

Arbeitsgemeinschaft für Forensische Bildgebung der DGRM

Grundlagen der postmortalen Computertomographie (PMCT) für forensisch- radiologische Anwendungen – Empfehlungen und Indikationskatalog

Version 1, Stand Oktober 2015

Autoren: **Hartmut Fischer** (*Institut für Rechtsmedizin Potsdam*)
Axel Heinemann (*Institut für Rechtsmedizin Hamburg*)

unter Mitarbeit von:

Dirk Breitmeier, Sarah Heinze (*Institut für Rechtsmedizin Mainz*), Alexander Bornik, Reingard Riener-Hofer, Thorsten Schwark (*Ludwig Boltzmann Institut Graz*), Silke Grabherr, Pia Baumann (*Institut für Rechtsmedizin Lausanne – Genf*), Patricia Flach (*Institut für Rechtsmedizin Zürich*), Christoph Birngruber (*Institut für Rechtsmedizin Gießen*), Mattias Kettner, Boris Schulz, Stefanie Plenzig, Marcel Verhoff, Sarah Kölzer (*Institut für Rechtsmedizin Frankfurt*), Anne Port, Ines Steinhagen (*Institut für Rechtsmedizin Rostock*), Tanja Germerott (*Institut für Rechtsmedizin Hannover*), Manuel Kellinghaus (*Westfälische Zentrum für Radiologie Münster/Hamm*), Andreas Schuff (*Institut für Rechtsmedizin Luxembourg*), Harry Van Vendrooij (*Netherlands Forensic Institute*), Benno Hartung, Sandra Jaschinski (*Institut für Rechtsmedizin Düsseldorf*), Frank Ramsthaler (*Institut für Rechtsmedizin Homburg/Saar*), Uwe Schmidt (*Institut für Rechtsmedizin Dresden*), Britta Tantius, Thomas Kamphausen (*Institut für Rechtsmedizin Köln*), Astrid Krauskopf (*Institut für Rechtsmedizin Heidelberg*), Sebastian Kunz, Brandtner Herwig (*Institut für Rechtsmedizin Salzburg – Linz*), Dirk Labudde (*Hochschule Mittweida Leipzig/Chemnitz*), Eva Scheurer, Christian Stumm (*Institut für Rechtsmedizin Basel*), Lessig Rüdiger (*Institut für Rechtsmedizin Halle*), Florian Fischer (*Institut für Rechtsmedizin München*), Philip Glemser (*Institut für Rechtsmedizin Heidelberg*), Janine Helmus, Iliana Tzimas (*Institut für Rechtsmedizin Essen*)

INHALTSVERZEICHNIS

1	VORWORT.....	3
1.1	Begriffe und Abkürzungen.....	3
1.2	Strahlenschutz.....	4
2	EINLEITUNG.....	4
3	PERSONAL- UND SACHMITTELAUFWAND.....	4
4	THEORETISCHE GRUNDLAGE.....	5
5	AKTUELLER STAND PMCT.....	5
5.1	Infrastruktur.....	5
5.2	Vorbereitung der Leiche.....	6
5.3	Transport.....	6
5.4	Durchführung des PMCT-Scans.....	6
5.5	Datenarchivierung.....	7
6	VORTEILE UND GRENZEN DER PMCT.....	7
6.1	Darstellung des Skelettsystems.....	7
6.2	Fremdkörpernachweis und -lokalisierung.....	8
6.3	Dokumentation von Gas und Luft.....	8
6.4	Forensische beweissichere Archivierung.....	8
6.5	Teleradiologische Anwendungen.....	8
6.6	Einschränkungen.....	9
6.7	Resümee.....	9
7	INDIKATIONEN.....	9
8	INTERPRETATION UND DOKUMENTATION DER RADIOLOGISCHEN DATEN.....	11
8.1	Befundinterpretation und Würdigung.....	11
8.2	Weiteres Vorgehen.....	11
9	LITERATUR / MITGELTENDE UNTERLAGEN.....	11

1 VORWORT

Dieses Dokument wurde von den Mitgliedern der Arbeitsgemeinschaft "Forensische Bildgebung" der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin (DGRM) erarbeitet.

In diesem Dokument gilt für Personen die geschlechtsneutrale Formulierung; der Einfachheit halber wird zumeist die männliche Form angewandt.

1.1 Begriffe und Abkürzungen

Forensische Radiologie	Anwendung moderner radiologischer Verfahren für rechtsmedizinische Fragestellungen
Workstation	Besonders leistungsfähiger Arbeitsplatzrechner für technische oder wissenschaftliche Anwendungen, hier insbesondere für rechenintensive Anwendungen wie die Formatierung von beliebigen Schnittebenen, 3D-Rekonstruktion, Sequenzdarstellung und animierte 3D-Computergrafik
PACS	P icture A rchiving and C ommunication S ystem (Servergestütztes Bildarchivierungs- und Kommunikationssystem auf Basis von Betrachtungs- Rechnern und Netzwerken mit Verwendung eines einheitlichen Datenstandards (üblicherweise DICOM), an das ein Kurzzeit- und ein Langzeitarchiv angeschlossen sind)
DICOM	D igital I maging and C ommunications in M edicine (Standard zur Speicherung und zum Austausch von Informationen im medizinischen Bilddatenmanagement)
Iterative Rekonstruktion	Methode der Bildrekonstruktion; dabei kommt es zu einer schrittweisen (=iterativen) Annäherung einer mathematisch simulierten Dichteverteilung an die tatsächliche. Die Annäherung erfolgt in mehreren Schritten, die immer wieder durchlaufen werden.
PMCT	Postmortale Computertomographie oder Postmortales Computertomogramm
CCT	Craniales CT= CT des Schädels
MRT	Magnetresonanztomographie

1.2 Strahlenschutz

Gesetzliche Grundlagen für den Schutz vor ionisierenden Strahlen im medizinisch-diagnostischen Bereich in Deutschland ist die Röntgenverordnung (RöV).

Für die Aufsicht zuständig sind:

- Strahlenschutzbeauftragte bzw. Beauftragte nach RöV in der Einrichtung
- Strahlenschutzbevollmächtigte des Betreibers
- Aufsichtsführende Behörde

2 EINLEITUNG

Auf Grundlage der sich seit über 100 Jahren weiterentwickelnden medizinischen Bildgebungsverfahren für klinische Anwendungen haben sich parallel forensische Anwendungen der Bildgebung ergeben, die insbesondere auch für die Untersuchung von Verstorbenen (postmortal) etabliert wurden. Dabei gewinnt die Dokumentation und Befundung mittels postmortaler Computertomographie (PMCT) seit den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts eine zunehmende Bedeutung, die heute nicht mehr wegzudenken ist.

Die Stärken der PMCT liegen wie auch im klinischen Bereich in der Beurteilung von Befunden am Skelett, in der Fremdkörperdarstellung, in der Untersuchung von Gasen im Körper und – bei Vorhandensein besonderer technischer Voraussetzungen – in der Blutgefäß-Darstellung mit Kontrastmitteln.

Die Technik erlaubt einen raschen Ganzkörperscan eines Leichnams, unabhängig von individuellen Eigenschaften bzw. dessen Zustand (z. B. Brandleiche, verwesene Leiche).

Ein Standard-PMCT kann bei Verfügbarkeit eines Gerätes inklusive Handling des Leichnams, Fallerfassung an der Workstation, Akquisition der qualitativ gebotenen Datenmenge und Bildberechnung innerhalb von 10-20 Minuten realisiert werden. Die Befundung kann ggf. zeitversetzt erfolgen.

Wird einer Obduktion eine PMCT vorangestellt, so erlaubt dies einen schnellen und umfassenden Überblick über den gesamten Leichnam. Die Obduktion kann bei entsprechender Indikation spezifischer vorbereitet werden. Befunde, die im Computertomogramm aufgefallen sind, lassen sich in der Obduktion gezielter darstellen bzw. überhaupt darstellen, sofern sie durch das routinemäßige Vorgehen bei der Obduktion nicht erkannt worden wären.

Der erhobene Datensatz kann zu einem späteren Zeitpunkt jederzeit wieder zur Nachbefundung herangezogen werden. Darüber hinaus können sich bei bestimmten Fragestellungen ergänzende bildgebende Verfahren anbieten (digitales Röntgen, MRT, CT-Angiographie, Oberflächenscan).

3 PERSONAL- UND SACHMITTELAUFWAND

Die postmortale Bildgebung ergänzt die Autopsie und unterstützt deren Planung, verlangt aber von Rechtsmedizinern und Radiologen einen besonderen Erfahrungshorizont.

Klinische und postmortale Radiologie weisen eine Reihe von erheblichen Unterschieden auf, weshalb es einer speziellen forensisch-radiologischen Erfahrung bedarf. Der klinische Radiologe kann durch übliche postmortale Veränderungen diagnostisch leicht fehlgeleitet werden.

Eine enge Anbindung an radiologische Abteilungen ist zu empfehlen und essentielle Voraussetzung, wenn Infrastruktur und fachliche Kompetenz in einem rechtsmedizinischen Arbeitsbereich nicht selbständig vorgehalten werden können. Die Kosten ergeben sich

fallbezogen für die Durchführung der CT-Untersuchung mit Befundung (Stand 2015: in D meist nach Ziff. 5369 GOÄ maximal € 314,75 und ggf. Ziff. 5377 – Zuschlag für computergesteuerte Analyse einschließlich speziell nachfolgender 3D-Rekonstruktion – in Höhe von € 46,63, evtl. mehrfach). Hinzu kommen ggf. Kosten für zusätzlichen forensisch-gutachterlichen Aufwand und den Transport der verstorbenen Person z. B. durch Bestattungsunternehmer.

Die Organisationsstruktur benötigt in forensisch-radiologischen Einrichtungen zusätzlich zum Bestatter zumeist einen Sektionsassistenten für das Handling des Leichnams vor Ort. Der zuständige Obduzent sollte sich vor Obduktion mit dem PMCT-Befund vertraut machen, indem er – je nach persönlicher Erfahrung – der Befundung beiwohnt oder die Befunde selbst sichtet.

Für eigene Geräte in rechtsmedizinischen Abteilungen müssen zunächst bauliche Voraussetzungen geschaffen werden; die Geräteinvestitionskosten liegen selbst bei gebrauchten Geräten im sechsstelligen Euro-Bereich. Verträge auf Leasingbasis sind je nach Anbieter möglich. Für die Betriebskosten sind Personalkosten für technische Durchführung, Archivierung, Befundung und Dokumentation sowie Kosten für Energie, Raummiete, notwendige Wartungen und Reparaturen zu kalkulieren. Die Wartungskosten sind durch die für forensische Zwecke notwendige Maximalbelastung der Geräte besonders hoch.

4 THEORETISCHE GRUNDLAGE

Die Computertomographie ist ein modernes und schnell durchführbares Schnittbildverfahren. Sie basiert auf der konventionellen Röntgentechnik und damit auf der Eigenschaft von Geweben oder Materialien, Röntgenstrahlen abzuschwächen.

Eine Röntgenröhre rotiert um das zu untersuchende Objekt. Statt einer zweidimensionalen Aufnahme auf Röntgenfilm wird mittels CT ein Objekt ringsherum durch der Röntgenröhre gegenüberliegende Detektoren erfasst. Für jeden Messpunkt auf der Außenbahn lässt sich ein eindimensionaler Abschwächungswert erfassen. Aus den gemessenen Abschwächungswerten lässt sich mit Hilfe leistungsfähiger Computer ein zweidimensionales Schichtbild aus Graustufen berechnen. Dabei wird wie beim konventionellen Röntgen röntgendichteres Material heller dargestellt, also Knochen nahezu weiß, Luft bzw. Gasgemische hingegen nahezu schwarz. Die jeweiligen Körperabschnitte lassen sich im Gegensatz zum konventionellen Röntgen überlagerungsfrei und unverzerrt darstellen, was je nach Auflösung eine hohe Präzision und eine berechnete dreidimensionale Bilddarstellung in allen gewünschten Ebenen ermöglicht (weiterführende Einzelheiten siehe Dokument „Theoretische Grundlagen der Bildgebung“).

5 AKTUELLER STAND PMCT

5.1 Infrastruktur

Aktuell existieren zwei grundsätzliche organisatorische Rahmenbedingungen für rechtsmedizinische Institute im deutschsprachigen Raum, um Methoden der forensischen Bildgebung zu implementieren: CT-Geräte werden in räumlichem Zusammenhang mit Obduktionseinheiten vorgehalten oder es werden alternativ PMCT-Scans in radiologischen Institutionen durchgeführt.

5.2 Vorbereitung der Leiche

Die Leiche sollte – unter Vorbehalt ggf. nachfolgender Spurensicherungsmaßnahmen – möglichst anatomisch korrekt sowie in orthograder Position und in einem geeigneten Leichensack verpackt untersucht werden. Die Untersuchung an der unbekleideten Leiche verbessert die Bildqualität und verringert Artefakte. Erfolgt primär eine Entkleidung, sind jedoch notwendige Voruntersuchungen – z. B. Fotografie und Dokumentation der Leiche, Bekleidung oder Ausrüstung sowie Spurensicherung – voranzustellen.

5.3 Transport

Der Transport erfolgt in einem für Leichentransporte zugelassenen Fahrzeug. Auftreten und Erscheinungsbild der ausführenden Personen müssen der Situation angemessen und respektvoll sein, die für den Leichentransport verwendeten Materialien sauber und geruchsfrei sein. Erfolgt das PMCT in einer Klinik, ist es wichtig, dass der Transportweg möglichst wenig frequentiert ist.

5.4 Durchführung des PMCT-Scans

Idealerweise werden PMCT-Scans von einem medizinisch-technischen Radiologieassistenten durchgeführt. Ist dies nicht möglich, ist eine Einarbeitung von technischen Mitarbeitern aus dem Sektionsbereich anzustreben.

Beim Scannen der Leiche ist auf folgende Untersuchungsbedingungen zu achten:

- Positionierung in einer möglichst anatomisch korrekten Lage auf dem CT-Tisch (üblicherweise Rückenlage).
- Vollständige Darstellung auch der Extremitäten, insbesondere bei Trauma.
- Überlagerungsfreiheit von Kopf und Oberkörper, wenn möglich. Ggf. ist Überlagerungen durch die oberen Extremitäten mittels bestimmter Fixierungen über Kopf (Rumpfsan) oder Brust (CCT) zu begegnen.
- Nutzung der Spiral-CT-Technik.
- Sichtung des Übersichtsscans/ Surviews, auf dessen Basis die endgültige Festlegung der Untersuchungsregion erfolgt. Anfertigung und Rekonstruktion von möglichst dünnen, sich überlagernden Schichten.
- Die (als Standard geräteabhängig festzulegenden) CT-Protokolle sollen möglichst eine hohe Auflösung, ein geringes „Grundrauschen“, Vermeidung von Artefakten und eine umfassende Abdeckung des Untersuchungsgutes sicherstellen.

Für die Erzielung der besten Ergebnisse sind zur Optimierung der Protokollparameter für bestimmte Körperregionen im Einzelfall Teilkörperscans und -rekonstruktionen, die den unterschiedlichen Anforderungen gesondert Rechnung tragen, in Betracht zu ziehen.

Anschließend werden aus den gescannten (Roh-) Daten Rekonstruktionen zur optimierten Darstellung von Weichteil-, Lungen- und Knochengewebe berechnet.

Die Bildrekonstruktionen lassen sich dann wiederum mit für die jeweilige Gewebeart frei wählbaren Grauwert-Streubreiten in Abhängigkeit von der gewebetypischen Röntgendichtevertellung betrachten.

Gegebenenfalls sind, wenn verfügbar, weitere Verfahren zur Verbesserung der Darstellung – Dual Energy, Extended CT Scale, iterative Rekonstruktion, experimentelle Verfahren nach Sicherung der Rohdaten – in Betracht zu ziehen.

5.5 Datenarchivierung

Die Datenarchivierung erfolgt im DICOM-Format, wenn möglich auf einem PACS, einer DVD oder einem anderem Speichersystem, mit dem ausdrücklichen Hinweis, dass die Haltbarkeit von DVDs nicht langfristig garantiert werden kann. Es müssen alle rekonstruierten axialen Schichten archiviert werden.

Die Rohdatenarchivierung wird technisch zumeist nur auf wenige Tage begrenzt möglich sein. Für die ggf. sinnvolle Nachberechnung von Rohdaten sollte eine möglichst lange Zeitdauer auch hier gewährleistet werden.

Eine umfassende und dauerhafte Archivierung z. B. in Standard-DICOM-Format muss gewährleistet sein. Die Archivierungsdauer wird durch eine Archivierungsvorschrift in Abstimmung mit dem Auftraggeber bestimmt.

DVD-Kopien der rekonstruierten DICOM-Datensätze können einer Ermittlungsakte beigegeben werden und sind durch selbstinstallierende Viewerprogramme jederzeit für Verfahrensbeteiligte einsehbar.

6 VORTEILE UND GRENZEN DER PMCT

6.1 Darstellung des Skelettsystems

Es erfolgt eine rasche Übersicht über das Skelett vor Obduktion. Aufgrund der starken Röntgenschwächungskapazität des Calciums im Knochen sind insbesondere knöcherne Befunde computertomographisch sehr gut erfassbar. Dies betrifft vor allem die Darstellung autoptisch schwer zugänglicher Regionen: Halswirbelsäule, Gesichtsschädel, Hand- sowie Fußwurzelknochen, Fissurbrüche ohne autoptisch falsche Beweglichkeit, Zungenbein- und Schildknorpelbrüche. Eher diskrete Verletzungen im Rahmen von Strangulationen im Bereich der forensisch wichtigen Zungenbein- und Schildknorpelbrüche lassen sich durch Bildgebung in den meisten Fällen darstellen.

Die Routine-Obduktion dringt in zahlreiche Skelettanteile nicht vor, so dass z. B. Verletzungen der Halswirbelsäule übersehen werden können.

Gegenüber oft aufwändigen Präparations- und Mazerierungstechniken besticht zudem insbesondere die verhältnismäßig einfache Visualisierbarkeit der Befunde mittels Bildgebung. Dies erfolgt „unblutig“ und kann in Gerichtsverfahren sehr unterstützen, auch vor dem Hintergrund der vor Gericht geforderten Nachvollziehbarkeit sachverständiger Gutachten.

Auch lassen sich mittels PMCT innerhalb der Knochen befindliche individuelle Struktur-Besonderheiten wie Abszesse oder Hinweise auf frühere, mittlerweile abgeheilte Brüche entdecken, die der üblichen Obduktionstechnik verborgen bleiben könnten. Alte, schon abgeheilte Bruchverletzungen sind mitunter nur radiologisch erkennbar. Das macht diese Untersuchungsmethode bei Untersuchungen von Kindern bedeutsam, um auch frühere Kindesmisshandlungen oder solche mit Langzeit-Todesfolge festzustellen.

Die Computertomographie erlaubt auch im Nachhinein – lange nach erfolgter Obduktion –, das Skelettsystem anthropometrisch zu erfassen. Dies kann für Identifizierungs- oder auch für rekonstruktive Fragestellungen bedeutsam sein.

6.2 Fremdkörpernachweis und -lokalisierung

Die Computertomographie eignet sich hervorragend für die Darstellung von Fremdkörpern im Gewebe, in Abhängigkeit von deren Fähigkeit, Röntgenstrahlen abzuschwächen. Dies gilt insbesondere für metallische Gegenstände, aber auch z. B. für Kunststoffe, Glas, Steine oder Holz.

Diese Fremdkörper können dreidimensional in ihrer Beziehung zu den körpereigenen Strukturen dargestellt werden. Forensisch bedeutsam sind zum einen Fremdmaterialien aus medizinischen Behandlungen, insbesondere chirurgischen oder kathetergestützten Eingriffen (Osteosynthesematerialien, Herzschrittmacher und Implantierbare Cardioverter-Defibrillatoren inkl. ihrer Sonden, Beatmungsschläuche, Gefäßkatheter, Magensonden, Drainageschläuche, Stents, Bypassmaterialien, Herzklappenimplantate u. a.), zum anderen forensisch abklärungsbedürftige durch Selbst- oder Fremdbeibringung in den Körper gelangte Fremdmaterialien (Projektile, abgebrochene Messerklingenspitzen oder Abspaltungen von Äxten, Analyse von Ein- und Ausschusslokalisation durch Verteilung von Projektiltrümmern und Knochensplintern, Rekonstruktion von Schusswinkeln, Lokalisation von Projektilteilen in schwer zugänglichen/ unerwarteten Regionen wie z. B. bei Geschossembolie, Fremdkörper in Atemwegen).

Zu Identifizierungszwecken oder zum Aufdecken einer Straftat erlaubt die Computertomographie einen raschen Überblick über Fremdkörper in stark veränderten Leichen (hohe Brandzehrung, weit fortgeschrittene Leichenveränderungen, hoher Zerstörungsgrad wie z. B. bei Bahnleichen). Verschiedene Zahnfüllungsmaterialien lassen sich innerhalb der Zähne darstellen und in jeglicher Projektion mit zu Lebzeiten angefertigten Röntgenbildern (Panoramaschichtaufnahme) abgleichen.

6.3 Dokumentation von Gas und Luft

Die Dokumentation von Gas bzw. Luft ist eindeutig und erhöht damit die Befundunsicherheit bezüglich aller Todesmechanismen, die mit Gaseintritt bzw. Gasbildung in Beziehung stehen könnten. Gase heben sich im Schnittbild sehr deutlich von der Umgebung ab (schwarze Hohlräume). Damit wird die Situation einer möglichen Gaseinbringung oder Gasbildung im Leichnam dokumentiert, einschließlich der Möglichkeit der Volumenbestimmung und Beurteilung todesursächlicher bzw. forensischer Relevanz (z. B. Gasembolie durch Gefäßtraumata als Todesursache und Vitalzeichen), bevor diese im Rahmen der Obduktion durch Eröffnung gasgefüllter Räume entweichen und verloren gehen können.

Zusätzlich bietet sich die Möglichkeit einer CT-gesteuerten gezielten Asservierung von Gasen oder anderer Materialien mit dem Vorteil eines geringeren Kontaminationsrisikos im Vergleich zur Sektion.

6.4 Forensische beweissichere Archivierung

Die Archivierung von Datensätzen ermöglicht nachträgliches Reprocessing und jederzeit weitere ggf. unabhängige Begutachtungen.

6.5 Teleradiologische Anwendungen

Sie ermöglichen kurzfristige Hinzuziehung forensisch-radiologisch erfahrener Ärzte sowie Befundmitteilung über größere Entfernungen. Zweitgutachter verfügen jederzeit über einen

vollständigen Datensatz; demgegenüber ist die Möglichkeit der „Nachsektion“ in ihrer Aussagekraft bezüglich der Wahrheitsfindung äußerst beschränkt.

6.6 Einschränkungen

- Die Grenzen der Computertomographie liegen in den Detailbefunden. So sind sehr feine Frakturspalten möglicherweise nicht zu erkennen, obwohl sie autoptisch z. B. über eine Stabilitätsprüfung erfasst werden können, insbesondere bei den sehr häufig vorkommenden nicht dislozierten Rippenbrüchen.
- Fremdkörper, deren Röntgenschwächungswerte denen menschlicher Gewebe ähneln, sind nur schwer darzustellen (z. B. Keramik).
- Rekonstruktionen von Stich-/ Wundkanälen sind oft nur in Verbindung mit der Obduktion zu leisten.
- Die Art der festgestellten Gasansammlungen kann ohne Punktion nicht festgestellt werden. Die Abgrenzung von eingebrachtem Gas und postmortaler Ausgasung von gelösten Gasen gegenüber einer Überlagerung durch Fäulnisgasbildung kann problematisch sein.
- Bei einem PMCT zu Identifizierungszwecken werden individuelle Merkmale wie z. B. Augenfarbe, Narben, Tätowierungen, Haarfarbe, Haarlänge, Gesichtsbehaarung, Schambehaarung, Raucherfinger, Nagellack und ethnische Herkunft nicht erfasst.
- Im Identifizierungsfall ist bei vorhandener zahnärztlicher Vergleichs-Panoramaschichtaufnahme ein CT-Rekonstruktionsbild qualitativ zwar nicht gleichwertig, es kann jedoch aus einer Spiral-CT-Rekonstruktion eine Panoramaschichtaufnahme simuliert werden. Alternativ kann eine gezielte Röntgenaufnahme erfolgen.
- Die Computertomographie basiert einzig auf der physikalischen Eigenschaft von Stoffen, Röntgenstrahlen abzuschwächen. Damit tritt die Technik hinter die vielseitigen Wahrnehmungsmöglichkeiten eines geschulten Obduzenten zurück. Viele Diagnosen sowie die Aufklärung einer Reihe von typischen inneren Todesursachen (z. B. Koronarthrombose, Herzinfarkt, Lungenembolie, Sepsis) sowie nicht-natürlichen Todesarten (Intoxikation) sind durch das native CT nicht zu leisten.
- Die Möglichkeit der eindrücklichen Visualisierung und 3D-Rekonstruktion birgt die Gefahr der Suggestion.

6.7 Resümee

Zusammenfassend gilt, dass die PMCT nur durch die methodenkritische Kompetenz in der Verantwortung des Anwenders zielführend eingesetzt werden kann.

7 INDIKATIONEN

Zu unterscheiden sind der Regelfall und die Einzelfallentscheidung, die von individuellen Faktoren des Falls sowie den technischen Möglichkeiten abhängig ist.

Ein PMCT sollte bei Todesermittlungsverfahren – bei vorhandenen technischen und personellen Möglichkeiten vor Ort –

- a) in der Regel bei Todesfällen durchgeführt werden, die nach dem äußeren Anschein beziehungsweise ersten polizeilichen Ermittlungen folgenden Kriterien genügen:

- (Mutmaßliche) Tötungsdelikte insbesondere durch Schuss, scharfe oder stumpfe Gewalt, Mordbrand
- Suche nach röntgendichten Fremdkörpern in potentiellm Zusammenhang mit der Todesursache (z. B. Werkzeugfragmente, Einsprengungen nach Explosionen, Projektilteile)
- Verdacht auf Luft-/ Gasembolie
- Verdacht auf Kindesmisshandlung im Vorfeld des Todes/ Kindestötung
- Unerwartete Todesfälle von Säuglingen und Kleinkindern (bis 6 Jahre)

Anmerkung: Bei limitierten Voraussetzungen (keine Regelverfügbarkeit eines eigenen CT in der Rechtsmedizin, keine Sofortbefundung vor Obduktion durch einen forensisch-radiologisch erfahrenen Arzt) sollte durch die Rechtsmedizin geprüft werden, ob in Kooperation mit einer radiologischen Einrichtung zunächst ein zeitnahes PMCT ermöglicht werden kann, das zumindest zeitversetzt befundet werden kann.

b) im Einzelfall (nach forensischer Einschätzung, Fallgewicht und Absprache mit den Ermittlungsbehörden) bei folgenden Kategorien empfohlen werden:

- Unfalltod (v. a. Verkehrs- oder Arbeitsunfälle mit rekonstruktiver Fragestellung)
- Behandlungsfehlerverdacht (unerwartete Todesfälle bei/ nach chirurgischen und kathetergestützten Interventionen, Blutungskomplikationen, Sicherung der Originallage von Kathetern bei Perforationsverdacht, Sicherung ggf. relevanter röntgendichter anatomischer Details)
- unerwartete Todesfälle von Kindern und Jugendlichen bis 17 Jahre
- hochgradige Leichenveränderung (durch Verletzungen, Fäulnis, Brand)
- nicht identifizierte Leichen einschließlich Skelett- oder Körperteilfunden
- vergleichende postmortale CT-Untersuchung, wenn ante-mortale-Bildgebung vorliegt und aus einem Vergleich ein forensischer Rückschluss zu erwarten ist

Der Einsatz der PMCT im Falle einer Massenkatastrophe kann zusätzliche Informationen hinsichtlich der für eine Identifizierung notwendigen postmortalen Befunde liefern und eine zusätzliche Dokumentation gewährleisten. Bei entsprechenden Fragestellungen, wie z. B. Eigensicherung, sollte vorab durch ein PMCT abgeklärt werden, ob ein Gefährdungspotential besteht.

8 INTERPRETATION UND DOKUMENTATION DER RADIOLOGISCHEN DATEN

8.1 Befundinterpretation und Würdigung

Die Interpretation wird an technischen Einrichtungen, die das Lesen und Darstellen der PMCT-Daten zulassen, durchgeführt (zum Beispiel Workstation, Computer mit DICOM-Viewer und andere geeignete Ausrüstung). In der Rechtsmedizin ist auch die Verwendung von nicht für klinische Anwendung zertifizierter Hard- und Software zur Dateninterpretation zulässig. Rekonstruierte Datensätze sollten grundsätzlich vollständig in die Befundung einbezogen werden.

Die Befunde sollten primär auf den zweidimensional rekonstruierten Schnittbildern diagnostiziert werden.

Im Idealfall erfolgt die Befunderstellung gemeinsam durch einen Radiologen und einen Rechtsmediziner. Die wesentlichen radiologischen Befunde sollten möglichst systematisch schriftlich niedergelegt werden. Rechtsmediziner und Radiologen müssen zur Untersuchung rechtsmedizinischer Fälle alle relevanten Aspekte eines Falles kennen und mit einbeziehen.

Die abschließende Befundinterpretation und Würdigung aus forensischer Sicht obliegt dem Rechtsmediziner.

8.2 Weiteres Vorgehen

Die Befunderhebung sowie Gutachtenerstattung kann durch Anfertigen geeigneter Bildanhänge ergänzt werden.

In Abhängigkeit von Gesamtumständen, Befunden an der Leiche sowie der PMCT-Interpretation können Folgeuntersuchungen wie Angio-PMCT zur Darstellung des Gefäßsystems, Magnetresonanztomographie (MRT) oder ähnliches empfohlen werden. Idealerweise werden die PMCT-Befunde vor der Obduktion mit den Obduzenten besprochen, damit die Ergebnisse in Umfang und Präparationstechnik der Obduktion mit einfließen können.

Im Interesse einer kontinuierlichen Qualitätsverbesserung wird empfohlen, alle Befunde gemeinsam zu besprechen. Sind durch Kleidung und Schmuck Artefakte entstanden, kann der Scan ggf. unbedeckt und ohne Schmuck wiederholt werden.

9 LITERATUR / MITGELTENDE UNTERLAGEN

Gesetzliche Grundlagen

- StSV (D)
- RöV (D)

Weiterführende deutschsprachige Literatur

- Grabherr S, Baumann P, Fahrni S, Mangin P, Grimm J (2015): Virtuelle vs. reale forensische bildgebende Verfahren Einsatzgebiete, Vorteile und Limits. In: *Rechtsmedizin* 25 (5), S. 493-509.
- Heinemann A, Grabherr S, Vogel H (2013): Bildgebung zur Klärung des Behandlungsfehlervorwurfs. In: *Rechtsmedizin* 23 (3), S. 207-219.
- Jackowski, C (2011): Bildgebung in der Rechtsmedizin - Überblick über die Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung der postmortalen Bildgebung.

In: *Kriminalistik*; unabhängige Zeitschrift für die kriminalistische Wissenschaft und Praxis, Kriminalistik-Verlag, Heidelberg 65 (12), S. 781-788.

- Nushida H, Vogel H, Püschel K, Heinemann A (Hrsg.) *Der durchsichtige Tote – Post mortem CT und forensische Radiologie*. Kovac Verlag, Hamburg, 2011.
- Stein KM, Grünberg K (2009): *Forensische Radiologie*. In: *Radiologe* 49 (1), S. 73–86.
- Thali M. (2011): Virtuelle Autopsie (Virtopsy) in der Forensik. In: *Pathologie* 32 (S2), S. 292–295.

Weiterführende englischsprachige Literatur

- Bolliger SA, Thali MJ, Aghayev E, Jackowski C, Vock P, Dirnhofer R, Christe A (2007): Postmortem Noninvasive Virtual Autopsy. In: *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 28 (1), S. 44–47.
- Bruguier C, Mosimann PJ, Vaucher P, Uské A, Doenz F, Jackowski C et al. (2013): Multi-phase postmortem CT angiography: recognizing technique-related artefacts and pitfalls. In: *Int J Legal Med* 127 (3), S. 639–652.
- Christe A (2010): Clinical radiology and postmortem imaging (Virtopsy) are not the same: Specific and unspecific postmortem signs. In: *Legal Medicine* 12, S. 215–222.
- Christe A, Ross S, Oesterhelweg L, Spendlove D, Bolliger S, Vock P, Thali MJ (2009): Abdominal Trauma—Sensitivity and Specificity of Postmortem Noncontrast Imaging Findings Compared With Autopsy Findings. In: *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* 66 (5), S. 1302–1307.
- Ciaffi R, Gibelli D, Cattaneo, C (2011): Forensic radiology and personal identification of unidentified bodies: a review. In: *Radiol med* 116 (6), S. 960–968.
- Daly B, Abboud S, Ali Z, Sliker C, Fowler D (2013): Comparison of whole-body post mortem 3D CT and autopsy evaluation in accidental blunt force traumatic death using the abbreviated injury scale classification. In: *Forensic Science International* 225 (1-3), S. 20–26.
- Dirnhofer R (2009): From Autopsy to Virtopsy: Oral Description versus Image. Value of Evidence. In: Thali MJ, Dirnhofer R, Vock P (Hg.): *The Virtopsy Approach: 3D Optical and Radiological Scanning and Reconstruction in Forensic Medicine*. 1. Aufl. Boca Raton, FL: CRC Press, S. 3-9.
- Dirnhofer R, Jackowski, C, Vock, P, Potter K., Thali MJ (2006): VIRTOPSY: Minimally Invasive, Imaging-guided Virtual Autopsy. In: *Radiographics* 26 (5), S. 1305–1333.
- Filograna L, Tartaglione T, Filograna E, Cittadini F, Oliva A, Pascali VL (2010): Computed tomography (CT) virtual autopsy and classical autopsy discrepancies: Radiologist's error or a demonstration of post-mortem multi-detector computed tomography (MDCT) limitation? In: *Forensic Science International* 195 (1-3), S. e13-17.
- Grabherr S, Grimm J, Dominguez A, Vanhaebost J, Mangin P (2014): Advances in post-mortem CT-angiography. In: *The British journal of radiology* 87 (1036), S. 20130488.
- Heinemann A, Vogel H, Heller M, Tzikas A, Püschel K (2015): Investigation of medical intervention with fatal outcome: the impact of post-mortem CT and CT angiography. In: *La Radiologia medica* 120 (9), S. 835–845.
- Jackowski C, Schweitzer W, Thali M, Yen K, Aghayev E, Sonnenschein M et al. (2005): Virtopsy: postmortem imaging of the human heart in situ using MSCT and MRI. In: *Forensic Science International* 149 (1), S. 11–23.
- Jeffery AJ, Ruttly GN, Robinson C, Morgan B (2008): Computed tomography of projectile injuries. In: *Clinical Radiology* 63 (10), S. 1160–1166.
- Leth PM (2009): Computerized Tomography Used as a Routine Procedure at Postmortem Investigations. In: *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 30 (3), S. 219–222.
- Michaud K, Grabherr S, Jackowski C, Bollmann MD, Doenz F, Mangin P (2014): Postmortem imaging of sudden cardiac death. In: *Int J Legal Med* 128 (1), S. 127–137.

- Morgan B, Adlam D, Robinson C, Pakkal M, Ruttly GN (2013): Adult post-mortem imaging in traumatic and cardio-respiratory death and its relation to clinical radiological imaging. In: *British Journal of Radiology*.
- Mueck FG, Roesch S, Scherr M, Fischer F, Geyer L, Peschel O et al. (2015): How low can we go in contrast-enhanced CT imaging of the chest?: A dose-finding cadaver study using the model-based iterative image reconstruction approach. In: *Academic radiology* 22 (3), S. 345–356.
- Palmiere C, Binaghi S, Doenz F, Bize P, Chevallier C, Mangin P, Grabherr S (2012): Detection of hemorrhage source: The diagnostic value of post-mortem CT-angiography. In: *Forensic Science International* 222 (1-3), S. 33–39.
- Paperno S, Riepert T, Krug B, Rothschild MA, Schultes A, Staak M, Lackner L (2005): Prospektive Untersuchung zur Wertigkeit der postmortalen Computertomographie im Vergleich zur Autopsie. In: *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr N* 177 (01), S. 130–136.
- Proisy M, Marchand AJ, Loget P, Bouvet R, Roussey M, Pelé F et al. (2013): Whole-body post-mortem computed tomography compared with autopsy in the investigation of unexpected death in infants and children. In: *Eur Radiol* 23 (6), S. 1711–1719.
- Ramsthaler F, Kettner M, Gehl A, Verhoff, MA (2010): Digital forensic osteology: morphological sexing of skeletal remains using volume-rendered cranial CT scans. In: *Forensic Science International* 195 (1-3), S. 148–152.
- Roberts ISD, Benamore RE, Benbow EW, Lee SH, Harris JN, Jackson A et al. (2012): Post-mortem imaging as an alternative to autopsy in the diagnosis of adult deaths: a validation study. In: *The Lancet* 379 (9811), S. 136–142.
- Ross SG, Thali MJ, Bolliger S, Germerott T, Ruder TD, Flach PM (2012): Sudden Death after Chest Pain: Feasibility of Virtual Autopsy with Postmortem CT Angiography and Biopsy. In: *Radiology* 264 (1), S. 250–259.
- Ruttly GN, Brough A, Biggs MJP, Robinson C, Lawes SDA, Hainsworth SV (2013): The role of micro-computed tomography in forensic investigations. In: *Forensic Science International* 225 (1-3), S. 60–66.
- Scholing M, Saltzherr TP, Fung Kon Jin PHP, Ponsen KJ, Reitsma JB, Lameris JS, Goslings JC (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.
- Sidler M, Jackowski C, Dirnhofer R, Vock P, Thali M (2007): Use of multislice computed tomography in disaster victim identification--advantages and limitations. In: *Forensic Science International* 169 (2-3), S. 118–128.
- Thali MJ, Ross S, Oesterhelweg L, Grabherr S, Buck U, Naether S et al. (2007): Virtopsy. In: *Rechtsmedizin* 17 (1), S. 7–12.
- Yen K, Lövblad KO, Scheurer E, Ozdoba C, Thali MJ, Aghayev E et al. (2007): Post-mortem forensic neuroimaging: Correlation of MSCT and MRI findings with autopsy results. In: *Forensic Science International* 173 (1), S. 21–35.
- Zerlauth JB, Doenz F, Dominguez A, Palmiere C, Uske A, Meuli R, Grabherr S (2013): Surgical interventions with fatal outcome: utility of multi-phase postmortem CT angiography. In: *Forensic Science International* 225 (1-3), S. 32–41.