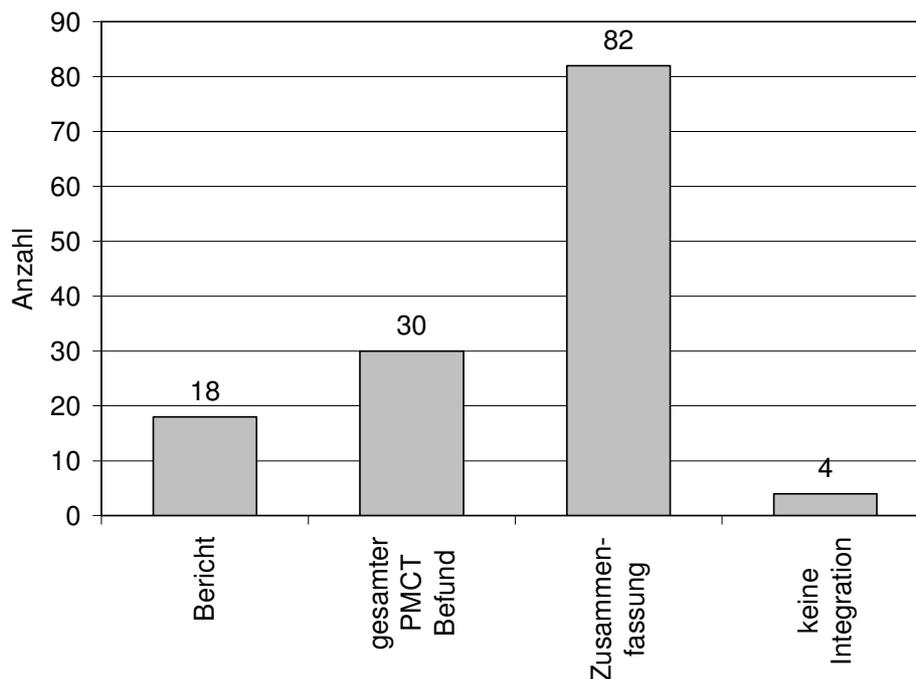


Abbildung 3.6: Integration der PMCT-Befunde im Sektionsprotokoll bei erfolgter PMCT-Untersuchung

3.2.4 Auswertung der zusammenfassenden Befundwürdigung

Wie schon in Kapitel 2.1.1.2 beschrieben, wurde im erweiterten Protokoll ein zusätzlicher Abschnitt der zusammenfassenden Befundwürdigung eingeplant, in dem der Rechtsmediziner die Befunde der beiden Disziplinen zusammenführen und seine Meinung zu den Befunden niederschreiben kann. Für die Ergebnisse des folgenden Abschnitts wurden die zusammenfassenden Befundwürdigungen ausgewertet. In 70 % (Anzahl = 94) der Sektionsprotokolle wurde die Möglichkeit des Zusammenführens der Sektions- und PMCT-Befunde wahrgenommen und in 30 % (Anzahl = 40) nicht.

Auf die Befunde der PMCT wurde in 89 Fällen der zusammenfassenden Befundwürdigungen eingegangen, bezogen auf die Gesamtzahl von 94 Fällen in denen ein solcher Abschnitt im Protokoll vorhanden war, entspricht das 95 %. In den restlichen 5 % war eine Befundwürdigung verfasst, es wurde jedoch nicht auf die PMCT-Befunde verwiesen oder eingegangen.

Die Zuordnung des verfassten Erkenntniswerts erfolgte nach der in Kapitel 2.1 an Beispielen erläuterten Einteilung in 4 Kategorien. In den 89 Sektionsprotokollen bei denen die PMCT- und Sektionsbefunde zusammenführend gewürdigt wurden, formulierte der Obduzent bei 7 % (Anzahl = 6) überhaupt keinen Mehrwert der PMCT, da wichtige Erkenntnisse nur durch die Sektion gewonnen werden konnten. Bei 22 % (Anzahl = 20) wurde kein Mehrwert durch die

PMCT-Ergebnisse beschrieben aber eine Verifizierung der durch die invasive Untersuchung gewonnenen Befunde (vgl. Abbildung 3.7). In 33 % (Anzahl = 29) äußerte sich der Obduzent positiv zu den PMCT-Befunden, die in manchen Fällen die Sektion vereinfachten oder beschleunigten, aber bezogen auf die Erkenntnisse keinen Mehrwert erbrachten. Bei dem größten Anteil von 38 % (Anzahl = 34) beschrieben die Protokollverfasser die Ergänzung der Sektionsergebnisse durch die PMCT-Befunde, also einen Mehrwert des zusätzlichen diagnostischen Verfahrens.

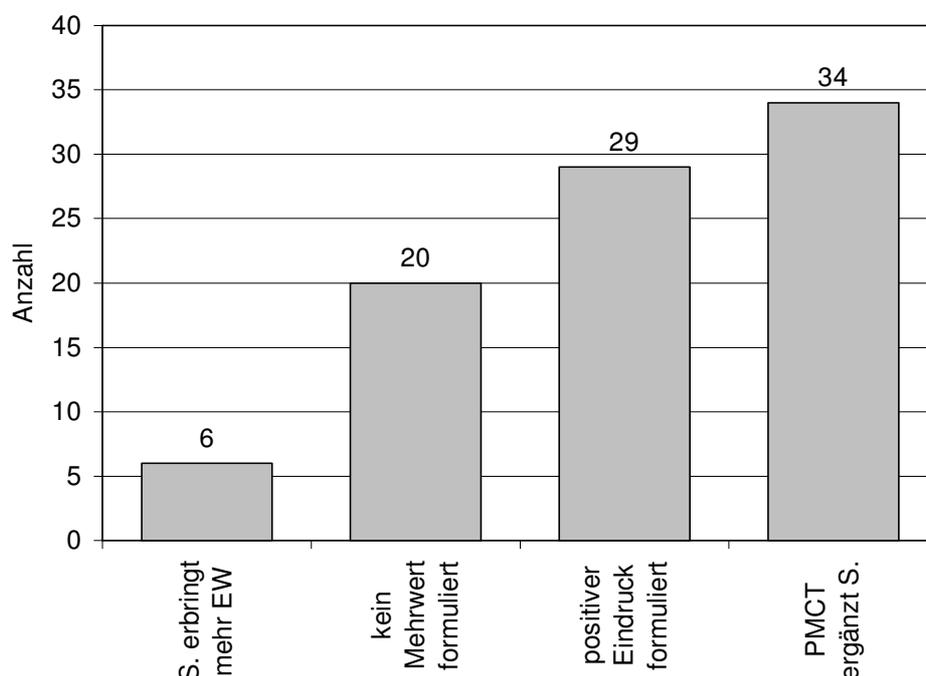


Abbildung 3.7: Erkenntniswert In der zusammenfassenden Befundwürdigung formulierter Erkenntniswert, EW = Erkenntniswert, S. = Sektion

Im Folgenden wird der verfasste Erkenntniswert der PMCT in Bezug auf die Indikationsgruppen ausgewertet (Tabelle 3.1).

Bei den Behandlungsfehlerverdachtsfällen ($n = 28$) ergab sich in 4 Fällen mehr Erkenntniswert durch die Sektion als mit Hilfe der PMCT, in 6 Fällen bestätigten sich die Befunde, in 8 Fällen wurde zusätzlich zur gegenseitigen Bestätigung ein positiver Eindruck notiert und in 10 Fällen erfolgte die Ergänzung durch die PMCT.

Bei der Gruppe der Fäulnisleichen ($n = 3$) wurden in einem Fall der Befund bestätigt und kein Mehrwert formuliert, in einem Fall wurde zusätzlich zur gegenseitigen Bestätigung ein positiver

Eindruck notiert und in einem weiteren Falle eine Ergänzung der Sektionsergebnisse durch die PMCT beschrieben. Die PMCT gab in allen Fällen mindestens den Inhalt der invasiven Sektion wieder.

Bei den nicht identifizierten Leichen ($n = 4$) ergab die Auswertung des Verfassten folgende Verteilung: in einem Fall wurde der Befund bestätigt und kein Mehrwert formuliert, in 2 Fällen wurde zusätzlich zur gegenseitigen Bestätigung ein positiver Eindruck beschrieben und in einem weiteren Fall eine Ergänzung der Sektionsergebnisse durch die PMCT formuliert. Auch hier wurde in keinem Fall der Erkenntniswert der Sektion über dem der PMCT festgehalten.

In Bezug auf die 4. Gruppe, die die Todesfälle von Kindern beinhaltet ($n = 4$), wurde in einem Fall eine Bestätigung und kein zu erkennender Mehrwert beschrieben, in 2 Fällen eine Bestätigung und ein positiver Eindruck formuliert und in einem Fall eine Ergänzung durch die PMCT beschrieben. In keinem Fall wurde der Erkenntniswert der Sektion größer eingeschätzt als der der PMCT.

Bei der Gruppe der Tötungsdelikte/Suizide ($n = 24$) wurden in einem Fall der Erkenntniswert der Sektion höher eingeschätzt, in 4 Fällen die Befunde bestätigt und kein Mehrwert formuliert, in 10 Fällen wurde zusätzlich zur gegenseitigen Bestätigung ein positiver Eindruck notiert und in 9 Fällen eine Ergänzung der Sektionsergebnisse durch die PMCT beschrieben.

In der Gruppe der Unfälle ($n = 26$) verteilten sich die Eindrücke der Obduzenten wie folgt auf die vier Erkenntniswertgruppen: in einem Fall ergab die Sektion einen höheren Erkenntniswert als die PMCT, in 7 Fällen bestätigten sich die Befunde und es wurde kein Mehrwert formuliert, in 6 Fällen bestätigten sich die Befunde und es entstand ein positiver Eindruck und in 12 Fällen erfolgte eine Ergänzung der Ergebnisse der Sektion durch die PMCT.

Tabelle 3.1: Erkenntniswert der Indikationsgruppen In der zusammenfassenden Befundwürdigung formulierter Erkenntniswert der einzelnen Indikationsgruppen, EW = Erkenntniswert

<i>Indikationsgruppe</i>	<i>Anzahl des verfassten Erkenntniswerts</i>				<i>Summe</i>
	<i>Sektion erbringt mehr EW</i>	<i>kein Mehrwert formuliert</i>	<i>positiver Eindruck formuliert</i>	<i>PMCT ergänzt Sektion</i>	
Behandlungsfehlerverdacht	4	6	8	10	28
Fäulnisleichen	-	1	1	1	3
Nicht identifizierte Leichen	-	1	2	1	4
Todesfälle von Kinder	-	1	2	1	4
Tötungsdelikte/Suizide	1	4	10	9	24
Unfälle	1	7	6	12	26
<i>Summe</i>	6	20	29	34	89

Wie schon in der Einleitung (vgl. 1) beschrieben, lassen sich einige Befunde besser mit Hilfe der PMCT diagnostizieren als durch die Sektion. Im Folgenden werden Befunde aufgeführt, die nicht durch die Sektion bestätigt wurden und die der Rechtsmediziner in der zusammenführenden Befundwürdigung dokumentiert hat.

Bei 33 Fällen wurde ein falsch positiver Befund ohne eine konkrete Bestätigung durch die Sektion aus den Ergebnissen der PMCT ins Sektionsprotokoll übernommen. Es handelte sich dabei sowohl um Befunde, die wichtig für die Todesursachenbestimmung sind, als auch um nicht todesursächliche Nebenbefunde, wie z.B. in präparatorisch schwer zugänglichen Bereichen. Wie in Abbildung 3.8 dargestellt, wurden in folgender prozentualer Verteilung falsch positive PMCT-Befunde akzeptiert und in das Protokoll eingefügt: 7 % Gasansammlungen, 4 % Hirnbefunde, 11 % Frakturen, 1,5 % Fremdkörper innerhalb der Verstorbenen, 0,75 % Metastasen und 0,75 % sonstige skelettale Veränderungen. Bei 75 % der Sektionsprotokolle erfolgte keine Übernahme von falsch positiven PMCT-Befunden.

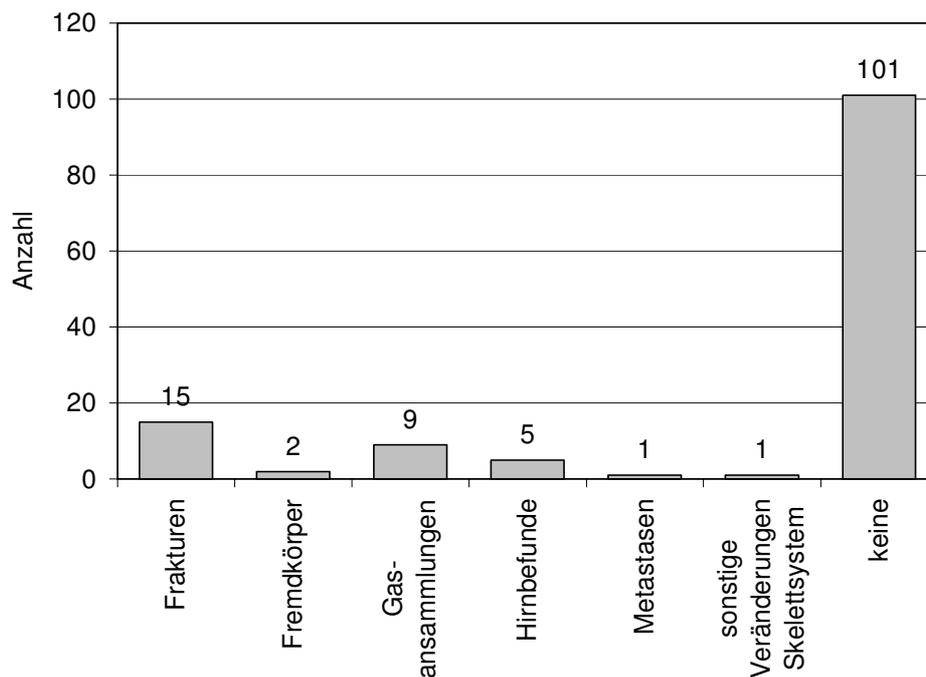


Abbildung 3.8: Akzeptierte PMCT-Befunde Anzahl und Art der PMCT-Befunde, die als Fakt in das Sektionsprotokoll übernommen wurden

3.2.5 Todesursache und Kausalität

Die Diagnose der Todesursachen oder der rekonstruktiven Umstände sind die entscheidenden Aufgaben der Obduktion. Im folgenden Teil wurde die Relevanz der PMCT-Ergebnisse in Bezug auf die Todesursachenbestimmung ausgewertet. Dabei wurden sowohl Todesursachenbefunde als auch PMCT-Befunde mit Bedeutung für die Rekonstruktion oder die Kausalität betrachtet.

Bei der Bewertung der Ergebnisse für die Fälle, in denen durch die PMCT keine Hinweise auf die Todesursache gegeben wurden, sollte beachtet werden, dass in 13 dieser Fälle auch die invasive Sektion keine Hinweise auf die Todesursache ergab (vgl. Tabelle 3.3).

Der Hauptbefund für die Todesursache wurde in 30 % (Anzahl = 40, von 134) der Fälle mittels PMCT durch den Radiologen erkannt und dokumentiert. Dieses Ergebnis zeigt umgekehrt, dass bei 70 % (Anzahl = 94) der Fälle keine Todesursachenbestimmung mit Hilfe des PMCT möglich war. In 63 % (Anzahl = 85) der Fälle wurden mittels des PMCT Erkenntnisse zur Kausalität gewonnen.

Durch die Kombination der Hauptbefunde für Todesursache und Kausalität, wie in Tabelle 3.2 dargestellt, ergaben sich folgende Zusammenhänge: beide Hauptbefunde waren in 23 % (Anzahl = 31) der Fälle in den PMCT-Ergebnissen vorhanden. In 7 % (Anzahl = 9) der Fälle

wurde nur der Befund der Todesursache festgehalten und in 40 % (Anzahl = 54) nur die Befunde für die Kausalität. In 29 % (Anzahl = 39) der Sektionen erbrachte die PMCT keine Ergebnisse zu der Todesursache und/oder der Kausalität.

Dabei ist zu beachten, dass bei 13 (der Gesamtanzahl von 134) Fällen auch durch die Sektion keine eindeutige Todesursache diagnostiziert werden konnte.

Tabelle 3.2: PMCT-Ergebnisse *Auswertung der PMCT-Ergebnisse nach vorhandenen Hauptbefunden für Todesursache (TU) und für Kausalität*

<i>Hauptbefunde für TU vorhanden</i>	<i>Hauptbefunde für Kausalität vorhanden</i>	<i>Summe</i>
ja	ja	31
	nein	9
nein	ja	54
	nein	39
n. v.	n. v.	1
<i>Gesamtergebnis</i>		134

In einer weiteren Auswertung wurden die PMCT-Ergebnisse mit denen der Sektion verglichen. Dabei wurden die Ergebnisse der Sektion als Referenz herangezogen. In 69 % der Fälle (Anzahl = 92) fand eine Verifizierung der PMCT-Ergebnisse hinsichtlich Todesursache oder rekonstruktiver Umstände statt. Bei 27 % (Anzahl = 37) enthielt der PMCT-Befund keine rekonstruktiven Ergebnisse oder Todesursachen. Zu 1,5 % (Anzahl = 2) wurden die PMCT-Ergebnisse durch die nachfolgende Sektion falsifiziert. In 1,5 % (Anzahl = 2) der Fälle wurden die PMCT-Ergebnisse ohne konkrete Sektionsbestätigung in das Sektionsprotokoll übernommen. Bei 1 % (Anzahl = 1) war kein PMCT-Befund vorhanden.

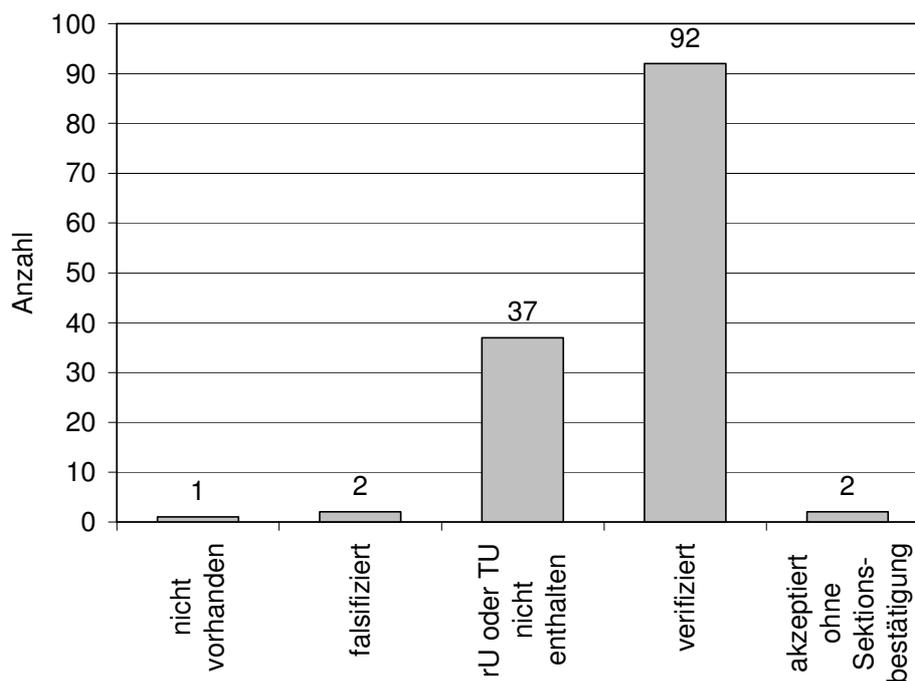


Abbildung 3.9: Validierung des PMCT-Ergebnisbefundes durch die Sektion *rU = rekonstruktive Umstände, TU = Todesursache*

3.2.6 Sensitivität

Für die Beurteilung der PMCT-Methode ist unter anderem die Sensitivität, mit der Befunde erkannt werden, ein wichtiger Parameter.

Bei den 134 kombinierten Sektionen des IfR hätte mit hoher Wahrscheinlichkeit in 40 Fällen die Todesursache allein mit Hilfe der PMCT und der Beurteilung des Radiologen diagnostiziert werden können.

In 53 Fällen gab die PMCT wichtige Hinweise auf die Todesursache. Beispielsweise erfolgte bei der Todesursache „Verbluten“ der Hinweis auf große Flüssigkeitsansammlungen mit dem Dichtewert von Blut (Ergüsse) neben dem Verdacht einer Organruptur oder auch der Hinweis auf kollabierte große Gefäße. Im Falle einer Herzinsuffizienz wurde in der PMCT auf eine auffällige Herzvergrößerung hingewiesen.

Keine Informationen zur TU ergaben sich in 41 Fällen. Wie schon in 3.2.5 ist auch in diesem Abschnitt zu beachten, dass in 13 Fällen die Todesursache auch durch die invasive Sektion nicht bestimmt werden konnte.

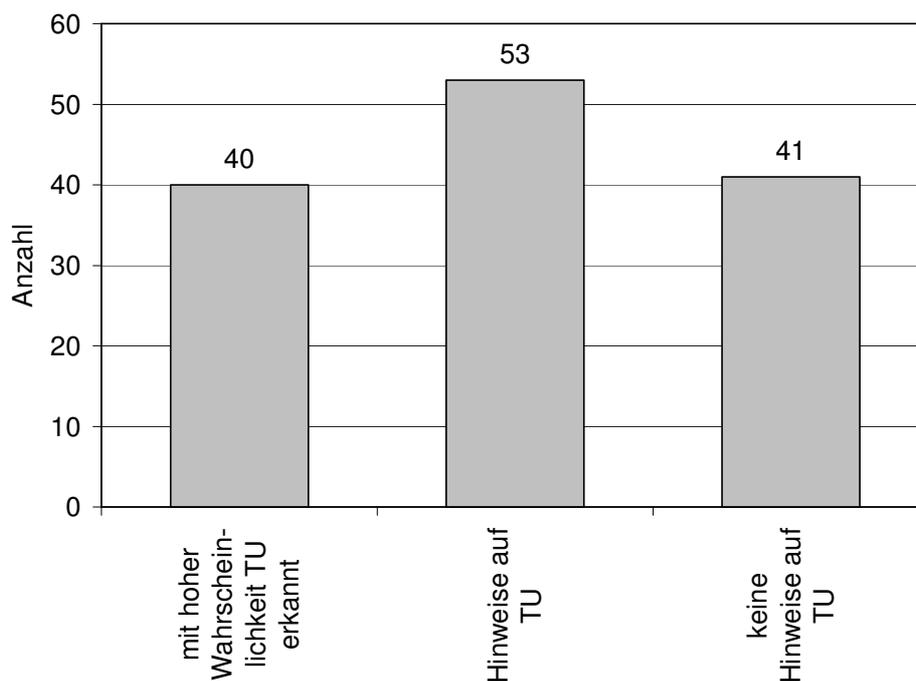


Abbildung 3.10: Sensitivität der PMCT *TU = Todesursache*

In Abbildung 3.11 wurde die Sensitivität der Todesursachendiagnostik der PMCT in Beziehung zur Indikation gesetzt.

Bei einem Behandlungsfehlerverdacht wurde in 7 Fällen mit hoher Wahrscheinlichkeit die Todesursache erkannt, in 21 Fällen ein Hinweis auf die Todesursache geliefert und in 12 Fällen waren die Ergebnisse der PMCT irrelevant für die Detektion der Todesursache.

Im Falle der Fäulnisleichen wurde bei einem Verstorbenen ein Hinweis auf die Todesursache gegeben und in zwei Fällen keine Hinweise auf die TU festgestellt.

Von den nicht identifizierten Leichen wurden jeweils in einem Fall wahrscheinlich die Todesursache erkannt und bei einem der Hinweis geliefert. In 4 Fällen gab die PMCT keine Hinweise auf die Todesursache.

Bei Todesfällen von Kindern wurden in 8 Fällen eine PMCT durchgeführt. Dabei wurde einmal die Todesursache wahrscheinlich erkannt, 4 x der Hinweis gegeben und 3 x keine für die Erkennung der Todesursache relevanten Ergebnisse erzielt.

In der Gruppe der Tötungsdelikte und Suizide hätte bei 16 Fällen wahrscheinlich auch durch eine reine PMCT die Todesursache diagnostiziert werden können, bei 14 Fällen wurde ein

Hinweis aufgezeigt und in 10 Fällen war keine Relevanz der Ergebnisse für die Detektion der TU festzustellen.

Bei der Indikationsgruppe der Unfälle wurde in 15 Fällen die Todesursache erkannt, in 12 Fällen ein Hinweis geliefert und in 10 Fällen keine relevanten Ergebnisse für die TU detektiert.

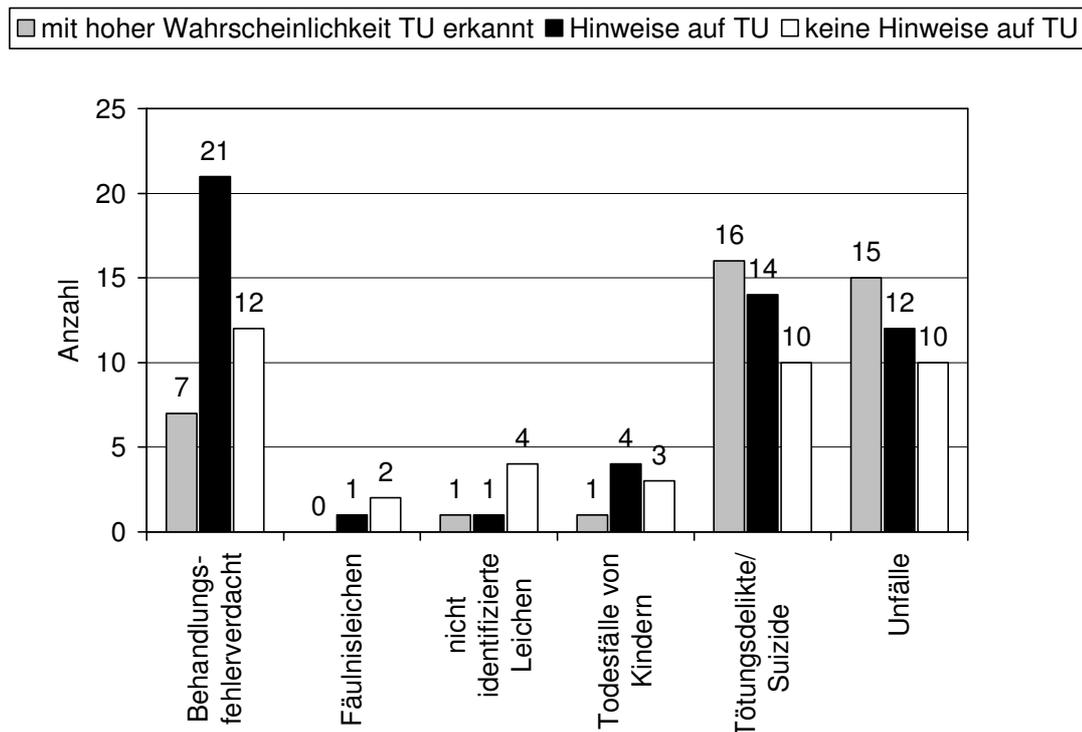


Abbildung 3.11: Sensitivität der PMCT den Indikationsgruppen zugeordnet

Tabelle 3.3 zeigt eine Übersicht über die Ergebnisse der PMCT-Sensitivität in Bezug auf die einzelnen durch die Sektion gesicherten Todesursachen. So wurden im Jahre 2010 folgende Todesursachen mit hoher Wahrscheinlichkeit mittels PMCT diagnostiziert: Kopfschuss, Polytrauma, Schädelhirntrauma, Subarachnoidalblutung, Verbluten durch Stichverletzungen und Verbrennen.

Im Falle der Todesursachen Durchblutungsstörung, plötzlicher Kindstod, Rumpfrauma und Sinusvenenthrombose erfolgte 2010 in jedem Fall ein Hinweis auf die durch die Sektion bestimmte Todesursache.

Gar keine relevanten Befunde für die Todesursachenfindung mit Hilfe der PMCT wurden bei folgenden Todesursachen aufgenommen: Ertrinken, Ersticken, Genickbruch, Herzrhythmusstörungen, Hypoxie, Kohlenmonoxidintoxikation, Pankreatitis, plötzlicher Herztod, Strangulation

und bei nicht durch die Sektion geklärten Fällen, unter anderem aufgrund fortgeschrittener Fäulnis.

Bei anderen Todesursachen waren die Ergebnisse einzelner Fälle unterschiedlich und somit nicht nur einer Relevanzkategorie zuzuordnen. Es gab Todesursachen, bei denen Fälle aus allen drei Kategorien vertreten waren oder aus zwei verschiedenen.

Tabelle 3.3: Sensitivität der PMCT für den Nachweis der Todesursache TU = Todesursache

Todesursache	Sensitivität der PMCT			Gesamtergebnis
	TU erkannt	Hinweise auf die TU	Nicht vorhanden	
Aufgrund von Fäulnis nicht eindeutig zu klären	-	-	2	2
Blutung ins Bronchialsystem	1	2	-	3
Hirnlähmung	5	7	-	12
Durchblutungsstörung	-	1	-	1
Ersticken	1	-	1	2
Ertrinken	-	1	-	1
Genickbruch	-	-	1	1
Herzfehlbildung	1	1	-	2
Herzinsuffizienz	-	7	-	7
Herzrhythmusstörung	-	-	2	2
Herzversagen	-	5	2	7
Hypoxie	-	-	1	1
Infektiös-toxisches Herz-Kreislauf-Versagen	-	3	5	8
Intoxikation	-	1	1	2
Kohlenmonoxidintoxikation	-	-	2	2
Kopfschuss	2	-	-	2
Luftembolie	2	1	-	3
Lungenthrombembolie	1	1	2	4
Multiorganversagen	1	2	-	3
Myokardinfarkt	-	6	2	8
nicht geklärt	-	-	11	11
Pankreatitis	-	-	1	1
Peritonitis	1	-	1	2
plötzlicher Herztod	-	-	1	1
plötzlicher Kindstod	-	2	-	2
Pneumonie	2	5	-	7
Polytrauma	5	-	-	5
Rumpfrauma	-	1	-	1
Schädelhirntrauma	4	-	-	4
Sinusvenenthrombose	-	1	-	1
Strangulation	-	-	2	2
Subarachnoidalblutung	5	-	-	5
Verbluten	3	7	3	13
Verbluten durch Stichverletzung	5	-	-	5
Verbrennen	1	-	-	1
Gesamtergebnis Summe	40	53	41	134
Gesamtergebnis in %	30 %	40 %	30 %	100 %

3.2.7 Einhaltung des Indikationskataloges

Ein wichtiger Punkt bei der Auswertung war zudem die Betrachtung, ob der gemeinsam durch die StA und das IfR vereinbarte Indikationskatalog immer konsequent eingehalten wurde.

In jeweils einem Fall der Fäulnisleichen, der nicht identifizierten Leichen und der Todesfälle bei Kindern sowie bei 13 Tötungsdelikten/Suiziden und 13 Unfällen wurde trotz einer forensischen Indikation für den Einsatz von zusätzlicher bildgebender Diagnostik keine PMCT-Untersuchung durch die StA angeordnet. Zusammen ergeben sich 29 Fälle die den Gruppen des Indikationskataloges zugehörig waren und zu den gerichtlich angeordneten Sektionen zählen, bei denen aber keine Anordnung erfolgte. Daraus folgernd wurde in 18 % der Fälle der Indikationskatalog nicht berücksichtigt. Wäre der Indikationskatalog konsequent eingehalten worden, so wäre bei 163 statt bei 134 Verstorbenen ein erweitertes Protokoll erstellt worden.

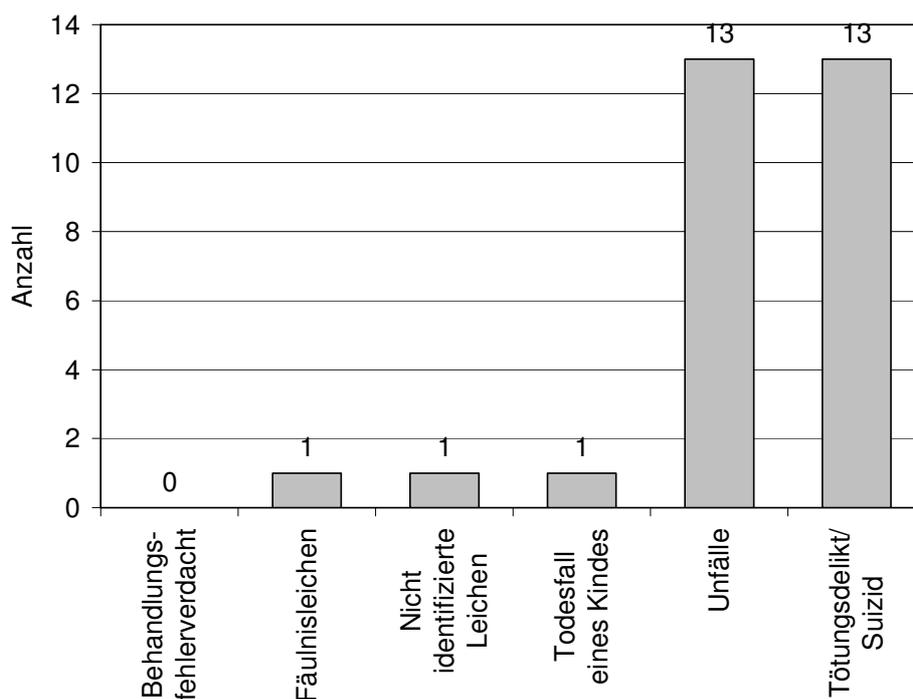


Abbildung 3.12: Einhaltung des Indikationskataloges Anzahl der Fälle, in denen laut des neuen Indikationskataloges ein erweitertes Protokoll durch die StA hätte angeordnet werden sollen, dies aber nicht erfolgt ist, den Indikationsgruppen zugeordnet

3.2.8 Anhang im erweiterten Protokoll

Am Ende der erweiterten Protokolle wurden, wie in jedem anderen Sektionsprotokoll, die zurückbehaltenen Asservate aufgeführt. Darauf folgten zusätzlich die Angaben zum Umgang mit den erstellten PMCT-Bildern. Diese wurden in jedem Fall asserviert, aber auch in unterschiedlich ausführlicher Form dem erweiterten Protokoll beigelegt. In 38 Fällen (von der Gesamtanzahl 134) entschied sich der Rechtsmediziner eine Auswahl der PMCT-Bilder dem Protokoll beizufügen (Abbildung 3.13). In 63 Fällen wurden die Bilder dem Protokoll in digitaler Form beigelegt. In 9 Fällen wurden sowohl Bilder als auch Bilddaten beigelegt. Gar keine Beifügung der PMCT-Bilder erfolgte in 24 Fällen.

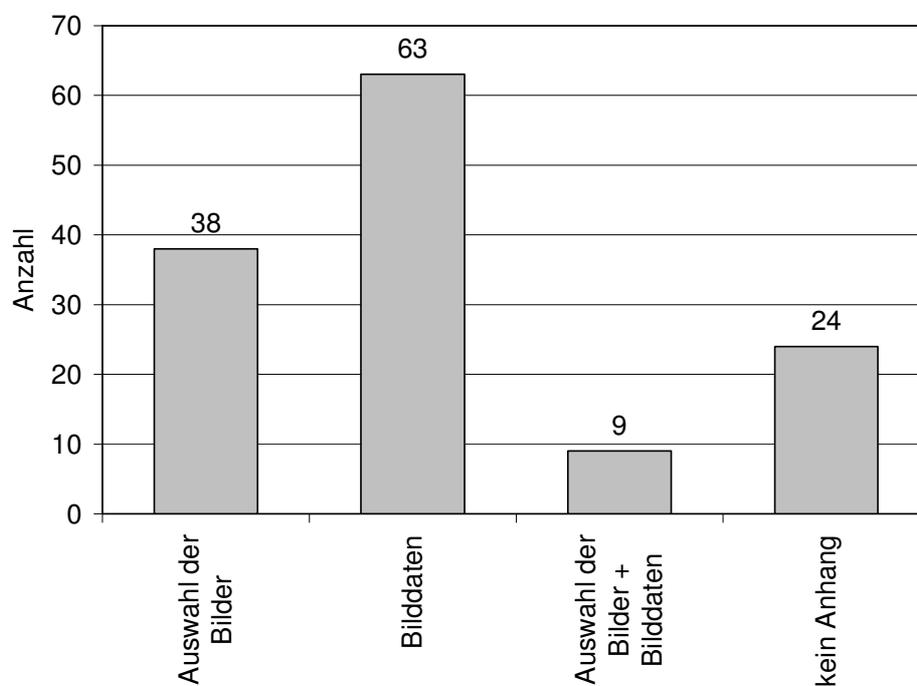


Abbildung 3.13: Anhang des erweiterten Protokolls

3.3 Ergebnisse der Detailauswertung der Rippenfrakturen

In die Detailauswertung der Rippenfrakturen im Jahre 2010 wurden 54 Verstorbene eingeschlossen, davon 12 Frauen und 42 Männer. Diese 54 Fälle erfüllten die in Abschnitt 2.2 aufgeführten Kriterien.

Bei diesen 54 Verstorbenen wurden die Sektionen in 10 Fällen von auswärtigen Staatsanwaltschaften beauftragt und 44 durch die Hamburger StA angeordnet. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt des Todes betrug 57 Jahre.

Durch die Morphologie des Menschen mit beidseits 12 Rippen ergeben sich bei der Auswertung einer ja/nein Entscheidung 1296 Befunde.

3.3.1 Vergleich des PMCT-Erstbefundes mit dem PMCT-Zweitbefund

In diesem Vergleich wird der PMCT-Zweitbefund als Referenz herangezogen, da er die einvernehmlichen Ergebnisse des Zweitbefundenden und des erfahrenen Radiologen widerspiegelt. Beim Vergleich der Korrelation der Befunddaten, der in Routine durchgeführten PMCT-Erstbefundung und der PMCT-Zweitbefundung, ergaben sich bei 1176 Rippen kongruente Befunde (vgl. Tabelle 3.4). Bei 479 der 1176 übereinstimmenden Befunde handelte es sich um einen Frakturbefund und bei 697 um eine unverletzte Rippe.

Bei 120 Befunden ergab die Auswertung eine Differenz der Befunde, das entspricht 10 % aller Befunde. In 12 Fällen von Rippenfrakturbefunden des PMCT-Erstbefundes konnte die Aussage durch die PMCT-Zweitbefundung nicht verifiziert werden. Das Maximum falsch positiver Frakturbefunde betrug zwei Abweichungen pro Verstorbenen. Bei weiteren 108 negativen Befunden (keine Rippenfrakturbefunde) im PMCT-Erstbefund wurde das Ergebnis durch die PMCT-Zweitbefundung falsifiziert. Die Abweichung der Ergebnisse bewegte sich zwischen einem und maximal 10 falsch negativen Befunden und einem falsch negativen Frakturbefund.

Tabelle 3.4: Rippenfrakturen im Vergleich PMCT-Erstbefund/-Zweitbefund

	<i>Anzahl der übereinstimmenden Befunde</i>			<i>Anzahl der nicht übereinstimmenden Befunde</i>		
	<i>positiv</i>	<i>negativ</i>	<i>gesamt</i>	<i>positiv</i>	<i>negativ</i>	<i>gesamt</i>
Rippen rechts	257	339	596	6	46	52
Rippen links	222	358	580	6	62	68
<i>Gesamtanzahl</i>	479	697	1176	12	108	120

Tabelle 3.5 zeigt eine Übersicht der Befundergebnisse für alle Rippen sowie beide PMCT-Befunderhebungen. In dem Durchgang der PMCT-Erstbefunderhebung wurden 491 positive Befunde (rechts 263 und links 228) und in dem der PMCT-Zweitbefunderhebung 587 positive Befunde (rechts 303 und links 284) protokolliert. Bei einer Gesamtabweichung von 120 falsch

positiven oder falsch negativen Frakturbefunden ergibt sich eine Falschklassifikationsrate von 10 %. Wobei die Ergebnisse auf der linken Seite mit 12 % stärker abwichen. Die Ergebnisse zeigen, dass innerhalb der beobachteten Gruppe Frakturen auf der rechten Seite geringfügig häufiger auftraten als auf der linken Seite. Eine ausführliche Auflistung ist im Anhang zu finden, Tabelle A.2. Hier ist feststellbar, dass die kranial und kaudal gelegenen Rippen weniger häufig von Abweichungen (falsch positiv oder falsch negativ) in der Befunderhebung betroffen sind als Rippen aus der mittleren Region.

Tabelle 3.5: Anzahl der Frakturbefunde bei der PMCT-Erstbefunderhebung im Vergleich mit der PMCT-Zweitbefunderhebung, f_p = falsch positiv, f_n = falsch negativ, FKR = Falschklassifikationsrate

	Befunde im PMCT-Erstbefund		Befunde im PMCT-Zweitbefund		Abweichung $f_p + f_n$ /FKR	
	<i>positiv</i>	<i>negativ</i>	<i>positiv</i>	<i>negativ</i>		
rechts	263	385	303	345	52	9 %
links	228	420	284	364	68	12 %
<i>Gesamt</i>	491	805	587	709	120	10 %

Im Folgenden wird die Anzahl der positiven Befunde evaluiert (vgl. Tabelle 3.6). An der 5. Rippe ist der positive Frakturbefund (FB) am zahlreichsten vertreten. Die Anzahl der Frakturen nimmt von der 5. Rippe nach kranial und kaudal ab. Die 11. und 12. Rippe weisen bei der Befunderhebung die geringste Anzahl an positiven Befunden auf. Die geringsten absoluten Abweichungen stellen sich an der rechten 3. und der 12. und an der linken 10. Rippe ein.

Bezogen auf die Befunde der PMCT-Zweitbefunde sind die 2. - 7. Rippe am häufigsten frakturiert, die positiven Befunde ergeben zusammen 75 % der positiven Frakturbefunde.

Tabelle 3.6: Anzahl der positiven Frakturbefunde Vergleich der einzelnen Rippenfrakturen zwischen PMCT-Erstbefund und PMCT-Zweitbefund, FB = Frakturbefund, f_p = falsch positiv, f_n = falsch negativ

Rippe	rechts			links		
	<i>positive FB im PMCT- Erstbefund</i>	<i>positive FB im PMCT- Zweitbefund</i>	<i>falsche Befunde (f_n+f_p)</i>	<i>positive FB im PMCT- Erstbefund</i>	<i>positive FB im PMCT- Zweitbefund</i>	<i>falsche Befunde (f_n+f_p)</i>
1.	8	9	3	9	12	3
2.	28	34	6	24	30	6
3.	36	38	2	30	38	8
4.	37	38	3	29	38	9
5.	39	42	3	34	39	7
6.	36	42	6	30	37	9
7.	29	34	9	26	32	8
8.	19	26	9	16	19	5
9.	13	16	3	13	14	3
10.	12	13	3	10	10	2
11.	4	7	3	5	9	4
12.	2	4	2	2	6	4
<i>Gesamt</i>	263	303	52	228	284	68

Die Auswertung der statistischen Gütekriterien für die einzelnen Rippen ist in Tabelle 3.7 dargestellt. Die Spezifität liegt auf einem sehr hohen Niveau. Die Sensitivität variiert für die einzelnen Rippen zwischen 0,33 und 0,95. Insgesamt liegen die Sensitivität bei 0,815, die Spezifität bei 0,98 und die FKR bei 0,09.

Tabelle 3.7: Statistische Gütekriterien der Rippenfrakturdiagnostik Vergleich PMCT-Erstbefund und –Zweitbefund, f_p = falsch positiv, f_n = falsch negativ

Rippe	rechts				Links			
	f_n+f_p	Sensi- tivität	Spezifi- tät	FKR	f_n+f_p	Sensi- tivität	Spezifi- tät	FKR
1.	3	0,78	0,98	0,06	3	0,75	1,00	0,06
2.	6	0,82	1,00	0,11	6	0,80	1,00	0,11
3.	2	0,95	1,00	0,04	8	0,79	1,00	0,15
4.	3	0,95	0,94	0,06	9	0,76	1,00	0,17
5.	3	0,93	1,00	0,06	7	0,85	0,93	0,13
6.	6	0,86	1,00	0,11	9	0,78	0,94	0,17
7.	9	0,79	0,90	0,17	8	0,78	0,95	0,15
8.	9	0,69	0,96	0,17	5	0,79	0,97	0,09
9.	3	0,81	1,00	0,06	3	0,86	0,98	0,06
10	3	0,85	0,98	0,06	2	0,90	0,98	0,04
11.	3	0,57	1,00	0,06	4	0,56	1,00	0,07
12.	2	0,50	1,00	0,04	4	0,33	1,00	0,07
<i>Gesamt</i>	52	0,85	0,98	0,08	68	0,78	0,98	0,10

Häufigkeit (Anzahl der Fragmente)

Wie in 2.2.5 aufgeführt können Rippenfrakturen in unterschiedliche Klassifizierungen eingeteilt und somit auch beurteilt und ausgewertet werden. Im Folgenden wird die Häufigkeit, d.h. die Anzahl der Frakturen einer einzelnen Rippe, gegenübergestellt. Bei der PMCT-Erstbefundung wurde bei 383 Rippen eine einfache Fraktur und in 109 Fällen eine Mehrfragmentfraktur festgestellt und dokumentiert. Mit einem Verhältnis von 3,5:1 treten einfache Frakturen häufiger auf als mehrfache. Während der PMCT-Zweitbefundung wurde in 397 Fällen eine einfache Fraktur festgestellt und bei 190 Fälle eine mehrfachen Fraktur. Es ergibt sich ein Verhältnis von 2:1. Unter der Anwendung der PMCT-Zweitbefundergebnisse als Referenz (wie am Anfang der Auswertung festgelegt) ergibt sich eine durchschnittliche Gesamtabweichung von 43 % (53 %, 60 %, 17 %). Diese setzt sich aus Abweichungen einfacher oder mehrfacher Häufigkeit (falsch positiv und falsch negativ) sowie den falsch negativen Frakturbefunden zusammen. Ein Beispiel für falsch einfache Befunde: Als falsch einfach negativ werden Befunde der PMCT-Erstbefunderhebung deklariert, die sich bei der PMCT-Zweitbefunderhebung nicht bestätigten und sich als Mehrfragmentfraktur oder als negativer Befund darstellen. Als falsch einfach positiv werden mehrfache oder negative Befunde der Erstbefundung gezählt, wenn der Befund durch die Zweitbefundung falsifiziert wurde und sich als eine einfache Fraktur herausstellte. So

werden auch die falsch mehrfachen und falsch negativen Befunde addiert. Die Differenz der Ergebnisse ist bei den mehrfachfrakturierten Rippen mit 60 % am größten.

Tabelle 3.8: Vergleich Anzahl Frakturbefunde in PMCT-Erstbefund/-Zweitbefund

	<i>Frakturbefunde im PMCT-Erstbefund</i>			<i>Frakturbefunde im PMCT-Zweitbefund</i>			<i>Gesamtabweichung</i>					
	<i>ein-fach</i>	<i>mehr-fach</i>	<i>nega-tiv</i>	<i>ein-fach</i>	<i>mehr-fach</i>	<i>nega-tiv</i>	<i>falsch einfach</i>	<i>falsch mehrfach</i>	f_{p+}	f_n		
rechts	213	51	385	212	91	345	113	53 %	66	73 %	52	15 %
links	170	58	420	185	99	370	97	52 %	47	47 %	68	18 %
<i>Gesamt</i>	383	109	805	397	190	715	210	53 %	113	60 %	120	17 %

In Hinsicht auf die Kongruenz der Häufigkeitsangaben im PMCT-Erstbefund im Bezug zum PMCT-Zweitbefund (vgl. Tabelle 3.9) ergab sich in 378 Fällen eine Übereinstimmung des positiven Befundes sowie der Häufigkeit (richtig positiv). Bei 221 Rippenfrakturen ist keine Übereinstimmung der Befunde festzustellen. Davon sind 101 Fälle, bei denen allein die Häufigkeit der PMCT-Erstbefunde durch die PMCT-Zweitbefundung falsifiziert wurde. In 86 Fällen stellte sich eine im Erstbefund als einfach frakturiert eingeordnete Rippe im Zweitbefund als mehrfach frakturiert heraus. Bei 15 Fällen war es umgekehrt. Die 221 nicht richtig positiven Frakturbefunde setzen sich zudem aus 12 falsch positiven Frakturen und 108 falsch negativen Befunden der PMCT-Erstbefundung zusammen. Die Auswertung lässt erkennen, dass alle 12 falsch positiven Befunde nur bei einfach frakturierten Rippen auftraten. Bei den 108 falsch negativen Befunden ließen sich 96 Fälle den einfachen Frakturen und 12 den Mehrfragmentfrakturen zuordnen.

Im Anhang (vgl. Tabelle A.4) ist eine ausführliche Zuordnung der übereinstimmenden und nicht übereinstimmenden Befunde bezogen auf die einzelnen Rippen zu finden. Ausschließlich an den Rippen 1 - 10 bestehen Differenzen in der Häufigkeit allein, besonders häufig falsch befundet sind die Rippen 3 - 7. Eine Betrachtung der falsch negativen Befunde zeigt, dass mittlere Rippen am häufigsten von Fehldiagnosen betroffen sind.

Tabelle 3.9: Vergleich der Häufigkeit von Frakturen der PMCT-Erstbefunderhebung mit denen der PMCT-Zweitbefunderhebung bei übereinstimmenden und nicht übereinstimmenden Befunden, f_p = falsch positiv, f_n = falsch negativ

	Übereinstimmende Befunde		Nicht übereinstimmende Befunde					
	einfach	mehr-fach	<i>falsche Häufigkeit</i>		<i>PMCT-Erstb. f_p</i>		<i>PMCT-Erstb. f_n</i>	
			einfach	mehr-fach	einfach	mehr-fach	einfach	mehr-fach
Rippen rechts	156	38	51	12	6	0	43	3
Rippen links	129	55	35	3	6	0	53	9
<i>Gesamt</i>	285	93	86	15	12	0	96	12
	378		101		12		108	

3.3.2 Vergleich des PMCT-Zweitbefundes mit dem Sektionsbefund

Im folgenden Teil werden die Befunde der PMCT-Zweitbefundung mit denen der Sektion verglichen. Die Befunderhebung der Sektion gilt in der Forensik als Goldstandard und wird bei den Vergleichen als Referenz für die Beurteilung der Sensitivität der PMCT-Untersuchung verwendet.

Der Vergleich der beiden Verfahren (vgl. Tabelle 3.10) zeigt, dass 502 richtig positive und 645 richtig negative Befunde übereinstimmend durch die Sektion und die PMCT-Untersuchung bestimmt wurden. Bei 149 Befunden fand eine Falsifizierung der Ergebnisse der PMCT-Zweitbefundung durch die Sektion statt. Dazu gehören 85 falsch positive Befunde der PMCT, die nicht durch die Sektion bestätigt wurden, und 64 falsch negative. Die Anzahl der nicht übereinstimmenden Befunde ist mit 149 größer als bei dem Vergleich der PMCT-Erstbefunderhebung mit der PMCT-Zweitbefunderhebung, der 120 Abweichungen aufzeigte.

Tabelle 3.10: Rippenfrakturen im PMCT-Zweitbefund im Vergleich zur Sektion

	Anzahl der übereinstimmenden Befunde			Anzahl der nicht übereinstimmenden Befunde		
	<i>positiv</i>	<i>negativ</i>	<i>gesamt</i>	<i>positiv</i>	<i>negativ</i>	<i>gesamt</i>
Rippen rechts	256	313	569	47	32	79
Rippen links	246	332	578	38	32	70
<i>Gesamt</i>	502	645	1147	85	64	149

Bei dem Vergleich der Anzahl der Frakturbefunde der PMCT und der Sektion ergibt sich eine Gesamtabweichung von 149 falsch positiven oder falsch negativen Befunden. Die Falschklassifikationsrate beträgt 11,5 %. Die Erhebung der PMCT-Zweitbefunde an allen Rippen der 54 Fälle ergab 587 fakturierte Rippen und 709 Rippen ohne Frakturbefund. In der Sektion wurden 566 Rippen mit einem positiven und 730 mit einem negativen Frakturbefund dokumentiert. Eine ausführliche Auflistung mit einer Zuordnung der Befunde zu den einzelnen Rippen enthält Tabelle A.6 im Anhang. Die 2. - 7. Rippe weisen die meisten positiven Frakturbefunde auf.

Tabelle 3.11: Anzahl der Frakturbefunde der PMCT-Zweitbefunderhebung im Vergleich mit der Sektion, FKR = Falschklassifikationsrate, f_p = falsch positiv, f_n = falsch negativ

	Befunde im PMCT-Zweitbefund		Befunde in der Sektion		Abweichung $f_p + f_n$ /FKR	
	<i>positiv</i>	<i>negativ</i>	<i>positiv</i>	<i>negativ</i>		
rechts	303	345	288	360	79	12 %
links	284	364	278	370	70	11 %
<i>Gesamt</i>	587	709	566	730	149	11,5 %

Im Folgenden werden die positiven Befunde der PMCT-Zweitbefunderhebung und der Sektionsbefunderhebung ausgewertet.

Bei der Betrachtung der Anzahl zeigt sich, dass Abweichungen auf der rechten Seite an den Rippen 7 und 2 am zahlreichsten aufgetreten sind ($7 = 13$, $2 = 10$) und auf der linken Seite an den Rippen 2 – 4 ($4 = 12$, $2 = 11$, $3 = 10$). Die geringsten absoluten Abweichungen stellen sich an der rechten 4. und an der linken 10. Rippe ein.

Tabelle 3.12: Anzahl der Frakturbefunde der einzelnen Rippen im Vergleich CT-Zweitbefund zur Sektion, FB = Frakturbefund, f_p = falsch positiv, f_n = falsch negativ

Rippe	rechts			links		
	<i>positive FB im PMCT-Zweitbefund</i>	<i>positive FB in der Sektion</i>	<i>falsche Befunde (f_n+f_p)</i>	<i>positive FB im PMCT-Zweitbefund</i>	<i>positive FB in der Sektion</i>	<i>falsche Befunde (f_n+f_p)</i>
1.	9	11	6	12	12	4
2.	34	30	10	30	33	11
3.	38	34	4	38	34	10
4.	38	35	3	38	34	12
5.	42	39	7	39	36	7
6.	42	37	7	37	34	3
7.	34	31	13	32	32	8
8.	26	24	6	19	21	6
9.	16	19	5	14	18	4
10.	13	11	6	10	11	1
11.	7	9	6	9	7	2
12.	4	8	6	6	6	2
<i>Gesamt</i>	303	288	79	284	278	70

Tabelle 3.13 veranschaulicht die Auswertung der statistischen Gütekriterien Sensitivität, Spezifität und Falschklassifikationsrate (FKR). Die durchschnittliche Sensitivität der PMCT-Zweitbefunderhebung liegt bei 0,895, die durchschnittliche Spezifität bei 0,885 und die durchschnittliche FKR bei 0,115. Die Spezifität fällt bei der Evaluation der Zweitbefunderhebung im Vergleich mit der in Tabelle 3.7 durchgeführten Beurteilung der PMCT-Erstbefunderhebung um 0,1 schlechter aus. Die weiteren Gütekriterien zeigen die gleiche Tendenz.

Die besten Werte für die Sensitivität weisen die rechte 3. + 4. und linke 6. + 11. Rippe auf. Anders ist es bei der Spezifität, hier ist rechts und links die Diagnose der kaudalen Rippen mit dem geringsten Fehler behaftet. Ähnlich ist die Verteilung bei der FKR.

Tabelle 3.13: Statistische Gütekriterien der Rippenfrakturdiagnostik Vergleich PMCT –Zweitbefund und Sektion, f_p = falsch positiv, f_n = falsch negativ, FKR = Falschklassifikationsrate

Rippe	rechts				links			
	$f_n + f_p$	Sensitivität	Spezifität	FKR	$f_n + f_p$	Sensitivität	Spezifität	FKR
1.	6	0,64	0,95	0,11	4	0,83	0,95	0,07
2.	10	0,90	0,71	0,19	11	0,79	0,81	0,20
3.	4	1,00	0,80	0,07	10	0,91	0,65	0,19
4.	3	1,00	0,84	0,06	12	0,88	0,60	0,22
5.	7	0,95	0,67	0,13	7	0,94	0,72	0,13
6.	7	0,97	0,65	0,13	3	1,00	0,85	0,06
7.	13	0,84	0,65	0,24	8	0,88	0,82	0,15
8.	6	0,92	0,87	0,11	6	0,81	0,94	0,11
9.	5	0,79	0,97	0,09	4	0,78	1,00	0,07
10	6	0,82	0,91	0,11	1	0,91	1,00	0,02
11.	6	0,56	0,96	0,11	2	1,00	0,96	0,04
12.	6	0,38	0,98	0,11	2	0,83	0,98	0,04
<i>Gesamt</i>	79	0,89	0,87	0,12	70	0,88	0,90	0,11

Tabelle A.11 verdeutlicht die Verteilung der Abweichungen auf die einzelnen Fälle. 79 falsch positive Befunde verteilen sich auf 27 Fälle, wobei bei einem Großteil der Fälle (Anzahl = 11) jeweils nur ein positiver Fehler in der PMCT-Zweitbefunderhebung gemacht worden ist aber auch in einem Fall 11 falsch positive Befunde aufgenommen worden sind, die sich durch die Sektion nicht bestätigten. Bei den 70 falsch negativen Befunden treten eine Anzahl von 1 bis maximal 6 Abweichungen pro Fall auf, bei den meisten Fällen (Anzahl = 8) ist nur ein positiver Frakturbefund nicht während der PMCT-Zweitbefunderhebung festgestellt worden.

Tabelle 3.14: Anzahl der Abweichungen pro Fall

<i>Anzahl der Abweichung pro Fall</i>	<i>Gesamt (rechts und links)</i>	
	<i>falsch positiv</i>	<i>falsch negativ</i>
1	11	8
2	5	6
3	6	3
4	1	6
5	0	1
6	1	2
7	0	0
8	0	0
9	1	0
10	1	0
11	1	0
<i>Gesamt</i>	27	25

Häufigkeit (Anzahl der Fragmente)

Nach der Auswertung der Kongruenz der PMCT-Zweitbefundung mit der Sektion in Bezug auf positive oder negative Frakturbefunde folgt die Gegenüberstellung der Häufigkeitsangaben bei positiven Befunden (vgl. Tabelle 3.15). Es wurden einfache Frakturen von Mehrfragmentfrakturen unterschieden.

Den einfachen Frakturen wurden 397 Rippen während der PMCT-Befunderhebung und 420 bei den durchgeführten Sektionen zugeordnet. Bei der PMCT wurde in 190 und bei der Sektion in 146 Fällen eines positiven Befundes eine Mehrfragmentfraktur diagnostiziert. Unter der Verwendung der Sektionsergebnisse als Referenz ergibt sich ein durchschnittlicher prozentualer Fehler von 51 %. Diese Gesamtabweichung setzt sich aus den falschen Befunden zusammen. Ein Beispiel für falsch einfache Befunde: Als falsch einfach negativ werden Befunde der PMCT deklariert, die sich bei der Sektion nicht bestätigten und sich als Mehrfragmentfraktur oder als negativer Befund darstellen. Als falsch einfach positiv werden mehrfache oder negative Befunde der PMCT gezählt, wenn der Befund durch die Sektion falsifiziert wurde und sich als eine einfache Fraktur herausstellte. So werden auch die falsch mehrfachen und falsch negativen Befunde addiert.

Tabelle 3.15: Vergleich der Häufigkeit im PMCT-Zweitbefund und in der Sektion FB

= Frakturbefund, f_p = falsch positiv, f_n = falsch negativ

	FB im PMCT-Zweitbefund			FB im der Sektion			gesamte Abweichung					
	ein-fach	mehr-fach	nega-tiv	ein-fach	mehr-fach	nega-tiv	falsch einfach	%	falsch mehrfach	%	f_p+f_n	%
rechts	212	91	345	212	76	383	134	63 %	65	86 %	79	21 %
links	185	99	364	208	70	377	107	51 %	45	64 %	70	19 %
Gesamt	397	190	709	420	146	760	241	57 %	110	75 %	149	20 %

Die Häufigkeitsangaben in Bezug auf die 502 richtig positiven Frakturbefunde bei dem Vergleich von PMCT und Sektion deckten sich bei einer Anzahl von 401 Fällen. Bei 101 richtig positiven Frakturbefunden erfolgte eine Falsifizierung der PMCT-Ergebnisse durch die Sektion die Häufigkeit betreffend. Es wurde bei 30 fakturierten Rippen eine falsch positive einfache Fraktur und in 71 Fällen eine falsch positive Mehrfragmentfraktur in der PMCT befundet. Die 149 nicht positiv übereinstimmenden (falschen) Frakturbefunde setzen sich aus 85 falsch positiven und 64 falsch negativen Befunden zusammen. Meist handelt es sich dabei um einfache Frakturen (79 falsch positive und 61 falsch negative) und nur selten um Mehrfragmentfrakturen.

Im Anhang (vgl. Tabelle A.8) ist eine Zuordnung der übereinstimmenden und nicht übereinstimmenden Befunde zu den einzelnen Rippen bezogen auf die Häufigkeit zu finden. An der 3. – 7. Rippe ist häufiger eine Differenz die Häufigkeit betreffend festzustellen. Anders als bei dem Vergleich der PMCT-Erst- und Zweitbefunderhebung sind aber alle 12 Rippen von Häufigkeitsfehldiagnosen betroffen.

Tabelle 3.16: Vergleich der Häufigkeit von Frakturen der PMCT-Zweitbefundung mit denen der Sektion bei übereinstimmenden und nicht übereinstimmenden Befunden, f_p = falsch positiv, f_n = falsch negativ

	Übereinstimmende Befunde		Nicht übereinstimmende Befunde					
	einfach	mehr-fach	<i>Falsche Häufigkeit</i>		<i>PMCT-Erstb. f_p</i>		<i>PMCT-Erstb. f_n</i>	
			einfach	mehr-fach	einfach	mehr-fach	einfach	mehr-fach
Rippen rechts	145	51	23	37	44	3	30	2
Rippen links	143	62	7	34	35	3	31	1
<i>Gesamt</i>	288	113	30	71	79	6	61	3
	401		101		85		64	

Lokalisation der Fraktur

Wie in 2.2.5 erläutert, werden die Lokalisationen in dieser Studie in 6 Lokalisationsabschnitte eingeteilt: Knorpel, KKÜ, anterior, lateral, posterior und paravertebral. Durch die Mehrfragmentfrakturen kann es zur Angabe von unterschiedlichen Frakturlokalisationen an einer Rippe kommen. Um die folgende Auswertung übersichtlicher zu gestalten, wurde die Auswertung auf einfach vorkommende Lokalisationen d.h. nur eine Lokalisationsangabe in der Sektionsbefunderhebung beschränkt und den dazugehörigen Befunden der PMCT-Zweitbefundung gegenübergestellt. Zu den einfachen Lokalisationen gehören demnach einfache Frakturen und Mehrfragmentfrakturen, bei denen die Befunde in einem Abschnitt liegen.

Insgesamt sind 482 einfache Lokalisationsangaben in der Sektion befundet worden, die sich wie folgt auf die 6 Lokalisationsabschnitte verteilen: 4 am Knorpel, 178 am KKÜ, 148 anterior, 14 lateral, 37 posterior, 44 paravertebral und 57 ohne Lokalisationsangabe im Sektionsprotokoll. Frakturen treten an den nebeneinander liegenden Bereichen des KKÜ und des anterioren Abschnittes am häufigsten auf.

Bei dem Vergleich der Lokalisationsbefunde der Sektion mit denen der PMCT-Zweitbefundung ergibt die Auswertung im Bereich des Knorpels in keinem Fall, im Bereich des KKÜs bei 46 Befunden (26 %), im anterioren Abschnitt bei 51 Befunden (34 %), im lateralen Abschnitt bei 7 Befunden (50 %), im posterioren Abschnitt bei 3 Befunden (8 %) und im paravertebralen Abschnitt bei 15 Befunden (34 %) eine Übereinstimmung.

Eine ausführlichere Auflistung der Frakturlokalisationen nach Seiten getrennt findet sich im Anhang (vgl. Tabelle A.9).

Tabelle 3.17: Lokalisation Gesamte Abweichungen der Lokalisation bei Einfachlokalisationen in der Sektion im Vergleich mit der PMCT-Zweitbefundung, KKÜ = Knochenknorpelübergang, n.v. = nicht vorhanden

Lokalisation PMCT-Zweitbefundung	Lokalisation aller Einfachlokalisationen in der Sektion						
	Knorpel	KKÜ	anterior	lateral	posterior	paravertebral	Lokalisation n.v.
negativ	-	24 13 %	21 14 %	2 14 %	7 19 %	5 11 %	2 4 %
Knorpel	-	-	3 2 %	-	-	1 2 %	1 2 %
Knorpel + KKÜ	3 75 %	1 1 %	-	-	-	-	2 4 %
Knorpel + anterior	-	1 1 %	1 1 %	-	-	-	3 5 %
KKÜ	1 25 %	46 26 %	25 17 %	1 7 %	5 14 %	4 9 %	6 11 %
KKÜ + anterior	-	5 3 %	6 4 %	-	1 3 %	-	-
KKÜ + lateral	-	3 2 %	3 2 %	-	-	5 11 %	-
KKÜ + posterior	-	-	-	-	-	1 2 %	3 5 %
KKÜ + paravertebral	-	-	1 1 %	-	-	4 9 %	-
anterior	-	44 25 %	51 34 %	4 29 %	1 3 %	-	2 4 %
anterior + lateral	-	-	4 3 %	-	-	-	-
anterior + posterior	-	-	-	-	-	1 2 %	2 4 %
anterior + paravertebral	-	-	5 3 %	-	-	-	-
lateral	-	8 4 %	20 14 %	7 50 %	8 22 %	3 7 %	5 9 %
lateral + posterior	-	0 0 %	-	-	2 5 %	-	-
lateral + paravertebral	-	1 1 %	-	-	2 5 %	-	1 2 %
posterior	-	2 1 %	4 3 %	-	3 8 %	2 5 %	4 7 %
posterior + paravertebral	-	-	-	-	-	2 5 %	-
paravertebral	-	-	4 3 %	-	8 22 %	15 34 %	2 4 %
Lokalisation n.v.	-	-	-	-	-	-	24 42 %
Gesamt	4 100 %	178 100 %	148 100 %	14 100 %	37 100 %	44 100 %	57 100 %

Wenn wie oben erläutert für die Auswertung nur einfach vorkommende Lokalisationsangaben der Sektion in die Darstellung mit einbezogen werden, ergeben sich 102 falsch positive und falsch negative Frakturbefunde. Davon treten die Hälfte, 54 (53 %), der Fehldiagnosen im Bereich des Knochenknorpelüberganges auf, 32 sind falsch positiv und 22 falsch negativ (vgl. Tabelle 3.18). Die zweithäufigsten Abweichungen zeichnen sich im anterioren Bereich ab, sie verteilen sich ungefähr zu gleichen Teilen in falsch positiv und falsch negativ. 5 Befunde im knorpeligen Anteil der Rippe sowie 3 in der PMCT als mehrfach frakturierte Rippen aufgenommene Fälle mit Befunden im lateralen und paravertebralen Bereich stellen sich als nur falsch positive Befunde heraus.

Tabelle 3.18: Lokalisation bei Abweichungen *KKÜ = Knochenknorpelübergang, n.v. = nicht vorhanden*

<i>Lokalisation</i>	<i>falsch positiv</i>		<i>falsch negativ</i>		<i>Gesamtabweichung</i>	
	<i>rechts</i>	<i>links</i>	<i>rechts</i>	<i>links</i>		
Knorpel	2	3	-	-	5	5 %
Knorpel + KKÜ	-	-	-	-	0	0 %
Knorpel + anterior	-	-	-	-	0	0 %
KKÜ	17	15	9	13	54	53 %
KKÜ + anterior	1	2	-	-	3	3 %
KKÜ + lateral	-	-	-	-	0	0 %
KKÜ + posterior	-	-	1	1	2	2 %
KKÜ+ paravertebral	-	-	1	-	1	1 %
anterior	10	8	8	12	38	37 %
anterior + lateral	-	-	-	-	0	0 %
anterior + posterior	-	-	-	1	1	1 %
anterior + paravertebral	-	-	-	-	0	0 %
lateral	5	5	1	1	12	12 %
lateral + posterior	-	-	-	-	0	0 %
lateral+ paravertebral	2	1	-	-	3	3 %
posterior	3	2	5	2	12	12 %
posterior + paravertebral	-	-	-	-	0	0 %
paravertebral	7	2	5	2	16	16 %
n.v.	-	-	2	-	2	2 %
<i>Gesamt</i>	47	38	32	32	102	100 %

Art der Fraktur

Im Sektionsprotokoll sind sehr selten Angaben zur Art der Fraktur gemacht worden. Durch den Mangel an Daten ließen sich keine aussagekräftigen Ergebnisse erzielen. Um zu überprüfen,

ob falsch positive Frakturbefunde evtl. auf unvollständige Frakturen zurückzuführen sind, wurde im Folgenden überprüft, welche Art der Fraktur die falsch positiven Befunde der PMCT-Zweitbefunderhebung aufwies. Die 85 falsch positiven Frakturen, die sich nicht in der Sektion verifizieren ließen, teilen sich auf vollständige und unvollständige Frakturbefunde auf (vgl. Tabelle 3.19). Bei den sich in Infraktion und Achsenabweichung aufteilenden unvollständigen Frakturen waren 7 Befunde mehr zu verzeichnen (54 %). Im Anhang ist eine ausführliche Auswertung mit Zuordnung zu den einzelnen Rippen zu finden (vgl. Tabelle A.14).

Tabelle 3.19: Art der Fraktur bei falsch positiven Befunden

	vollständige Fraktur	unvollständige Fraktur	
		<i>Infraktion</i>	<i>Achsenabweichung</i>
rechts	24	4	19
links	15	8	15
Zwischenergebnis	39	12	34
<i>Gesamt</i>	39 46 %		46 54 %

Entstehungszeitpunkt

Die Mehrzahl (PMCT-Zweitbefund = 550 / 94 %, Sektion = 546 / 96 %) der diagnostizierten Frakturen entstand in unmittelbarer zeitlicher Nähe des Todeszeitpunkts (neue Frakturen). Wie in Abschnitt 2.2.5 erläutert, unterscheiden sich die zeitlich zurückliegenden (alten) von den neuen Frakturen durch die zu erkennende Kallusbildung der indirekten Knochenheilung. Tabelle 3.20 veranschaulicht, dass bei der PMCT-Zweitbefunderhebung 32 und bei der Sektion 20 ältere Frakturen befundet wurden. Die Abweichungen der PMCT-Zweitbefunderhebung zur Sektion sind in diesem Bereich mit 95 % am Größten. Mehrfachfrakturen einer Rippe, bei der sowohl eine neue als auch eine alte Fraktur vorlag, wurden nur auf der linken Seite und nur durch die PMCT-Zweitbefundung erkannt. Eine ausführliche und nach Rippen getrennte Auflistung der Befunde ist im Anhang zu finden (Tabelle A.15).

Tabelle 3.20: Entstehungszeitpunkt der Frakturen, FB = Frakturbefund, f = falsch, f_p = falsch positiv, f_n = falsch negativ

	FB im PMCT-Zweitbefund				FB im der Sektion				gesamte Abweichung			
	<i>neu</i>	<i>alt</i>	<i>neu + alt</i>	<i>negativ</i>	<i>neu</i>	<i>alt</i>	<i>neu + alt</i>	<i>negativ</i>	<i>f neu</i>	<i>f alt</i>	<i>f neu + alt</i>	<i>f_p + f_n</i>
rechts	285	18	0	345	282	6	0	360	47 17 %	12 200 %	-	79 12 %
links	265	14	5	364	264	14	0	370	53 20 %	7 50 %	5	70 11 %
Ge- samt	550	32	5	709	546	20	0	730	100 18 %	19 95 %	5	149 11 %

Entstehungsprozess

Bei 26 Fällen waren die Rippenfrakturen durch Reanimationsmaßnahmen bedingt und in 28 Fällen ließen sie sich auf traumatische Geschehnisse zurückführen. In der Sektion wurden 232 reanimationsbedingte Frakturen diagnostiziert, d.h. im Durchschnitt 9 Rippenfrakturen pro Leiche (Anzahlen zwischen 0 – 15). Bei den 28 traumatischen Fällen wurden 334 Frakturen im Befund erhoben, d.h. im Durchschnitt 12 Rippenfrakturen pro Fall (Anzahlen zwischen 0 – 24). Die anschließende Tabelle 3.21 stellt die richtig positiven, falsch positiven und falsch negativen Ergebnisse dar. Bei Leichen, bei denen eine erfolglose Reanimation durchgeführt worden war, ergab die Auswertung 203 richtig positive Rippenfrakturen, 33 Rippenfrakturen der PMCT-Zweitbefunderhebung die durch die Sektion falsifiziert (f_p) wurden und 29 Rippenfrakturen der Sektion die während der PMCT-Zweitbefunderhebung nicht erkannt wurden (f_n). Die traumatisch bedingten Rippenfrakturen setzen sich aus 299 richtig positiven, aus 52 falsch positiven und aus 35 falsch negativen Befunden zusammen.

Tabelle 3.21: Entstehungsprozess, Anzahl der Rippenfrakturen, r_p = richtig positiv, f_p = falsch positiv, f_n = falsch negativ

	Reanimation			Trauma		
	r_p	f_p	f_n	r_p	f_p	f_n
Gesamt	203	33	29	299	52	35

Altersgruppeneffekt im Zusammenhang mit falsch negativen Frakturbefunden

Bei der Einteilung in vier Altersgruppen, wobei die Altersspanne mit zunehmendem Alter kleiner wird, zählten 16 Leichen zu der Gruppe bis 49 Jahre, 26 Untersuchte, und somit die größte Anzahl, zu der Gruppe zwischen 50 und 69 Jahren, 7 Leichen in die Gruppe 70 – 79 Jahre und 5 in die Gruppe 80 und älter (vgl. Tabelle 3.22).

Bei der Auswertung der Altersgruppen im Hinblick auf falsch negative Frakturbefunde der PMCT war der Fehler bei den Randgruppen (bis 49 Jahre und 80 und älter) am stärksten ausgeprägt. Bei der Gruppe der 70 – 79 jährigen Verstorbenen war der Fehler der falsch negativen Befunde am kleinsten.

Tabelle 3.22: Altersgruppeneffekt im Zusammenhang mit falsch negativen Frakturbefunden, $f_n =$ falsch negativ

	<i>bis 49 Jahre</i>	<i>50 – 69 Jahre</i>	<i>70 – 79 Jahre</i>	<i>80 Jahre und älter</i>	<i>Gesamt</i>
Leichen	16	26	7	5	54
f_n Befunde	25	27	6	6	64
<i>prozentualer Fehler pro Rippe</i>	6,5 %	4,3 %	3,6 %	5 %	5 %

Auflösung

Wie im Abschnitt 2 beschrieben werden bei der PMCT-Datenerstellung definierte Modi mit festgelegten Schichtdicken für unterschiedliche anatomische Regionen verwendet. Bei 44 von 54 Untersuchten war ein zusätzliches hochaufgelöstes Weichteilprotokoll (HWP) mit geringeren Schichtdicken vorhanden und konnte für eine Befunderhebung herangezogen werden. Durchschnittlich konnten die 1.-7. Rippe im HWP beurteilt werden, die weiter kaudal liegenden Rippen befanden sich außerhalb des Aufnahmebereiches und wurden dann im Weichteilprotokoll (WP) beurteilt.

Auffällig bei der Erhebung der Zweitbefunde war, dass 12 Frakturbefunde im HWP diagnostiziert werden konnten, die im WP nicht zu erkennen waren (vgl. Tabelle 3.23). In 8 von 12 Befunden handelte es sich um unvollständige Frakturen (vgl. Abbildung 3.14). In seltenen Fällen konnte mit dem Wissen um eine Fraktur aus den HWP der Befund auch im WP erahnt werden, wäre aber ohne die genauere Auflösung unerkannt geblieben (vgl. Abbildung 3.15).

Tabelle 3.23: Auflösung, Anzahl der Befunde die im hochaufgelösten Weichteilprotokoll (HWP) aber nicht im Weichteilprotokoll (WP) zu erkennen waren

Rippe	rechts		links		Gesamt
	vollständige Fraktur	unvollständige Fraktur	vollständige Fraktur	unvollständige Fraktur	
1.	-	-	1	-	1
2.	-	2	2	-	4
3.	-	-	-	3	3
4.	-	1	-	1	2
6.	1	-	-	-	1
9.	-	1	-	-	1
<i>Gesamt</i>	1	4	3	4	12

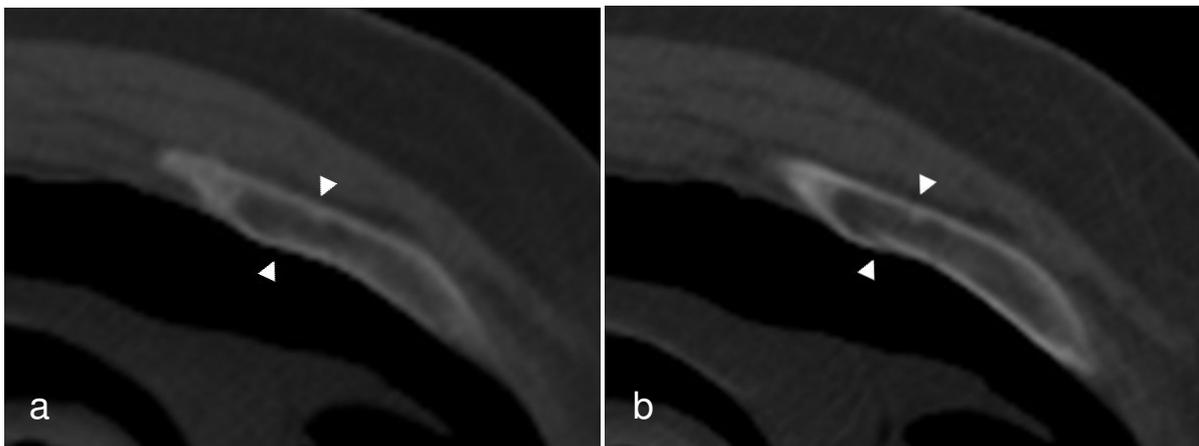


Abbildung 3.14: Auflösung 1 Bildausschnitte: Auflösung am Beispiel einer vollständigen Fraktur der linken 4. Rippe a: WP, Bildinformationen: WP (3,2mm/1,6mm), Knochenfenster, b: HWP, Bildinformationen: HWP (1,3mm/0,6mm), Knochenfenster

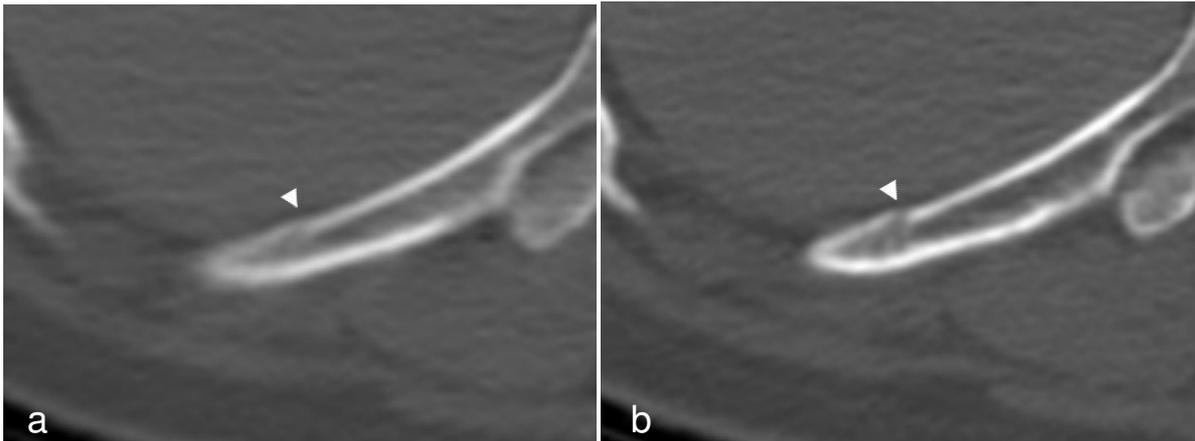


Abbildung 3.15: Auflösung 2 Bildausschnitte: Auflösung am Beispiel einer unvollständigen Fraktur der rechten 9. Rippe a: WP, Bildinformationen: WP (3,2mm/1,6mm), Knochenfenster, b: HWP, Bildinformationen: HWP (1,3mm/0,6mm), Knochenfenster

3.4 Einordnung der Ergebnisse in den wissenschaftlichen Kontext

Bei der Literaturrecherche fanden sich 13 Studien, die alle in 2.3 beschriebenen Kriterien erfüllten. In allen Studien wurde eine zusätzliche PMCT-Untersuchung zur invasiven Sektion durchgeführt und die Ergebnisse beider Verfahren verglichen. Die internationalen Studien sind aus den letzten 9 Jahren (2003 – 2012) mit Fallzahlen von 5 bis 40. Tabelle 3.24 veranschaulicht die Eckdaten der Studien. In einigen Studien fand eine Einschränkung der untersuchten Fälle auf einzelne traumatische Todesursachen statt. Die Auswertung ergab in 72 % (TU in PMCT und Sektion erkannt 130/180) eine einvernehmliche durch PMCT und Sektion festgestellte Todesursache.

Tabelle 3.24: Eckdaten der Studien

<i>Autor (erstste- hender)</i>	<i>Literatur- verweis</i>	<i>Land</i>	<i>Veröf- fentli- chung</i>	<i>Trauma- ursache</i>	<i>Anzahl der Fälle</i>	<i>TU in PMCT/Sektion erkannt</i>
Thali	(Thali et al. 2003b)	Schweiz	2003	unter- schiedlich	40	15/40
Yen	(Yen et al. 2005a)	Schweiz	2003	Genick- bruch	5	4/5
Paperno	(Paperno et al. 2005)	Deutschland	2005	unter- schiedlich	11	9/11
Levy	(Levy et al. 2006)	USA	2006	Schussver- letzungen	13	13/13
Harcke	(Harcke et al. 2007)	USA	2007	Schussver- letzungen	13	13/13
Yen	(Yen et al. 2007)	Schweiz	2007	Neurotrau- ma	24	19/24
Rutty	(Rutty et al. 2007)	UK	2007	unter- schiedlich	5	5/5
Hoey	(Hoey et al. 2007)	Israel	2007	unter- schiedlich	12	10/12
Christe	(Christe et al. 2008)	Schweiz	2008	Stumpfe Thorax- trauma	10	10/10
Andenmat- ten	(Andenmat- ten et al. 2008)	Schweiz	2008	Schussver- letzungen	22	17/22
Schnider	(Schnider et al. 2009)	Schweiz	2009	Schnitt- und Stichverlet- zungen	12	6/12
Cha	(Cha et al. 2010)	Korea	2010	unter- schiedlich	5	4/5
Jeffery	(Jeffery et al. 2011)	UK	2011	unter- schiedlich	8	5/8
Köwing		Deutschland	2012	unter- schiedlich	134	40/134

4 Diskussion

Weltweit wird die PMCT- Methode an immer mehr rechtsmedizinischen Einrichtungen als Ergänzung zur konventionellen Autopsie angewendet (Püschel 2007; Thali et al. 2009). In Hamburg werden seit 2008 regelmäßig PMCT-Untersuchungen durchgeführt. Der seit 2010 in Kooperation mit der Hamburger Justizbehörde gestartete Versuch zur Integration der PMCT in Sektionsprozess und -protokoll hat Modellcharakter in Deutschland. Schon in der Vergangenheit zeigte sich, dass die PMCT zur Erkennung von schweren Traumata gleichwertig oder der Autopsie überlegen ist (Thali et al. 2003b; Hoey et al. 2007), aber allein zur genauen Todesursachendiagnostik unzureichend erscheint. Umso wichtiger scheint es, die Zusammenarbeit der beiden Methoden zu evaluieren.

Es offenbaren sich immer noch Grenzen der PMCT-Methode, da sowohl die Anwendungserfahrung als auch die wissenschaftliche Datenbasis im Vergleich zur konventionellen invasiven Autopsie sehr begrenzt sind. Eine besondere Herausforderung für die Interpretation der PMCT-Bilder sind die nach dem Tod ablaufenden Prozesse. Dazu zählen Hypostase, Autolyse, Sedimentation und Fäulnis. Das Wissen um diese liegezeitabhängigen Veränderungen und deren Abgrenzung von pathologischen Befunden sind für den befunderhebenden Radiologen essentiell. Kenntnisse, die noch durch viele Studien gefestigt werden müssen, um die individuellen Liegezeitveränderungen richtig einordnen zu können. Denn gerade bei Organen, die für die Beurteilung der Todesursache eine wichtige Rolle spielen, wie z.B. der Lunge, sind diese Veränderungen (Eintreten von Flüssigkeit aus den umliegenden Geweben sowie Komprimierung durch Darmgasentwicklung) besonders stark ausgeprägt (Stein und Grünberg 2009). Aber auch im Gehirn kommt es zu unspezifischen postmortalen Zeichen, wie dem Verlust der kortikomedullären Differenzierung und einer ödematös bedingten Schwellung (Christe et al. 2010). Diese unspezifischen Veränderungen wurden auch in einer japanischen Studie festgestellt, für die die auftretenden Veränderungen durch eine stündlich durchgeführte PMCT-Untersuchung dokumentiert wurden. Dabei zeigten sich vielfältige Veränderungen. Aus den Ergebnissen lässt sich nach Ansicht der Autoren aber noch keine allgemeingültige Definition der liegezeitabhängigen Veränderungserscheinungen für einzelne Organe ableiten (Hasegawa et al. 2011). Doch diese Kenntnisse sind für den Radiologen, der die Befunde visuell diagnostizieren muss, von großer Bedeutung. Der Erfolg der PMCT hängt zum großen Teil vom Radiologen und dessen jeweiliger Erfahrung mit postmortalen Befunden und Veränderungen ab.

Ein großer Vorteil der PMCT ist die Möglichkeit einer Nachbeurteilung, welche bei einer invasiven Autopsie erschwert oder unmöglich ist, da die Zusammenhänge der Strukturen bereits getrennt wurden. Dieser Makel der konventionellen Sektion könnte durch eine vorab erstellte und allgemein anerkannte Tomographie reduziert werden.

Basis der retrospektiven Praxisbeobachtung zur PMCT-Anwendung waren insgesamt 134 Fälle, in denen die Sektion durch die Hamburger Staatsanwaltschaft angeordnet wurde und der neue Indikationskatalog Verwendung fand. Anhand dieser Daten wurde der Mehrwert des PMCT-Verfahrens für die gerichtliche Sektion beurteilt. Der Großteil der 134 Fälle entfiel mit jeweils ca. 30 % auf die Indikationsgruppen Behandlungsfehlerverdacht, Tötungsdelikte/Suizide und Unfälle. Die Anzahl der untersuchten Fälle für die Indikationsgruppen Fäulnisleiche, nicht identifizierte Leiche und Todesfall eines Kindes waren deutlich niedriger.

Die Übernahme des PMCT-Befundes ins Sektionsprotokoll fiel unterschiedlich ausführlich aus. Meist wurde nur die Zusammenfassung durch den Rechtsmediziner ins Protokoll übernommen (61 %). Eine Aufnahme des gesamten Befundes wurde nur in weniger Fällen (14 %) durchgeführt. Eine einheitliche Bestimmung zur Integration aber auch zum Aufbau des PMCT-Befundes ist erforderlich. Möglich wäre ein Aufbau des PMCT-Befundes ähnlich dem der inneren Besichtigung (vgl. 2.1.1.2). Auch ist darüber nachzudenken, ob der befundene Radiologe PMCT-Diagnosen wagt. Würden diese Änderungen in die tägliche Befunddokumentation übernommen, so sollte anschließend auch der Aufbau des Sektionsprotokolls überprüft werden. Eine Möglichkeit der vollständigen Integration der PMCT-Befunde in das Sektionsprotokoll ist die Einfügung der PMCT-Befunde nach Punkt B der inneren Besichtigung als neuen Punkt C. In das Sektionsgutachten würden dann statt der PMCT-Befunde die PMCT-Diagnosen eingefügt. Die zusammenfassende Befundwürdigung als zentraler Punkt würde unverändert Teil des Sektionsgutachtens bleiben. Eine bislang noch nicht in ausreichendem Maße erfolgte Evaluation der Methode und die geringe Erfahrung mit der PMCT bergen allerdings noch Unsicherheiten, die vereinzelt auch zu fehlerhaften Diagnosen führen können. Der Gewinn durch zusätzliche Informationen würde letztendlich aber überwiegen.

Eine zusammenführende Befundwürdigung wurde nur bei 89 der 134 Sektionsprotokolle erstellt. Eine konsequentere Nutzung dieser Möglichkeit zur Beurteilung der PMCT-Ergebnisse aus forensischer Sicht und Verknüpfung der Befunde wäre wünschenswert. Nicht nur für diese retrospektive Auswertung, sondern auch um dem Laien die Einordnung der PMCT-Ergebnisse zu erleichtern. Dieser Aspekt kann besonders dann wichtig werden, wenn die beiden Methoden

zu widersprüchlichen Ergebnissen kommen und das Sektionsprotokoll vor Gericht Verwendung findet.

Den zusammenführenden Befundwürdigungen wurde entnommen, welchen Wert die PMCT-Ergebnisse für die Befunderhebung des Rechtsmediziners im Alltag hatten. Die Auswertung zeigt, dass die Integration der PMCT-Methode in den Sektionsprozess aus forensischer Sicht einen effektiven Mehrwert erzielte. Die Rechtsmediziner sprachen sich in 71 % der Fälle affirmativ zum interdisziplinären Vorgehen und dessen Vorteilen aus. Bei über einem Drittel wurde eine Ergänzung der Sektionsergebnisse durch die PMCT-Befunderhebung oder ein Mehrwert durch die Rechtsmediziner formuliert. Bei einem weiteren Drittel wurden die PMCT-Befunde als eine Bereicherung der allgemeinen Sektion beschrieben. Die Verteilung des formulierten Erkenntniswertes weicht zwischen den einzelnen Indikationsgruppen nicht signifikant ab. Es sind weder Indikationsgruppen mit besonders hohem noch mit besonders niedrigem Mehrwert zu verzeichnen. Allerdings muss dabei berücksichtigt werden, dass für einige Indikationsgruppen nur eine geringe Fallzahl vorlag und insofern eine Beurteilung schwierig ist.

Mitunter wurden Befunde aus der PMCT-Untersuchung in die zusammenfassende Befundwürdigung übernommen, ohne dass sie durch die Sektion bestätigt werden konnten. Die Auswertung zeigt, dass es sich vorrangig um solche Befunde handelt, für die aus der Literatur eine gute Erkennbarkeit durch die PMCT-Untersuchung bekannt ist. Dazu gehören Frakturen, Gasansammlungen, Hirnbefunde, Fremdkörper und Metastasen. Insbesondere Gasansammlungen und Hirnbefunde sind mit einer konventionellen invasiven Sektion nur schwer nachzuweisen. Die Darstellung aller Bestandteile des Skelettsystems ist autoptisch möglich aber meist sehr zeitaufwändig.

Laut der zusammenfassenden Befundwürdigung haben sich die Erwartungen zur zusätzlichen Anwendung der PMCT-Methode erfüllt, da die ergänzenden PMCT-Befunde eine zielgerichtete Befunderhebung und eine Steigerung des Befundwertes ermöglichen. Eine Bestätigung der durch die invasive Sektion gewonnenen Ergebnisse durch die PMCT sichert den aus der invasiven Sektion ermittelten Befund ab und unterstützt damit den Rechtsmediziner in seiner Arbeit. Darüber hinaus erbringt die PMCT teils zusätzliche Befunde, die auf dem Wege der invasiven Sektion nicht gefunden wurden oder nicht gefunden werden konnten. Allerdings entfällt ein großer Anteil dieser zusätzlichen Befunde auf nicht todesursächliche Nebenbefunde. Trotzdem wird die Genauigkeit des Sektionsbefundes durch die Integration der PMCT-Befunde gesteigert.

Es wird allerdings auch klar, dass die PMCT zum jetzigen Zeitpunkt nicht das diagnostische Potenzial hat, die invasive Sektion zu ersetzen. Denn bis heute kann die reine PMCT-Diagnostik nicht alle wichtigen Fragen beantworten. So ist es z.B. noch nicht möglich, den Todeszeitpunkt zu bestimmen oder Informationen die durch visuelle Inspektion und Palpation während der Sektion gewonnen werden (Paperno et al. 2005) zu diagnostizieren. Die viel diskutierte Möglichkeit einer non-invasiven Untersuchung, die allein auf PMCT-Ergebnissen basiert (Rutty 2007), ist auch nach den Ergebnissen dieser Arbeit unrealistisch. Denn nur in 23 % der Fälle konnten den PMCT-Befundprotokollen die Hauptbefunde für die Todesursache und die der Kausalität entnommen werden. Bei 7 % wurde die Todesursache durch die PMCT-Methode erkannt aber keine rekonstruktiven Hinweise beigetragen. Die Todesursache wurde also in 30 % der Fälle durch die PMCT erkannt. Dieses ernüchternde Ergebnis lässt sich auch darauf zurückführen, dass durch den befundenen Radiologen nur selten eine mögliche Todesursache diagnostiziert wurde, sondern meist eine reine Befunddokumentation stattgefunden hat. Diese Tatsache erschwert eine retrospektive Evaluation. Bei einer im Vorwege durchgeplanten Studie wären die Ergebnisse für die PMCT vermutlich günstiger ausgefallen.

Nach dem Vergleich beider Disziplinen lässt sich zusammenfassend feststellen, dass nicht alle Todesursachen mit Hilfe der PMCT ermittelt werden konnten. Kann aber eine Todesursache auf Basis der PMCT-Untersuchungen bestimmt werden, so wird sie äußerst selten durch die Sektion falsifiziert. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit ist der zentrale Punkt, an dem in den nächsten Jahren gearbeitet werden muss, um den erzielten Mehrwert durch die Kombination der PMCT und der invasiven Sektion weiter zu steigern.

Die zusammenfassende Studie von M. Scholing (2009) zum Wert der PMCT als Alternative zur invasiven Sektion ergab bei der Beurteilung von 12 Studien mit traumatischen Todesursachen in 86 % eine einvernehmlich durch die PMCT-Untersuchung und die Sektion festgestellte Todesursache. Die hohe Diskrepanz zwischen den in dieser Arbeit ermittelten Werten und den Ergebnissen der zusammenfassenden Studie lässt sich zumindest teilweise aus der Wahl der Todesfälle erklären. In mehreren der zugrunde liegenden Einzelstudien wurden die untersuchten Todesfälle auf vergleichsweise leicht zu bestimmende Todesursachen wie Stich- oder Schussverletzungen beschränkt (vgl. auch Tabelle 3.24).

Aus der Untersuchung der PMCT-Protokolle zur Todesursachenbestimmung lässt sich auch ein Wert für die Sensitivität des Verfahrens ermitteln. Für die Gesamtheit der Fälle ergibt sich eine Sensitivität von 0,299 für die Bestimmung der Todesursache. Betrachtet man die Sensitivität für die einzelnen Indikationsgruppen, so ist sie bei Unfällen (0,68) und Tötungsdelikten (0,67)

besonders hoch. Für die Indikationsgruppen Fäulnisleichen, nicht identifizierte Leichen und Todesfälle von Kindern ist eine Auswertung auf Grund der geringen Fallzahl nicht sinnvoll. Für die Indikationsgruppe Behandlungsfehlerverdacht ergibt sich eine sehr geringe Sensitivität von 0,21. Ein Grund für die sehr unterschiedlichen Sensitivitäten der einzelnen Gruppen ist die unterschiedliche Art und Komplexität der Todesursachen. Bei Tötungsdelikten oder Unfällen liegen häufig singuläre und gut erkennbare Todesursachen wie z.B. Schussverletzungen oder Polytraumata vor. Beim Behandlungsfehlerverdacht haben die Verstorbenen häufig komplizierte Krankheitsverläufe hinter sich.

Auf Basis dieser Daten kann eine Beurteilung des existierenden Indikationskatalogs erfolgen. Dabei ist nur für die Indikationsgruppen mit hohen Fallzahlen wie Tötungsdelikte, Unfälle und Behandlungsfehlerverdacht eine Aussage möglich. Für alle drei Gruppen ergab die Auswertung der erhobenen Daten einen deutlichen Mehrwert der PMCT für die Sektion. Auf Grund der geringen Fallzahlen ist eine Beurteilung der Indikationsgruppen nicht identifizierte Leiche, Fäulnisleiche und Todesfälle von Kindern nicht seriös möglich. Für die Gruppe der Fäulnisleichen erschweren auftretende Gasansammlungen die PMCT-Befundung.

Mit Hilfe der postmortalen Bildgebung wurden im Zweitbefund mehr Frakturen diagnostiziert ($n = 587$) als während der Sektion ($n = 566$). Auch in anderen Studien war die PMCT im Vergleich zur Sektion bei der Bewertung von Knochenverletzungen vergleichbar effektiv (Christe et al. 2009). Für die Beurteilung des PMCT-Verfahrens wurde während der Untersuchungen die Sektion als Goldstandard herangezogen. Auf Grund der festgestellten höheren Effektivität der PMCT in Bezug auf die Diagnose von Frakturen könnte diese Priorisierung in Frage gestellt werden. In anderen Untersuchungen zeigt sich jedoch, dass die PMCT genauso oder nicht so effektiv wie die Sektion im Diagnostizieren von Frakturen ist (Levy et al. 2007; Aghayev et al. 2008; Molina et al. 2007). Gerade in Bezug auf Schädel- und Rippenfrakturen stellt sich eine schlechtere Visualisierbarkeit als bei anderen Frakturen heraus (Leth und Ibsen 2010; Jacobsen et al. 2009; Cattaneo et al. 2006). Die Auswertung der PMCT-Erstbefunderhebungen zeigt zudem, dass in diesen routinemäßig durchgeführten Untersuchungen nur 491 Frakturbefunde aufgenommen wurden. Es wurde also ca. 1/6 der Rippenfrakturen nicht diagnostiziert. Da es sich beim Erstbefundenden um einen sehr erfahrenen Radiologen handelte, sind die Differenzen zwischen Erst- und Zweitbefundung auf die für die Beurteilung zur Verfügung stehende Zeit zurückzuführen. Die Überlegungen zur Verwendung der PMCT als Goldstandard wäre nur unter der Voraussetzung einer sehr zeitaufwändigen und gründlichen Beurteilung der PMCT-Aufnahmen möglich und ist zur Zeit auch auf Grund der Literaturergebnisse nicht denkbar.

Denkbar wäre aber die Übernahme falsch positiver PMCT-Frakturbefunde, da bei einem auf den PMCT-Aufnahmen identifizierbaren Frakturspalt kein Zweifel an der Existenz der Fraktur besteht.

Natürlich sind Rippenfrakturen selten todesursächlich. Die Ergebnisse zeigen jedoch exemplarisch, welche Chancen und Risiken mit dem Einsatz der PMCT zur Frakturdiagnose verbunden sind. Die möglichst vollständige Erkennung aller Frakturen setzt eine sehr gründliche Analyse der PMCT-Untersuchungen voraus, für die das entsprechende Personal vorhanden sein muss. Diese Aussage lässt sich qualitativ vermutlich auch auf die Diagnose anderer Befunde übertragen. Sicherlich stellen im Vergleich zur klinischen Radiologie auch die Vielzahl an vorhandenen Befunden sowie die fehlende Fokussierung auf einzelne Körperregionen eine Herausforderung an den Befundenden dar. Wichtig für den forensisch geschulten Radiologen können daher auch Informationen zu den Todesumständen sein, die die Konzentration auf möglicherweise wichtige Befunde lenken. Schließlich hat sich dieses Vorgehen auch in der invasiven Sektion bewährt. Möglicherweise steigt bei genaueren Angaben zu den Todesumständen auch der Wert der PMCT im Bereich der Frakturen.

Es ergibt sich kein eindeutiges Bild der Vor- oder Nachteile einzelner Rippen hinsichtlich der Diagnostizierbarkeit von Frakturen. Die Werteverteilung der einzelnen Gütekriterien differiert zwischen den gegenüberliegenden Rippenpaaren teilweise stark. Auch in longitudinaler Richtung lassen sich keine Schwerpunkte mit besonders hoher/niedriger Auswertungsgüte feststellen. Für eine Erkennung evtl. vorhandener charakteristischer Verteilungen wären höhere Fallzahlen notwendig.

Hinsichtlich der Verteilung von Rippenfrakturbefunden auf die einzelnen Rippen finden sich unterschiedliche Ergebnisse in der Literatur. In forensischen Veröffentlichungen wird in der Verbindung mit Reanimationsversuchen beschrieben, dass Rippenbrüche der 2. - 7. Rippe im Bereich des anterioren Abschnitts am häufigsten zu beobachten sind (Yang et al. 2011; Hoke und Chamberlain 2004). In klinischer Literatur hingegen wird berichtet, dass ca. 70 % aller Rippenfrakturen auf die 4. - 9. Rippe entfallen (Gerrit Matthes und Axel Ekkernkamp 2010). In der vorliegenden Arbeit weisen die 2. - 7. Rippe die meisten richtig positiven Frakturbefunde auf. Dieses Ergebnis ergibt sich sowohl aus den PMCT-Zweitbefunden (Anteil 75 %) als auch aus den Sektionsbefunden (Anteil 72%). Damit decken sich die Ergebnisse mit denen der zuerst genannten, ebenfalls forensischen Studien.

Menschliche Rippen können bis zum strukturellen Versagen erheblichen elastischen und sogar plastischen Verformungen standhalten. Experimente zur Steifigkeit von Rippenabschnitten

zeigten, dass anteriore Bereiche weniger steif und somit stabiler sind als posteriore Bereiche (Daegling et al. 2008; Cormier 2003). Dieses bestätigt sich in dieser Arbeit nicht, denn die meisten Rippenfrakturen wurden am KKÜ und im anterioren Bereich diagnostiziert.

Die Übereinstimmung der Befundangaben nimmt mit detaillierterer Auswertung ab. Grund dafür sind unter anderem nicht vorhandene Angaben zu Frakturart und -häufigkeit im Sektionsprotokoll und in der CT-Erstbefunderhebung. Diese Daten wurden im forensischen Alltag vermutlich wegen fehlender Relevanz nicht in das Protokoll übernommen.

Anders als zuvor vermutet, ließ sich kein Zusammenhang in Bezug auf falsch negative Frakturbefunde der postmortalen Bildgebung bei erhöhtem Lebensalter erkennen. Die Erwartung, dass es abhängig vom Grad der Demineralisation der Knochen (bedingt durch Lebensalter, Krankheit oder auch Mangelernährung) während der Sektion häufig zu postmortalen Frakturen kommt, bestätigte sich nicht.

5 Zusammenfassung

Einleitung

Seit einigen Jahren wird der Mehrwert bildgebender Verfahren für die Sektion in einer Vielzahl von Studien untersucht (Paperno et al. 2005; Poulsen und Simonsen 2007; Scholing et al. 2009; Leth und Ibsen 2010). Als Ergebnis dieser Untersuchungen wurde die PMCT in einigen Ländern bereits in den Sektionsprozess integriert.

Die bisherigen Studien enthalten einen direkten Vergleich der Ergebnisse der invasiven Sektion mit denen der bildgebenden Verfahren anhand einer begrenzten Anzahl ähnlich gelagerter Fälle. Das sich daraus ergebende Bild zeigt die Eignung des Verfahrens für die Diagnose von traumatischen Todesursachen sowie die Schwierigkeiten, die im Zusammenhang mit postmortalen Strukturveränderungen entstehen.

Im Rahmen eines Modellversuchs des IfR in Zusammenarbeit mit der Staatsanwaltschaft Hamburg wurde daher die PMCT für eine definierte Indikationsgruppe in den Sektionsablauf aufgenommen.

Die vorliegende Arbeit evaluiert retrospektiv die Ergebnisse dieses Modellversuchs im Jahr 2010 hinsichtlich der Frage, welchen Mehrwert die PMCT dem Obduzenten im Praxisbetrieb bietet.

Material und Methode

Es wurden die Sektionsprotokolle aller 948 Sektionen erfasst, die 2010 am IfR durchgeführt wurden und relevante Daten in eine Datenbank aufgenommen. Für die Untersuchungen zum PMCT-Mehrwert wurden die 134 Sektionen ausgewertet, bei denen im Rahmen des Modellversuchs die Durchführung einer PMCT-Untersuchung durch die StA angeordnet wurde. Es wurden Angaben zur CT-Erstellung, zur zusammenfassenden Befundwürdigung, zur Todesursache und deren Kausalität, zur Sensitivität der Todesursachenerkennung und zum Vorkommen von Frakturen erfasst.

Am Beispiel von Rippenfrakturen erfolgte die gegenseitige Evaluation von PMCT und Sektion. Dazu wurden die Frakturbefunde aus dem Sektionsprotokoll und aus dem PMCT-Befund gegenübergestellt und hinsichtlich der Häufigkeit, der Lokalisation, der Art und des Entstehungszeitpunkts verglichen. Zusätzlich erfolgte im Rahmen dieser Arbeit eine PMCT-Zweitbefunderhebung im Konsens mit dem erstbefunderhebenden Radiologen.

Ergebnisse

Von 948 insgesamt erfassten Sektionen wurden 317 von der Hamburger Staatsanwaltschaft angeordnet und waren damit Basis des Modellversuchs. Für 134 Sektionen erfolgte nach den Kriterien des Indikationskatalogs eine zusätzliche PMCT-Untersuchung, also in 42% der betrachteten Fälle.

In 89 Fällen wurden die Ergebnisse von invasiver Sektion und PMCT in einer zusammenfassenden Befundwürdigung durch den Obduzenten zusammengeführt. Dabei wurde in 71 % der Fälle ein durch die PMCT erbrachter Mehrwert formuliert.

In 40 Fällen wurde die durch die invasive Sektion bestimmte Todesursache auch durch die PMCT mit hoher Wahrscheinlichkeit erkannt. Es ergibt sich eine Sensitivität von 0,299. In 53 Fällen wurden Hinweise auf die Todesursache gegeben.

Für den detaillierten Vergleich der invasiven Sektion mit der PMCT anhand der Rippenfrakturen wurden 54 Fälle mit Rippenfrakturen ausgewertet. So ergab sich eine Gesamtzahl von 1296 Befunden. Durch die invasive Sektion wurden insgesamt $n=566$, durch die PMCT-Erstbefunderhebung $n=491$ und durch die PMCT-Zweitbefunderhebung $n=587$ Frakturen diagnostiziert. Ein Vergleich der Ergebnisse von invasiver Sektion und PMCT-Zweitbefunderhebung ergab eine Falschklassifikationsrate von 11,5 %, der Vergleich PMCT-Erstbefunderhebung und PMCT-Zweitbefunderhebung eine Falschklassifikationsrate von 10 %.

Diskussion

Die PMCT-Methode ist schon heute aus der Rechtsmedizin nicht mehr weg zu denken und stellt eine diagnostische Ergänzung zur konventionellen Autopsie dar (Scholing et al. 2009). In der Zukunft wird die Rolle der PMCT in Bezug auf die „virtuelle Autopsie“ mit multimodalem Vorgehen eine stärkere Rolle spielen (Heinemann et al. 2012). Die Auswertung der erfassten Daten zeigt deutlich, dass die sezierenden Rechtsmediziner dem Einsatz der PMCT und deren Ergebnissen positiv gegenüberstehen und sich im überwiegenden Teil der Fälle ein Mehrwert durch die PMCT ergibt. Die Integration der PMCT in den Sektionsprozess sollte daher weiter vorangetrieben werden.

Die Qualität der mit Hilfe der PMCT erlangten Erkenntnisse hängt stark von der Erfahrung des befundenden Radiologen ab. Die Erforschung der liegezeitabhängigen Veränderungen der einzelnen Organe und der daraus resultierenden Erscheinungsbilder steht noch am Anfang.

Eine Verbesserung der Dokumentation forensisch relevanter Ergebnisse wäre erstrebenswert. In Zukunft sollte zur Förderung der internationalen Zusammenarbeit, der medizinischen Qualitätssicherung und der Objektivierbarkeit von radiologischen Befunden ein standardisiertes, forensisch orientiertes CT-Protokoll entwickelt werden.

6 Literaturverzeichnis

- Aghayev, Emin; Staub, Lukas; Dirnhofer, Richard; Ambrose, Tony; Jackowski, Christian; Yen, Kathrin et al. (2008): Virtopsy - the concept of a centralized database in forensic medicine for analysis and comparison of radiological and autopsy data. In: *J Forensic Leg Med* 15 (3), S. 135–140.
- Andenmatten, M. A.; Thali, M. J.; Kneubuehl, B. P.; Oesterhelweg, L.; Ross, S.; Spendlove, D.; Bolliger, S. A. (2008): Gunshot injuries detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT): a feasibility study. In: *Leg Med (Tokyo)* 10 (6), S. 287–292.
- Brogdon, B. G.; Lichtenstein, Joel E. (2011): Forensic radiology in historical perspective. In: Michael J. Thali, Mark D. Viner und B. G. Brogdon: *Brogdon's forensic radiology*. 2. Aufl. Boca Raton, FL: CRC Press, S. 9–24.
- Brogdon, Byron Gilliam (1998): *Forensic radiology*. Boca Raton: CRC Press. Online verfügbar unter <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0646/97043645-d.html>.
- Buschmann, Claas T.; Tsokos, Michael (2009): Frequent and rare complications of resuscitation attempts. In: *Intensive Care Med* 35 (3), S. 397–404.
- Cattaneo, C.; Marinelli, E.; Di Giancamillo, A.; Di Giancamillo, M.; Travetti, O.; Vigano', L. et al. (2006): Sensitivity of autopsy and radiological examination in detecting bone fractures in an animal model: implications for the assessment of fatal child physical abuse. In: *Forensic Sci. Int* 164 (2-3), S. 131–137.
- Cha, Jang Gyu; Kim, Dong Hun; Kim, Dae Ho; Paik, Sang Hyun; Park, Jai Soung; Park, Seong Jin et al. (2010): Utility of postmortem autopsy via whole-body imaging: initial observations comparing MDCT and 3.0 T MRI findings with autopsy findings. In: *Korean J Radiol* 11 (4), S. 395–406.
- Christe, Andreas; Aghayev, Emin; Jackowski, Christian; Thali, Michael J.; Vock, Peter (2008): Drowning--post-mortem imaging findings by computed tomography. In: *Eur Radiol* 18 (2), S. 283–290.
- Christe, Andreas; Flach, Patricia; Ross, Steffen; Spendlove, Danny; Bolliger, Stephan; Vock, Peter; Thali, Michael J. (2010): Clinical radiology and postmortem imaging (Virtopsy) are not the same: Specific and unspecific postmortem signs. In: *Leg Med (Tokyo)* 12 (5), S. 215–222.
- Christe, Andreas; Ross, Steffen; Oesterhelweg, Lars; Spendlove, Danny; Bolliger, Stephan; Vock, Peter; Thali, Michael J. (2009): Abdominal trauma--sensitivity and specificity of postmortem noncontrast imaging findings compared with autopsy findings. In: *J Trauma* 66 (5), S. 1302–1307.
- Cormier, Joseph Michael (2003): *Microstructural and mechanical properties of human ribs*. [Blacksburg, Va: University Libraries, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Daegling, David J.; Warren, Michael W.; Hotzman, Jennifer L.; Self, Casey J. (2008): Structural analysis of human rib fracture and implications for forensic interpretation. In: *J. Forensic Sci* 53 (6), S. 1301–1307.
- Dettmeyer, Reinhard B.; Verhoff, Marcel A.; Schütz, H. (2011): *Rechtsmedizin*. Mit 111 Tabellen. Heidelberg: Springer Medizin (Springer-Lehrbuch).
- Dirnhofer, Richard; Thali, Michael J. (2009): Virtopsy after more than some 100 cases: statement and perspectives of forensic imaging by using 3D optical and combined CT/MRI whole-body scanning. In: Michael J. Thali, Richard Dirnhofer und Peter Vock: *The virtopsy approach*.

- 3D optical and radiological scanning and reconstruction in forensic medicine. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis, S. 19–25.
- Flach, Patricia; Ross, Steffen G.; Christe, Andreas; Thali, Michael J. (2011): Clinical and forensic radiology are not the same. In: Michael J. Thali, Mark D. Viner und B. G. Brogdon: Brogdon's forensic radiology. 2. Aufl. Boca Raton, FL: CRC Press, S. 409–439.
- Gerrit Matthes und Axel Ekkernkamp (2010): Thoraxtrauma. In: Thomas Hachenberg, Tobias Welte und Gerhard Brodner: Anästhesie und Intensivtherapie in der Thoraxchirurgie. 75 Tabellen. Stuttgart: Thieme.
- Harcke, H. Theodore; Levy, Angela D.; Abbott, Robert M.; Mallak, Craig T.; Getz, John M.; Champion, Howard R.; Pearse, Lisa (2007): Autopsy radiography: digital radiographs (DR) vs multidetector computed tomography (MDCT) in high-velocity gunshot-wound victims. In: *Am J Forensic Med Pathol* 28 (1), S. 13–19.
- Hasegawa, I.; Nushida, Hideyuki; Vogel, Hermann; Püschel, Klaus (2011): Corpses move in post-mortem radiographic imaging. In: Hideyuki Nushida, Hermann Vogel, Klaus Püschel und Axel Heinemann: Der durchsichtige Tote - Post-Mortem-CT und forensische Radiologie. Hamburg: Kovač, S. 19–20.
- Heinemann, Axel; Seifert, Dragana; Denzer, Ulrike; Rösch, Thomas; Lorenzen, Martin; Adam, Gerhard et al. (2012): Moderne Leichenschau - Die Entwicklung der multimodalen virtuellen Autopsie und ihre Anwendungsmöglichkeiten in Rechtsmedizin und Pathologie. In: *Hamburger Ärzteblatt* 66, S. 12–17.
- Hoey, Brian A.; Cipolla, James; Grossman, Michael D.; McQuay, Nathaniel; Shukla, Pratik R.; Stawicki, Stanislaw P. et al. (2007): Postmortem computed tomography, "CATopsy", predicts cause of death in trauma patients. In: *J Trauma* 63 (5), S. 979-85; discussion 985-6.
- Hoke, Robert Sebastian; Chamberlain, Douglas (2004): Skeletal chest injuries secondary to cardiopulmonary resuscitation. In: *Resuscitation* 63 (3), S. 327–338.
- Hong, Terence S.; Reyes, Jeanette A.; Moineddin, Rahim; Chiasson, David A.; Berdon, Walter E.; Babyn, Paul S. (2011): Value of postmortem thoracic CT over radiography in imaging of pediatric rib fractures. In: *Pediatr Radiol* 41 (6), S. 736–748.
- Jacobsen, Christina; Bech, Birthe H.; Lynnerup, Niels (2009): A comparative study of cranial, blunt trauma fractures as seen at medicolegal autopsy and by computed tomography. In: *BMC Med Imaging* 9, S. 18.
- Jeffery, A.; Raj, V.; Morgan, B.; West, K.; Ruddy, G. N. (2011): The criminal justice system's considerations of so-called near-virtual autopsies: the East Midlands experience. In: *J Clin Pathol* 64 (8), S. 711–717.
- Koch, Veronika (2009): Methodenvergleich zwischen postmortalen CT- und MRT-Bildgebung in der forensischen Begutachtung. Diplomarbeit. Medizinischen Universität Graz, Graz. Institut für Gerichtliche Medizin.
- Leth, Peter Mygind (2007): The use of CT scanning in forensic autopsy. In: *Forensic Science, Medicine, and Pathology* (1), S. 65–69.
- Leth, Peter Mygind (2009): Computerized tomography used as a routine procedure at postmortem investigations. In: *Am J Forensic Med Pathol* 30 (3), S. 219–222.
- Leth, Peter Mygind; Ibsen, Marlene (2010): Abbreviated injury scale scoring in traffic fatalities: comparison of computerized tomography and autopsy. In: *J Trauma* 68 (6), S. 1413–1416.
- Levy, Angela D.; Abbott, Robert M.; Mallak, Craig T.; Getz, John M.; Harcke, H. Theodore; Champion, Howard R.; Pearse, Lisa A. (2006): Virtual autopsy: preliminary experience in high-velocity gunshot wound victims. In: *Radiology* 240 (2), S. 522–528.

- Levy, Gad; Goldstein, Liav; Blachar, Arye; Apter, Sara; Barenboim, Erez; Bar-Dayan, Yaron et al. (2007): Postmortem computed tomography in victims of military air mishaps: radiological-pathological correlation of CT findings. In: *Isr. Med. Assoc. J* 9 (10), S. 699–702.
- Madea, Burkhard (Hg.) (2007): Praxis Rechtsmedizin. Befunderhebung, Rekonstruktion, Begutachtung. 2. Aufl.: Springer-Verlag. Online verfügbar unter http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok_id/12505.
- Molina, D. Kimberley; Nichols, Joanna J.; Dimaio, Vincent J. M. (2007): The sensitivity of computed tomography (CT) scans in detecting trauma: are CT scans reliable enough for courtroom testimony? In: *J Trauma* 63 (3), S. 625–629.
- Paperno, S.; Riepert, T.; Krug, B.; Rothschild, M. A.; Schultes, A.; Staak, M.; Lackner, L. (2005): Prospektive Untersuchung zur Wertigkeit der postmortalen Computertomographie im Vergleich zur Autopsie. In: *RöFo* 177 (1), S. 130–136.
- Penning, Randolph; Anslinger, Katja (2006): Rechtsmedizin systematisch. 2. Aufl. Bremen: UNI-MED Verl (Klinische Lehrbuchreihe).
- Poulsen, Klaus; Simonsen, Jørn (2007): Computed tomography as routine in connection with medico-legal autopsies. In: *Forensic Sci. Int* 171 (2-3), S. 190–197.
- Püschel, Klaus (2007): Schöne neue Welt von Virtopsy®, Autopsy Imaging, Radiosektion und Nekroradiologie. In: *Rechtsmedizin* 17, S. 5–6.
- Rothschild, M.A; Krug, B.; Riepert, T. (2001): Postmortale Röntgendiagnostik in der Rechtsmedizin. In: *Rechtsmedizin* (5), S. 230–243.
- Ruder, Thomas D.; Hatch, Gary M.; Thali, Michael J.; Fischer, Nadja (2011): One small scan for radiology, one giant leap for forensic medicine - Post-mortem imaging replaces forensic autopsy in a case of traumatic aortic laceration. In: *Leg Med (Tokyo)* 13 (1), S. 41–43.
- Rutty, G. N. (2007): Are autopsies necessary? In: *Rechtsmedizin* 17 (1), S. 21–28.
- Rutty, Guy N.; Robinson, Claire E.; BouHaidar, Ralph; Jeffery, Amanda J.; Morgan, Bruno (2007): The role of mobile computed tomography in mass fatality incidents. In: *J. Forensic Sci* 52 (6), S. 1343–1349.
- Scharf, Lorenz B. (2011): Virtuelle Endoskopie mit Computertomographie post mortem: Herz, Aortenklappen, Mitralklappe. Hamburg: Kovač.
- Schnider, J.; Thali, M. J.; Ross, S.; Oesterhelweg, L.; Spendlove, D.; Bolliger, S. A. (2009): Injuries due to sharp trauma detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT): a feasibility study. In: *Leg Med (Tokyo)* 11 (1), S. 4–9.
- Scholing, M.; Saltzherr, T. P.; Fung Kon Jin, P. H. P.; Ponsen, K. J.; Reitsma, J. B.; Lameris, J. S.; Goslings, J. C. (2009): The value of postmortem computed tomography as an alternative for autopsy in trauma victims: a systematic review. In: *Eur Radiol* 19 (10), S. 2333–2341.
- Stein, K.M; Grünberg, K. (2009): Forensische Radiologie. In: *Der Radiologe* (1).
- Thali, Michael J.; Braun, Marcel; Buck, Ursula; Aghayev, Emin; Jackowski, Christian; Vock, Peter et al. (2005): VIRTOPSY--scientific documentation, reconstruction and animation in forensic: individual and real 3D data based geo-metric approach including optical body/object surface and radiological CT/MRI scanning. In: *J. Forensic Sci* 50 (2), S. 428–442.
- Thali, Michael J.; Braun, Marcel; Wirth, Joachim; Vock, Peter; Dirnhofer, Richard (2003a): 3D surface and body documentation in forensic medicine: 3-D/CAD Photogrammetry merged with 3D radiological scanning. In: *J. Forensic Sci* 48 (6), S. 1356–1365.
- Thali, Michael J.; Dirnhofer, Richard; Vock, Peter (2009): The virtopsy approach. 3D optical and radiological scanning and reconstruction in forensic medicine. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis.

- Thali, Michael J.; Jackowski, Christian; Oesterhelweg, Lars; Ross, Steffen G.; Dirnhofer, Richard (2007): VIRTOPSY - the Swiss virtual autopsy approach. In: *Leg Med (Tokyo)* 9 (2), S. 100–104.
- Thali, Michael J.; Yen, Kathrin; Schweitzer, Wolf; Vock, Peter; Boesch, Chris; Ozdoba, Christoph et al. (2003b): Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI)-- a feasibility study. In: *J. Forensic Sci* 48 (2), S. 386–403.
- Traub, Matthias; Stevenson, Mark; McEvoy, Suzanne; Briggs, Greg; Lo, Sing Kai; Leibman, Steven; Joseph, Tony (2007): The use of chest computed tomography versus chest X-ray in patients with major blunt trauma. In: *Injury* 38 (1), S. 43–47.
- Vogel, Hermann; Jung, Christopher (1997): Gewalt im Röntgenbild. Univ., FB Medizin, Landsberg/Lech, Hamburg.
- Wirth, Ingo; Schmeling, Andreas (2012): Rechtsmedizin. Grundwissen für die Ermittlungspraxis. 3. Aufl. Heidelberg, Hamburg: Kriminalistik Verl. Verl.-Gruppe Hüthig Jehle Rehm (Grundlagen, 43).
- Wüllenweber, R.; Schneider, V.; Grumme, Th (1977): Computertomographische Untersuchungen bei Schädel-Schuß-Verletzungen. In: *Z Rechtsmed* 80 (3), S. 227–246.
- Yang, Kyung-Moo; Lynch, Matthew; O'Donnell, Chris (2011): "Buckle" rib fracture: an artifact following cardio-pulmonary resuscitation detected on postmortem CT. In: *Leg Med (Tokyo)* 13 (5), S. 233–239.
- Yen, Kathrin; Lövblad, Karl-Olof; Scheurer, Eva; Ozdoba, Christoph; Thali, Michael J.; Aghayev, Emin et al. (2007): Post-mortem forensic neuroimaging: correlation of MSCT and MRI findings with autopsy results. In: *Forensic Sci. Int* 173 (1), S. 21–35.
- Yen, Kathrin; Sonnenschein, Martin; Thali, Michael J.; Ozdoba, Christof; Weis, Joachim; Zwygart, Karin et al. (2005a): Postmortem multislice computed tomography and magnetic resonance imaging of odontoid fractures, atlantoaxial distractions and ascending medullary edema. In: *Int. J. Legal Med* 119 (3), S. 129–136.
- Yen, Kathrin; Thali, Michael J.; Aghayev, Emin; Jackowski, Christian; Schweitzer, Wolf; Boesch, Chris et al. (2005b): Strangulation signs: initial correlation of MRI, MSCT, and forensic neck findings. In: *J Magn Reson Imaging* 22 (4), S. 501–510.

A Anhang

Tabelle A.1: Ausführlicher Rippenfrakturvergleich PMCT-Erstbefund/-Zweitbefund

Rippe	rechts						Links					
	<i>Anzahl der übereinstimmenden Befunde</i>			<i>Anzahl der nicht übereinstimmenden Befunde</i>			<i>Anzahl der übereinstimmenden Befunde</i>			<i>Anzahl der nicht übereinstimmenden Befunde</i>		
	positiv	negativ	gesamt	positiv	negativ	gesamt	positiv	negativ	gesamt	positiv	negativ	gesamt
1.	7	44	51	1	2	3	9	42	51	-	3	3
2.	28	20	48	-	6	6	24	24	48	-	6	6
3.	36	16	52	-	2	2	30	16	46	-	8	8
4.	36	15	51	1	2	3	29	16	45	-	9	9
5.	39	12	51	-	3	3	33	14	47	1	6	7
6.	36	12	48	-	6	6	29	16	45	1	8	9
7.	27	18	45	2	7	9	25	21	46	1	7	8
8.	18	27	45	1	8	9	15	34	49	1	4	5
9.	13	38	51	-	3	3	12	39	51	1	2	3
10.	11	40	51	1	2	3	9	43	52	1	1	2
11.	4	47	51	-	3	3	5	45	50	-	4	4
12.	2	50	51	-	2	2	2	48	50	-	4	4
Gesamt	257	339	596	6	46	52	222	358	580	6	62	68

Tabelle A.2: Anzahl von Frakturbefunden der einzelnen Rippen, Vergleich CT-Erstbefund/CT-Zweitbefund (Referenz für die Abweichung: Gesamtanzahl)

Rippe	rechts					links				
	Befunde im PMCT-Erstbefund		Befunde im PMCT-Zweitbefund		Abweichung f_p+f_n /FKR	Befunde im PMCT-Erstbefund		Befunde im PMCT-Zweitbefund		Abweichung f_p+f_n /FKR
	positiv	negativ	positiv	negativ		positiv	negativ	positiv	negativ	
1.	8	46	9	45	3 6 %	9	45	12	42	3 6 %
2.	28	26	34	20	6 11 %	24	30	30	24	6 11 %
3.	36	18	38	16	2 4 %	30	24	38	16	8 15 %
4.	37	17	38	16	3 6 %	29	25	38	16	9 17 %
5.	39	15	42	12	3 6 %	34	20	39	15	7 13 %
6.	36	18	42	12	6 11 %	30	24	37	17	9 17 %
7.	29	25	34	20	9 17 %	26	28	32	22	8 15 %
8.	19	35	26	29	9 17 %	16	38	19	35	5 9 %
9.	13	41	16	38	3 6 %	13	41	14	40	3 6 %
10.	12	42	13	41	3 6 %	10	44	10	44	2 4 %
11.	4	50	7	47	3 6 %	5	49	9	45	4 7 %
12.	2	52	4	50	2 4 %	2	52	6	48	4 7 %
Gesamt	263	385	303	345	52 8 %	228	420	284	364	68 10 %

Tabelle A.3: Ausführlicher Vergleich der Häufigkeit von Frakturbefunden im PMCT-Erst- und Zweitbefund

Rippe	rechts									links								
	FB im PMCT-Erstbefund			FB im PMCT-Zweitbefund			Gesamtabweichung			FB im PMCT-Erstbefund			FB im PMCT-Zweitbefund e			Gesamtabweichung		
	ein-fach	mehr-fach	nega-tiv	ein-fach	mehr-fach	nega-tiv	falsch ein-fach	falsch mehr-fach	f _p +f _n	ein-fach	mehr-fach	keine	ein-fach	mehr-fach	nega-tiv	falsch ein-fach	falsch mehr-fach	f _p +f _n
1.	4	4	46	6	3	45	6 100 %	3 100 %	3 7 %	4	5	45	7	5	42	5 71 %	2 40 %	3 7 %
2.	24	4	26	29	5	20	9 31 %	3 60 %	6 30 %	19	5	30	21	9	24	8 38 %	4 44 %	6 25 %
3.	28	8	18	27	11	16	13 48 %	11 100 %	2 13 %	24	6	24	24	14	16	14 58 %	8 57 %	8 50 %
4.	30	7	17	25	13	16	13 52 %	10 77 %	3 19 %	23	6	25	27	11	16	14 52 %	5 45 %	9 56 %
5.	33	6	15	29	13	12	8 28 %	7 54 %	3 25 %	28	6	20	28	11	16	10 36 %	5 45 %	7 44 %
6.	31	5	18	29	13	12	16 55 %	10 77 %	6 50 %	24	6	24	26	11	18	12 46 %	5 45 %	9 50 %
7.	25	5	25	21	13	20	18 86 %	10 77 %	8 40 %	20	6	28	23	9	23	13 57 %	5 56 %	8 35 %
8.	15	4	35	18	8	28	15 83 %	6 75 %	9 32 %	10	6	38	10	9	36	10 100 %	5 56 %	5 14 %
9.	9	4	41	11	5	38	6 55 %	3 60 %	3 8 %	9	4	41	8	6	41	5 63 %	2 33 %	3 7 %
10.	10	2	42	8	5	41	4 50 %	3 60 %	3 7 %	6	4	44	5	5	45	3 60 %	1 20 %	2 4 %
11.	3	1	50	6	1	47	3 50 %	-	3 6 %	2	3	49	3	6	45	1 33 %	3 50 %	4 9 %
12.	1	1	52	3	1	50	2 67 %	-	2 4 %	1	1	52	3	3	448	2 67 %	2 67 %	4 8 %
Gesamt	213	51	385	212	91	345	113 53 %	66 73 %	51 15 %	170	58	420	185	99	370	97 52 %	47 47 %	68 18 %

Tabelle A.4: Ausführlicher Vergleich der Häufigkeit von Frakturen der PMCT-Erstbefundung mit der PMCT-Zweitbefundung bei übereinstimmenden und nicht übereinstimmenden Befunden

<i>Rippe</i>	<i>Rechts</i>								<i>links</i>							
	<i>Übereinstimmende Befunde</i>		<i>Nicht übereinstimmende Befunde</i>						<i>Übereinstimmende Befunde</i>		<i>Nicht übereinstimmende Befunde</i>					
	ein-fach	mehr-fach	<i>Falsche Häufigkeit</i>		<i>PMCT-Erstb. f_p</i>		<i>PMCT-Erstb. f_n</i>		ein-fach	mehr-fach	<i>Falsche Häufigkeit</i>		<i>PMCT-Erstb. f_p</i>		<i>PMCT-Erstb. f_n</i>	
			ein-fach	mehr-fach	ein-fach	mehr-fach	ein-fach	mehr-fach			ein-fach	mehr-fach	ein-fach	mehr-fach	ein-fach	mehr-fach
1.	2	2	2	1	1	-	2	-	3	4	1	1	-	-	3	-
2.	22	3	1	2	-	-	6	-	16	5	-	3	-	-	5	1
3.	21	4	3	7	-	-	2	1	17	6	-	7	-	-	7	1
4.	21	5	2	8	1	-	2	-	18	6	-	5	-	-	9	-
5.	27	6	-	6	-	-	2	1	23	6	-	4	1	-	5	1
6.	22	4	1	9	-	-	6	-	19	6	-	4	1	-	7	1
7.	14	4	1	9	2	-	6	-	15	5	1	4	1	-	7	-
8.	9	3	1	5	1	-	8	-	5	5	1	4	1	-	4	-
9.	7	3	1	2	-	-	3	-	6	4	-	2	1	-	2	-
10.	7	2	-	2	1	-	1	1	4	4	-	1	1	-	1	-
11.	3	1	-	-	-	-	3	-	2	3	-	-	-	-	1	3
12.	1	1	-	-	-	-	2	-	1	1	-	-	-	-	2	2
<i>Gesamt</i>	156	38	12	51	6	0	43	3	129	55	3	35	6	0	53	9

Tabelle A.5: Ausführlicher Rippenfrakturvergleich PMCT-Zweitbefund/Sektion

<i>Rippe</i>	<i>Rechts</i>						<i>links</i>					
	<i>Anzahl der übereinstimmenden Befunde</i>			<i>Anzahl der nicht übereinstimmenden Befunde</i>			<i>Anzahl der übereinstimmenden Befunde</i>			<i>Anzahl der nicht übereinstimmenden Befunde</i>		
	positiv	negativ	gesamt	positiv	negativ	gesamt	positiv	negativ	gesamt	positiv	negativ	gesamt
1.	7	41	48	2	4	6	10	40	50	2	2	4
2.	27	17	44	7	3	10	26	17	43	4	7	11
3.	34	16	50	4	-	4	31	13	44	7	3	10
4.	35	16	51	3	-	3	30	12	42	8	4	12
5.	37	10	47	5	2	7	34	13	47	5	2	7
6.	36	11	47	6	1	7	34	17	51	3	0	3
7.	26	15	41	8	5	13	28	18	46	4	4	8
8.	22	26	48	4	2	6	17	31	48	2	4	6
9.	15	34	49	1	4	5	14	36	50	-	4	4
10.	9	39	48	4	2	6	10	43	53	-	1	1
11.	5	43	48	2	4	6	7	45	52	2	-	2
12.	3	45	48	1	5	6	5	47	52	1	1	2
<i>Gesamt</i>	256	313	569	47	32	79	246	332	578	38	32	70

Tabelle A.6: Anzahl der Frakturbefunde der einzelnen Rippen, Vergleich CT-Zweitbefund/Sektion

Rippe	rechts					links				
	Befunde im PMCT-Zweitbefund		Befunde in der Sektion		Abweichung $f_p + f_n$ /FKR	Befunde im PMCT-Zweitbefund		Befunde in der Sektion		Abweichung $f_p + f_n$ /FKR
	positiv	negativ	positiv	negativ		positiv	negativ	positiv	negativ	
1.	9	45	11	43	6 11 %	12	42	12	42	4 7 %
2.	34	20	30	24	10 19 %	30	24	33	21	11 20 %
3.	38	16	34	20	4 7 %	38	16	34	20	10 19 %
4.	38	16	35	19	3 6 %	38	16	34	20	12 22 %
5.	42	12	39	15	7 13 %	39	15	36	18	7 13 %
6.	42	12	37	17	7 13 %	37	17	34	20	3 6 %
7.	34	20	31	23	13 24 %	32	22	32	22	8 15 %
8.	26	28	24	30	6 11%	19	35	21	33	6 11 %
9.	16	38	19	35	5 9 %	14	40	18	36	4 7 %
10.	13	41	11	43	6 11 %	10	44	11	43	1 2 %
11.	7	47	9	45	6 11 %	9	45	7	47	2 4 %
12.	4	50	8	46	6 11 %	6	48	6	48	2 4 %
<i>Gesamt</i>	303	345	288	360	79 12 %	284	364	278	370	70 11 %

Tabelle A.7: Ausführlicher Vergleich der Häufigkeit von Frakturbefunden im PMCT- Zweitbefund und in der Sektion

Rippe	rechts									links								
	FB im PMCT- Zweitbefund			FB in der Sektion			Gesamtabweichung (Häufigkeit/FB, $f_p + f_n$)			FB im PMCT- Zweitbefund			FB in der Sektion			Gesamtabweichung (Häufigkeit/FB, $f_p + f_n$)		
	ein- fach	mehr- fach	nega- tiv	ein- fach	mehr- fach	nega- tiv	ein- fach	mehr- fach	nega- tiv	ein- fach	mehr- fach	keine	ein- fach	mehr- fach	keine	ein- fach	mehr- fach	nega- tiv
1.	6	3	45	6	5	45	8 133 %	2 40 %	6 13 %	7	5	42	7	5	42	4 57 %	-	4 10 %
2.	29	5	20	24	6	25	11 46 %	3 50 %	10 40 %	21	9	24	26	7	22	15 58 %	6 86 %	11 50 %
3.	27	11	16	25	9	24	14 56 %	10 111 %	4 17 %	24	14	16	27	7	20	15 56 %	7 100 %	10 50 %
4.	25	13	16	26	9	21	11 42 %	8 89 %	3 14 %	27	11	16	27	7	20	16 59 %	4 57 %	12 60 %
5.	29	13	12	31	8	17	14 45 %	9 113 %	7 41 %	28	11	15	29	7	19	13 45 %	6 86 %	7 37 %
6.	29	13	12	29	8	19	16 55 %	9 113 %	7 37 %	26	11	17	27	7	21	9 33 %	6 86 %	3 14 %
7.	21	13	20	24	7	23	19 79 %	6 86 %	13 57 %	23	9	22	25	7	23	10 40 %	4 57 %	8 35 %
8.	18	8	28	17	7	32	11 65 %	5 71 %	6 19 %	10	9	35	15	6	34	11 73 %	5 83 %	6 18 %
9.	11	5	38	12	7	38	9 75 %	4 57 %	5 13 %	8	6	40	12	6	37	6 50 %	2 33 %	4 11 %
10.	8	5	41	7	4	45	7 100 %	5 125 %	6 13 %	5	5	44	7	4	44	4 57 %	3 75 %	1 2 %
11.	6	1	47	6	3	47	8 133 %	2 67 %	6 13 %	3	6	45	3	4	47	2 67 %	2 50 %	2 4 %
12.	3	1	50	5	3	47	6 120 %	2 67 %	6 13 %	3	3	48	3	3	48	2 67 %	-	2 4 %
Gesamt	212	91	345	212	76	383	134 63 %	65 86 %	79 21 %	185	99	364	208	70	377	107 51 %	45 64 %	70 19 %

Tabelle A.8: Ausführlicher Vergleich der Häufigkeit von Frakturen der PMCT-Zweitbefundung mit der Sektion bei übereinstimmenden und nicht übereinstimmenden Befunden

<i>Rippe</i>	<i>Rechts</i>								<i>Links</i>							
	<i>Übereinstimmende Befunde</i>		<i>Nicht übereinstimmende Befunde</i>						<i>Übereinstimmende Befunde</i>		<i>Nicht übereinstimmende Befunde</i>					
	ein-fach	mehr-fach	<i>Falsche Häufigkeit</i>		<i>PMCT-Zweitb. f_p</i>		<i>PMCT-Zweitb. f_n</i>		ein-fach	mehr-fach	<i>Falsche Häufigkeit</i>		<i>PMCT-Zweitb. f_p</i>		<i>PMCT-Zweitb. f_n</i>	
			ein-fach	mehr-fach	ein-fach	mehr-fach	ein-fach	mehr-fach			ein-fach	mehr-fach	ein-fach	mehr-fach	ein-fach	mehr-fach
1.	2	3	-	2	2	-	4	-	5	5	-	-	2	-	2	-
2.	21	4	1	1	7	-	2	1	16	5	4	1	4	-	6	1
3.	19	5	6	4	4	-	-	-	18	7	6	-	6	1	3	-
4.	20	7	6	2	3	-	-	-	19	7	4	-	8	-	4	-
5.	23	6	6	2	4	1	2	-	22	6	5	1	5	-	2	-
6.	21	6	7	2	6	-	1	-	22	6	5	1	3	-	-	-
7.	13	7	6	-	8	-	5	-	19	6	2	1	3	1	4	-
8.	12	5	3	2	4	-	2	-	7	5	4	1	2	-	4	-
9.	7	4	1	3	1	-	4	-	7	5	1	1	-	-	4	-
10.	4	2	1	2	2	2	2	-	4	3	2	1	-	-	1	-
11.	2	1	-	2	2	-	4	-	2	4	1	-	1	1	-	-
12.	1	1	-	1	1	-	4	1	2	3	-	-	1	-	1	-
<i>Gesamt</i>	145	51	37	23	44	3	30	2	143	62	34	7	35	3	31	1

Tabelle A.9: Ausführliche Auflistung der Lokalisation

Lokalisation PMCT- Zweitbefunderhebung	Lokalisation der Einfachfragmentfrakturen in der Sektion													
	<i>rechts</i>							<i>links</i>						
	Knorpel	KKÜ	anteri- or	lateral	poste- rior	parave- rtebral	Lokali- sation n.v.	Knorpel	KKÜ	anteri- or	lateral	poste- rior	parave- rtebral	Lokali- sation n.v.
negativ	-	9 13 %	8 12 %	1 9 %	5 22 %	5 23 %	2 7 %	-	15 14 %	13 16 %	1 33 %	2 14 %	-	-
Knorpel	-	-	1 1 %	-	-	-	-	-	-	2 3 %	-	-	1 5 %	1 3 %
Knorpel + KKÜ	3 75 %	-	-	-	-	-	2 7 %	-	1 1 %	-	-	-	-	-
Knorpel + anterior	-	1 1 %	-	-	-	-	3 11 %	-	-	1 1 %	-	-	-	-
KKÜ	1 25 %	22 33 %	17 25 %	1 9 %	-	3 14 %	-	-	24 22 %	8 10 %	-	5 36 %	1 5 %	6 21 %
KKÜ + anterior	-	2 3 %	4 6 %	-	-	-	-	-	3 3 %	2 3 %	-	1 7 %	-	-
KKÜ + lateral	-	1 1 %	-	-	-	-	-	-	2 2 %	3 4 %	-	-	5 23 %	-
KKÜ + posterior	-	-	-	-	-	1 5 %	3 11 %	-	-	-	-	-	-	-
KKÜ + paravertebral	-	-	-	-	-	4 18 %	0 0 %	-	-	1 1 %	-	-	-	-
anterior	-	22 33 %	18 26 %	3 27 %	1 4 %	-	1 4 %	-	22 20 %	33 42 %	1 33 %	-	-	1 3 %
anterior + lateral	-	-	-	-	-	-	0 0 %	-	-	4 5 %	-	-	-	-
anterior + posterior	-	-	-	-	-	-	2 7 %	-	-	-	-	-	1 5 %	-
anterior + paravertebral	-	-	5 7 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
lateral	-	8 12 %	14 20 %	6 55 %	8 35 %	-	1 4 %	-	-	6 8 %	1 33 %	-	3 14 %	4 14 %

lateral + posterior	-	-	-	-	2 9 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
lateral + paravertebral	-	1 1 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 14 %	-	1 3 %
posterior	-	1 1 %	-	-	3 13 %	1 5 %	2 7 %	-	1 1 %	4 5 %	-	-	1 5 %	2 7 %
posterior + paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 9 %	-
paravertebral	-	-	2 3 %	-	4 17 %	8 36 %	-	-	-	2 3 %	-	4 29 %	7 32 %	2 7 %
Lokalisation n.v.	-	-	-	-	-	-	12 43 %	-	-	-	-	-	-	12 41 %
<i>Gesamt</i>	4 100 %	67 100 %	69 100 %	11 100 %	23 100 %	22 100 %	28 100 %	0 0 %	111 100 %	79 100 %	3 100 %	14 100 %	22 100 %	29 100 %

Tabelle A.10: Lokalisation der falsch positiven Befunde rechts beim Vergleich PMCT-Zweitbefund mit Sektion

Lokalisation	Rippen												Gesamt	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.		
Knorpel	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2	4 %
Knorpel + KKÜ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
Knorpel + anterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
KKÜ	1	3	3	2	2	2	3	1	-	-	-	-	17	36 %
KKÜ + anterior	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	2 %
KKÜ + lateral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
KKÜ + posterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
KKÜ+ paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
anterior	-	2	1	-	2	2	3	-	-	-	-	-	10	21 %
anterior + lateral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
anterior + posterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
anterior + paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
lateral	-	-	-	-	-	2	1	1	1	-	-	-	5	11 %
lateral + posterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
lateral+ paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	4 %
posterior	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	6 %
posterior + paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
paravertebral	-	1	-	1	-	-	-	1	-	1	2	1	7	15 %
n.v.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
Gesamt	2	7	4	3	5	6	8	4	1	4	2	1	47	100 %

Tabelle A.11: Lokalisation der falsch positiven Befunde links beim Vergleich PMCT-Zweitbefund mit Sektion

Lokalisation	Rippen												Gesamt	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.		
Knorpel	-	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	3	8 %
Knorpel + KKÜ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
Knorpel + anterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
KKÜ	1	1	2	4	3	1	2	-	-	-	1	-	15	39 %
KKÜ + anterior	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	5 %
KKÜ + lateral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
KKÜ + posterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
KKÜ+ paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
anterior	-	2	2	3	1	-	-	-	-	-	-	-	8	21 %
anterior + lateral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
anterior + posterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
anterior + paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
lateral	-	1	-	-	1	1	1	1	-	-	-	-	5	13 %
lateral + posterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
lateral+ paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	3 %
posterior	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	2	5 %
posterior + paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
paravertebral	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	5 %
n.v.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
Gesamt	2	4	7	9	5	3	4	2	0	0	2	1	38	100 %

Tabelle A.12: Lokalisation der falsch negativen Befunde rechts beim Vergleich PMCT-Zweitbefund mit Sektion

Lokalisation	Rippen												Gesamt	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.		
Knorpel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
Knorpel + KKÜ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
Knorpel + anterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
KKÜ	2	1	-	-	1	1	2	1	1	-	-	-	9	28 %
KKÜ + anterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
KKÜ + lateral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
KKÜ + posterior	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3 %
KKÜ+ paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	3 %
anterior	1	1	-	-	-	-	2	-	2	-	1	1	8	25 %
anterior + lateral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
anterior + posterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
anterior + paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
lateral	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	3 %
lateral + posterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
lateral+ paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
posterior	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	1	1	5	16 %
posterior + paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
paravertebral	1	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	1	5	16 %
n.v.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	6 %
Gesamt	4	3	0	0	2	1	5	2	4	2	4	5	32	100 %

Tabelle A.13: Lokalisation der falsch negativen Befunde links beim Vergleich PMCT-Zweitbefund mit Sektion

Lokalisation	Rippen												Gesamt	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.		
Knorpel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
Knorpel + KKÜ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
Knorpel + anterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
KKÜ	1	1	2	2	2	-	2	2	1	-	-	-	13	41 %
KKÜ + anterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
KKÜ + lateral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
KKÜ + posterior	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3 %
KKÜ+ paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
anterior	-	1	1	2	-	-	2	2	2	-	1	1	12	38 %
anterior + lateral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
anterior + posterior	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3 %
anterior + paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
lateral	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	3 %
lateral + posterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
lateral+ paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
posterior	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	6 %
posterior + paravertebral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
paravertebral	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	6 %
n.v.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0 %
Gesamt	2	7	3	4	2	0	4	4	4	0	1	1	32	100 %

Tabelle A.14: Ausführliche Auswertung der Art der Fraktur bei falsch positiven Befunden

Rippe	<i>rechts</i>				<i>links</i>			
	vollständig	unvollständig		vollständig	unvollständig			
		Infraktion	Achsenabweichung		Infraktion	Achsenabweichung		
1.	2	-	-	2	-	-		
2.	3	1	3	1	1	2		
3.	1	-	3	1	1	5		
4.	1	-	2	2	2	4		
5.	2	-	3	2	1	2		
6.	3	-	3	1	-	2		
7.	2	2	4	2	2	-		
8.	2	1	1	1	1	-		
9.	1	-	-	-	-	-		
10.	4	-	-	-	-	-		
11.	2	-	-	2	-	-		
12.	1	-	-	1	-	-		
Gesamt	24	4	19	15	8	15		

Tabelle A.15: Ausführliche Auswertung des Entstehungszeitpunktes

<i>Rippe</i>	<i>Rechts</i>												<i>links</i>											
	<i>FB im PMCT-Zweitbefund</i>				<i>FB im der Sektion</i>				<i>gesamte Abweichung</i>				<i>FB im PMCT-Zweitbefund</i>				<i>FB im der Sektion</i>				<i>gesamte Abweichung</i>			
	<i>neu</i>	<i>alt</i>	<i>neu + alt</i>	<i>negativ</i>	<i>neu</i>	<i>alt</i>	<i>neu + alt</i>	<i>negativ</i>	<i>falsch neu</i>	<i>falsch alt</i>	<i>falsch neu + alt</i>	<i>f_p + f_n</i>	<i>neu</i>	<i>alt</i>	<i>neu + alt</i>	<i>negativ</i>	<i>neu</i>	<i>alt</i>	<i>neu + alt</i>	<i>negativ</i>	<i>falsch neu</i>	<i>falsch alt</i>	<i>falsch neu + alt</i>	<i>f_p + f_n</i>
1.	9	-	-	45	11	-	-	43	3	-	-	6	11	1	-	42	12	-	-	42	3	1	-	4
2.	33	1	-	20	30	-	-	24	7	1	-	10	29	1	-	24	32	1	-	21	5	1	-	11
3.	37	1	-	16	34	-	-	20	4	1	-	4	36	1	1	16	33	1	-	20	9	1	1	10
4.	37	1	-	16	35	-	-	19	3	1	-	3	36	1	1	16	32	2	-	20	10	1	1	12
5.	41	1	-	12	38	1	-	15	6	-	-	7	37	1	1	15	34	2	-	18	7	-	1	7
6.	41	1	-	12	36	1	-	17	7	-	-	7	36	1	-	17	33	1	-	20	4	1	-	3
7.	33	1	-	20	30	1	-	23	9	-	-	13	30	1	1	22	30	2	-	22	6	-	1	8
8.	24	2	-	28	23	1	-	30	4	1	-	6	16	2	1	35	19	2	-	33	3	-	1	6
9.	14	2	-	38	19	-	-	35	0	2	-	5	11	3	-	40	16	2	-	36	1	1	-	4
10.	10	3	-	41	10	1	-	43	3	2	-	6	9	1	-	44	10	1	-	43	1	-	-	1
11.	4	3	-	47	8	1	-	45	1	2	-	6	8	1	-	45	7	-	-	47	2	1	-	2
12.	2	2	-	50	8	-	-	46	0	2	-	6	6	-	-	48	6	-	-	48	2	-	-	2
<i>Gesamt</i>	285	18	-	345	282	6	-	360	47	12	-	79	265	14	5	364	264	14	-	370	53	7	5	70

B Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit begleitet und unterstützt haben.

Ein großer Dank gilt Herrn Dr. Heinemann, der mich während der gesamten Dissertationsphase betreut hat und mir mit Rat und Tat zur Seite stand. Vor allem möchte ich mich für die Bereitstellung des interessanten Themas und die Hilfe beim Umgang mit SPSS bedanken. Seine Anregungen haben zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Herrn Prof. Püschel, Direktor des Instituts für Rechtsmedizin, danke ich für die Betreuung und Begutachtung meiner Arbeit.

Für die Einführung in die Beurteilung und Befunderhebung von CT-Aufnahmen danke ich ganz besonders Herrn Prof. Vogel.

Bei Sophia Abraha und Dr. Jürgen Schiedeck möchte ich mich für das sorgfältige Korrekturlesen bedanken.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern Almut und Rainer Köwing für ihre Unterstützung und ihr vorbehaltloses Vertrauen.

Schließlich gilt meinem Freund Hendrik Lange mein größter Dank. Mit seinem Verständnis, seiner Geduld und seiner unermüdlichen Unterstützung hat er mich durch die Zeit der Arbeit getragen, mich zur rechten Zeit motiviert und am Ende akribisch Korrektur gelesen.

C Lebenslauf

Lebenslauf aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt.

D Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift: