

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität München

Vorstand: Prof. Dr. med. Matthias Graw

Ein deskriptiver Vergleich der konventionellen Autopsie  
mit der postmortalen CT-Angiographie  
anhand der Todesfälle nach ärztlichem Eingriff und der Diagnostik  
im Rahmen der Multicenterstudie VIRTANGIO

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

vorgelegt von  
Franziska Maria Benedikter  
aus Starnberg

2018

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Matthias Graw

Mitberichterstatter: Prof. em. Dr. Dr. h.c. Maximilian Reiser, FACR,  
FRCR

Mitbetreuung

durch den promovierten Mitarbeiter: Dr. med. Florian Fischer

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 08.03.2018

Mein Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Dr. Graw, meinem Betreuer Dr. Florian Fischer und Stefanie Lochner. Zudem möchte ich Prof. Dr. Silke Grabherr in Lausanne und Dr. Axel Heinemann in Hamburg danken.

Einen großen Dank auch an meine Familie.

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	1
1.1 Der ärztliche Eingriff aus rechtlicher Sicht.....	1
1.2 Postmortale Bildgebung im Rahmen der Multicenterstudie VIRTANGIO .....	2
2. Untersuchungsziele .....	3
3. Material und Methoden .....	4
3.1 Untersuchungsgut.....	5
3.2 Vorbereitungen an der Leiche .....	7
3.3 Das Virtangiosystem .....	8
3.4 Phasen der CT-Angiographie .....	9
3.5 Radiologische und gerichtsmedizinische Befunde.....	10
3.6 Auswertung .....	10
4. Ergebnisse .....	11
4.1 Falldarstellung mit Ergebnisübersicht der 46 Fälle.....	11
4.1.1 Fall 1.....	11
4.1.2 Fall 2.....	13
4.1.3 Fall 3.....	14
4.1.4 Fall 4.....	16
4.1.5 Fall 5.....	17
4.1.6 Fall 6.....	19
4.1.7 Fall 7.....	20
4.1.8 Fall 8.....	22
4.1.9 Fall 9.....	24
4.1.10 Fall 10.....	25
4.1.11 Fall 11.....	27
4.1.12 Fall 12.....	28
4.1.13 Fall 13.....	29
4.1.14 Fall 14.....	31
4.1.15 Fall 15.....	32
4.1.16 Fall 16.....	34
4.1.17 Fall 17.....	35
4.1.18 Fall 18.....	36
4.1.19 Fall 19.....	38
4.1.20 Fall 20.....	39

4.1.21 Fall 21.....	41
4.1.22 Fall 22.....	43
4.1.23 Fall 23.....	44
4.1.24 Fall 24.....	46
4.1.25 Fall 25.....	47
4.1.26 Fall 26.....	48
4.1.27 Fall 27.....	50
4.1.28 Fall 28.....	52
4.1.29 Fall 29.....	53
4.1.30 Fall 30.....	54
4.1.31 Fall 31.....	56
4.1.32 Fall 32.....	58
4.1.33 Fall 33.....	59
4.1.34 Fall 34.....	61
4.1.35 Fall 35.....	63
4.1.36 Fall 36.....	64
4.1.37 Fall 37.....	66
4.1.38 Fall 38.....	68
4.1.39 Fall 39.....	69
4.1.40 Fall 40.....	70
4.1.41 Fall 41.....	72
4.1.42 Fall 42.....	73
4.1.43 Fall 43.....	75
4.1.44 Fall 44.....	76
4.1.45 Fall 45.....	77
4.1.46 Fall 46.....	79
4.2 Tabellarische Ergebnisübersicht der Fälle .....	81
4.3 Übersicht über Zusatzbefunde der einzelnen Fälle .....	84
4.4 Blutungen .....	86
5. Diskussion.....	89
5.1 Medizinische Interventionen.....	89
5.1.1 Dokumentation von medizinischem Material .....	89
5.1.2 Darstellung von medizinischen Gefäßzugängen.....	92
5.1.3 Knöcherne Pathologien nach medizinischen Interventionen .....	93

5.1.4 Gezielte Probeentnahme.....	94
5.1.5 Vergleich mit antemortalen klinischen Bildern .....	95
5.2 Vorteile, Nachteile und Probleme der pmCTA.....	97
5.2.1 Gefäßdarstellung .....	97
5.2.1.1 Gefäßdarstellung des gesamten Gefäßsystems .....	97
5.2.1.2 Ausschluss von Gefäßkomplika­tionen.....	99
5.2.1.3 Anatomische Varianten und Umgehungskreisläufe.....	100
5.2.2 Blutungen .....	102
5.2.2.1 Darstellung von Blutungen und Blutungsquellen .....	102
5.2.2.2 Blutungen als Komplika­tion medizinischer Interventionen.....	103
5.2.2.3 Aortenruptur .....	104
5.2.3 Gefäßpathologien .....	105
5.2.3.1 Aneurysmata.....	105
5.2.3.2 Aortendissektion.....	106
5.2.4 Solide Organe.....	108
5.2.4.1 Veränderungen solider Organe.....	108
5.2.4.2 Myokardinfarkt.....	110
5.2.4.3 Weichteile.....	111
5.2.5 Artefakte.....	111
5.2.5.1 Luftembolien .....	111
5.2.5.2 Verwesungsbedingte Kontrastmittelaustritte .....	113
5.2.5.3 Kontrastmittelfüllungsfehler .....	114
5.2.5.4 Lungenarterienembolien (LAE) .....	118
5.2.5.5 Andere postmortale Veränderungen.....	119
5.2.6 Materialien und Methoden .....	120
5.2.6.1 Lange Vorbereitungszeit und kurze Untersuchungszeit.....	121
5.2.6.2 Angiographiephasen.....	122
5.2.6.3 Materialien .....	122
6. Zusammenfassung.....	125
7. Tabellenverzeichnis .....	131
8. Abbildungsverzeichnis .....	132
9. Abkürzungen.....	136
10. Literaturverzeichnis Literaturverzeichnis .....	139
11. Eidesstattliche Erklärung .....	146



## 1. Einleitung

### 1.1 Der ärztliche Eingriff aus rechtlicher Sicht

Gemäß dem deutschen Grundgesetz ist die Würde des Menschen unantastbar (Art. 1 I GG) und jeder Mensch hat das Recht auf Leben und körperlichen Unversehrtheit (Art. 2 II GG). Demnach erfüllt „**Jeder - auch erfolgreiche! – ärztliche Eingriff** [...] als objektive Verletzung der körperlichen Integrität des Patienten **den objektiven Tatbestand einer Körperverletzung** und stellt somit potenziell [...] im Strafrecht eine Körperverletzung (§ 223 StGB) [und] [...] im Zivilrecht eine unerlaubte Handlung (§ 823 ff. BGB) dar“ (Penning 2006, S. 271).

Gemäß dem Patientenrechtegesetz von 2013 und Penning 2006 sind die Voraussetzungen für einen straffreien Eingriff: die Indikation des Eingriffs, eine rechtswirksame Einwilligung (§ 630d BGB) nach angemessener Aufklärung des Patienten (§ 630e BGB) und einer Durchführung lege artis (§ 630a BGB), wenn der Eingriff nicht gegen die guten Sitten (§ 228 StGB) verstößt.

Zwischen Arzt und Patient kommt ein Behandlungsvertrag (§ 630a BGB), also ein Dienst- und kein Werkvertrag zustande (Martis und Winkhart-Martis 2007). Das bedeutet, dass der Arzt einen Heil- oder Behandlungserfolg nicht garantieren muss, sich jedoch verpflichtet den Eingriff lege artis nach den Regeln der ärztlichen Kunst (Martis und Winkhart-Martis 2007) und sorgfältig (§ 276 BGB) durchzuführen und diesen zu dokumentieren (§ 630f BGB). Begeht der Arzt einen Behandlungsfehler und verstößt z. B. gegen die Regeln der ärztlichen Kunst durch Tun oder Unterlassen (Bauch 2011), liegt „zum einen bei [...] [schuldhaftem] Handeln eine **Straftat** des Arztes vor. Zum anderen müsste ggf. **Schadensersatz** und Schmerzensgeld an den Patienten geleistet werden.“ (Penning 2006, S. 271).

Entsteht ein objektiv feststellbarer Körper- oder Gesundheitsschaden bei gleichzeitig aufgetretenen Behandlungsfehler, muss ein „Kausalzusammenhang zwischen dem Behandlungsfehler und dem eingetretenen [...] [Schaden]“ (Martis und Winkhart-Martis 2007) bewiesen werden. Die Aufgabe der Rechtsmedizin besteht bei Todesfällen nach medizinischen Interventionen darin, Grundleiden, die Todesart und die Todesursache festzustellen und Hinweise auf einen ursächlichen Zusammenhang zwischen Ableben des Patienten und dem medizinischen Eingriff oder einem möglichen Behandlungsfehler zu finden (Meißner 2009; Zerlauth et al. 2013; Heinemann et al. 2013). Befunde werden in der Rechtsmedizin durch die konventionelle Autopsie sowie histologische, toxikologische, biochemische und mikrobiologische Untersuchungen erhoben (Forster und Althoff 1986). Auch moderne



Bildgebungsverfahren wie die postmortale Computertomographie-Angiographie (pmCTA) kommen dabei im Rahmen von Studien immer mehr zum Einsatz (Zerlauth et al. 2013; Palmiere et al. 2012). Das abschließende gerichtsmedizinische Gutachten dient neben der Vernehmung von Zeugen und Sachverständigen dem Gericht als Entscheidungsgrundlage und „[...] entlaste[t] den Arzt in einem hohen Prozentsatz [...]“ (Meißner 2009, S. 37). Zudem erhöht die retrospektive Analyse von Behandlungsfehlern laut WHO und Europarat die Patientensicherheit und führt - durch Identifizierung von Fehlerquellen - zur Fehlervermeidung (Meißner 2009). Auch wenn die Zahlen der angezeigten Fälle von ärztlichen Behandlungsfehlern laut der statistischen Erhebung der Gutachterkommissionen und Schlichtungsstellen der Bundesärztekammer für das Statistikjahr 2015 (Bundesärztekammer 2015) sinken, nimmt die rechtsmedizinische Begutachtung und die genaue Befunderhebung in diesen Fällen eine immer bedeutendere Stellung ein (Zerlauth et al. 2013). Die Anwendung und der Nutzen der postmortalen computertomographischen Angiographie (pmCTA) bei Todesfällen nach medizinischen Interventionen soll in dieser Arbeit weiter untersucht werden.

### **1.2 Postmortale Bildgebung im Rahmen der Multicenterstudie VIRTANGIO**

Die Erforschung moderner, postmortaler Bildgebungsverfahren wie der CT-Angiographie und ihrer Anwendungsbereiche nimmt seit der ersten postmortalen Ganzkörperperfusion 2005 (Grabherr et al. 2007) und der Publikation eines einheitlichen Protokolls zur Gefäßperfusion 2011 (Grabherr et al. 2011) beachtlich zu (Grabherr et al. 2014). Zu diesem Zweck haben sich im Rahmen der Multicenterstudie VIRTANGIO - auch unter TWGPAM für Technical Working Group Postmortale Angiography Methods bekannt - folgende rechtsmedizinische Institute zusammengeschlossen: München, Leipzig und Hamburg in Deutschland, Lausanne und Basel in der Schweiz, Toulouse in Frankreich, Foggia in Italien, Krakau in Polen und Leicester in England (Grabherr et al. 2014).

Das Ziel der Zusammenarbeit ab dem Frühjahr 2012 war, nach dem einheitlichen Protokoll von Grabherr (Grabherr et al. 2011) mit einheitlichen Materialien (Grabherr et al. 2014) Angiographie-Daten zu erheben, auszutauschen und auszuwerten, sowie Richtlinien für die radiologische Befundung und eine internationale Datenbank zu erstellen (Grabherr et al. 2014). Geplant war daher, dass jedes Zentrum an 50 Fällen unterschiedlicher Todesursachen eine postmortale Computertomographie (pmCT) sowie eine postmortale CT-Angiographie (pmCTA) vor der konventionellen Autopsie durchführt (Grabherr et al. 2014). In München wurden von Juni 2012 bis August 2013 53 Fälle untersucht. Die postmortale CT-Angiographie

soll in den Forschungsgruppen unter verschiedenen Gesichtspunkten untersucht werden, um Vorteile und Schwächen herauszuarbeiten und durch den Austausch von Erfahrungen die Methode laufend weiterzuentwickeln (Grabherr et al. 2014). Im Rahmen der Multicenterstudie VIRTANGIO und dieser **Dissertationsarbeit** soll die Bedeutung und Anwendbarkeit der postmortalen CT-Angiographie im Vergleich zur konventionellen rechtsmedizinischen Autopsie weiter herausgearbeitet werden.

### **2. Untersuchungsziele**

Im Rahmen dieser Dissertationsarbeit werden die Befunde der postmortalen CT-Angiographie mit denen der gerichtsmedizinischen Autopsie, deskriptiv für 46 Todesfälle nach medizinischer Intervention oder nach der – ggf. unterstellten - Unterlassung von medizinischer Maßnahmen, aus dem Untersuchungskollektiv der Institute Lausanne, Hamburg und München verglichen.

Auf folgende Fragestellungen wird im Besonderen eingegangen:

- 1.) Werden durch die pmCTA zusätzliche, gleichwertige oder keine neuen Befunde hinsichtlich des medizinischen Eingriffs, der entstandenen Komplikation oder der Todesursache beschrieben, die bei der Beurteilung des Kausalitätszusammenhangs vor Gericht von Bedeutung sein könnten?
- 2.) Was sind Vorteile, Nachteile und Probleme der pmCTA-Methode im Vergleich zur konventionellen Autopsie?
- 3.) Ist die Anwendung der pmCTA bei Todesfällen nach medizinischen Eingriffen zu empfehlen?

Ziel der Arbeit ist es nicht, zu entscheiden, ob es sich in den entsprechenden Fällen um Behandlungsfehler gehandelt hat oder nicht, sondern es sollen nur die erhobenen Befunde deskriptiv verglichen werden, um die pmCTA Bildgebungsmethode bewerten zu können.

### **3. Material und Methoden**

Im Rahmen dieser Arbeit werden 46 Fälle (Tabelle 1) aus der Multicenterstudie VIRTANGIO ausgewertet und diskutiert. Einschlusskriterium für die Auswahl der Fälle ist, dass der Tod auf einen ärztlicher Eingriff oder eine diagnostische Maßnahme oder deren - ggf. unterstellter - Unterlassung folgt. Zudem werden nur Fälle ausgewertet, bei denen ein radiologisch-angiographischer und ein gerichtsmedizinischer Befund vorlagen. Die Daten stammen aus den rechtsmedizinischen Zentren Lausanne, Hamburg und München. Diese drei Zentren haben in der Multicenterstudie VIRTANGIO die meisten Fälle dieser Art generiert. 25 Fälle stammen aus Hamburg, 16 aus Lausanne und fünf Fälle wurden in München untersucht. In Hamburg und München stammen sie aus den 50 Fällen, die jedes Zentrum im Rahmen der Studie untersucht. Neun der 16 Fälle aus Lausanne sind bereits vor 2012 und vor der Multicenterstudie untersucht worden (Zerlauth et al. 2013). Da sie dem gleichen pmCTA-Protokoll nach Grabherr folgen (Grabherr et al. 2011) und auch eine pmCT, pmCTA und eine Obduktion erfolgten, werden sie in diese Arbeit einbezogen. Das Durchschnittsalter des untersuchten Kollektivs liegt bei 64 und reicht von fünf bis 87 Jahren. Die Durchführung der pmCT-Angiographie bei den 20 Frauen (F) und 26 Männern (M) und die Verwendung der Daten wurde von der Ethikkommission als ethisch unbedenklich bewertet.

**3.1 Untersuchungsgut**

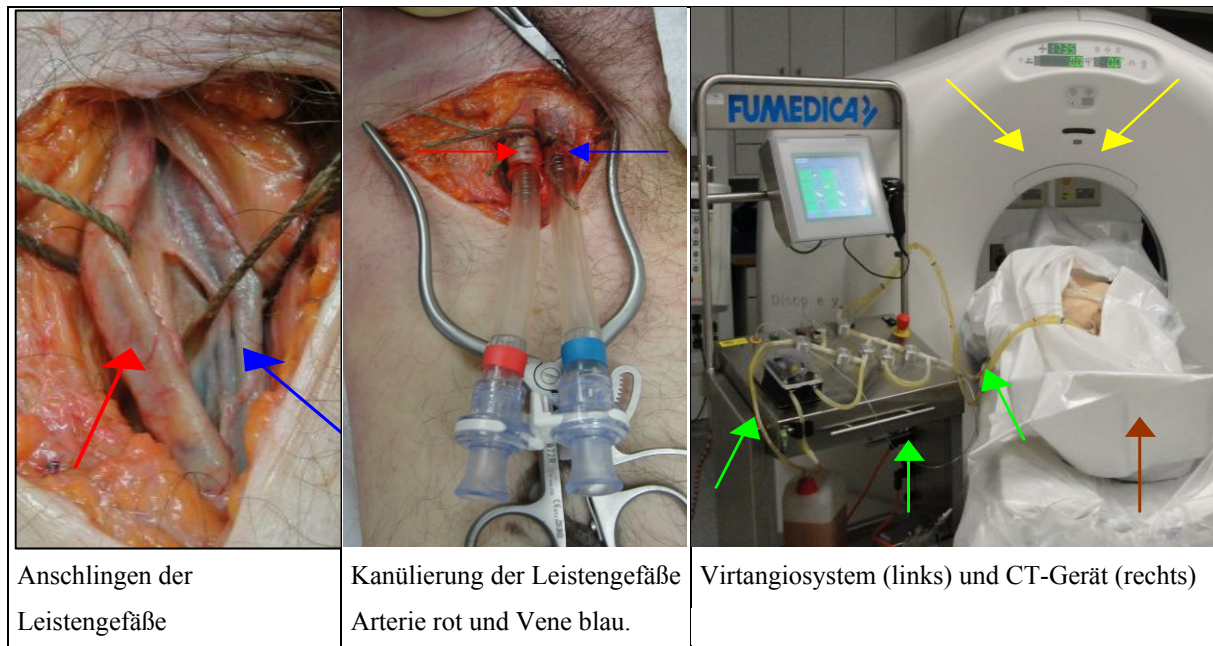
Fall- Nummer	Datum	Zentrum	Identifikations- Nummer	Alter	Geschlecht	Intervention	Komplikation/ Todesursache
1	01.09.2010	Lausanne	100191-M	78	M	Intrakranielle Ventrikeldrainage zur Druckentlastung, Unterlassene Embolisation einer blutenden Gefäßmissbildung	Intrakranielle Blutung mit Ventrikeldilatation/ Druckerhöhung
2	04.10.2010	Lausanne	100303-M	61	M	Ösophagogastroduodenoskopie (ÖGD)	Aortendissektion
3	13.10.2010	Lausanne	100247-M	59	M	Tonsillektomie	Blutung mit Blutaspiration
4	30.11.2010	Lausanne	100219-M	61	M	Anlage eines Suprapubischen Katheters	Unklare Intraabdominelle Blutung
5	23.12.2010	Lausanne	100277-M	45	M	Venöse Crossektomie	Bakterieninfektion mit Sepsis
6	24.12.2010	Lausanne	100256-M	78	M	Splenektomie	Intraabdominelle Blutung aus chirurgischer Ligatur
7	11.01.2011	Lausanne	100297-M	50	F	Operation an Tonsillenkarzinom	Blutung nach Gefäßruptur mit Blutaspiration
8	26.04.2011	Lausanne	110052-M	15	F	Laparotomie und Gefäßembolisation	Blutung aus Leberruptur
9	23.08.2011	Lausanne	110138-M	72	F	Lumbalarthrodese LWK 1-5	Lungenarterienembolie (LAE) und hämorrhagischer Hirninfarkt nach Antikoagulation
10	20.04.2012	Lausanne	120170-M	65	M	Tumor Operation bei Kolonkarzinom	Blutung aus Gefäßruptur der A. splenica
11	15.05.2012	Hamburg	S0413-12	5	F	Elektive Tonsillektomie	Nachblutung mit Blutaspiration
12	05.06.2012	Lausanne	120236-M	59	M	Endarteriektomie in der rechten Leiste	Blutung nach Gefäßverletzung
13	08.06.2012	Hamburg	S0472-12	78	F	Koronarangiographie mit Stentimplantation	Unklare Blutung mit abdominalem Kompartmentsyndrom
14	15.06.2012	Hamburg	S0481-12	70	F	Operative Weichteildefektdeckung am Knie	Kardiale Dekompensation bei massiven Herzpathologien
15	10.07.2012	Lausanne	120281-M	70	F	Laparoskopische Hernioplastik	Blutung nach Gefäßverletzung
16	15.08.2012	Hamburg	S0643-12	59	M	Herzoperation (Aortenklappenstenose und Bypass)	Aortenruptur und frischer Herzinfarkt
17	03.09.2012	Lausanne	120367-M	74	F	Pankreasoperation nach Whipple	Rückenmarkschämie mit respiratorischer Insuffizienz nach Extubation
18	03.10.2012	Lausanne	120405-M	87	F	Perkutane transluminale Angioplastie	Blutung aus rechter Femoralarterie
19	08.10.2012	Hamburg	S0785-12	86	M	Koronarangiographie	Myokardinfarkt und Aortendissektion
20	25.10.2012	Hamburg	S0838-12	61	F	Koronarangiographie	Myokardinfarkt mit akutem Herzversagen
21	31.10.2012	Hamburg	S0859-12	77	M	Koronarangiographie	Ischämische Septumruptur mit Perikardtamponade

**Tabelle 1: Untersuchungsgut: Todesfälle nach medizinischer Intervention oder nach Unterlassung medizinischer Maßnahmen.**

Fall- Nummer	Datum	Zentrum	Identifikations- Nummer	Alter	Geschlecht	Intervention	Komplikation/ Todesursache
22	27.11.2012	Hamburg	S0937-12	72	F	Herzoperation nach Myokardperforation	Herzinfarkt und LAE
23	07.12.2012	Hamburg	S0969-12	87	F	Gastro- und Koloskopie sowie Laparotomie	Kardiale Dekompensation, unklare Blutung, kleine LAE
24	11.12.2012	Hamburg	S0974-12	58	M	Tumorbiopsie aus Lunge	Blutung aus der rechten Lungenarterie
25	11.12.2012	München	12-GS-02591	59	M	Unterlassene Diagnostik	Aortendissektion mit starkem Blutverlust
26	14.12.2012	Hamburg	S0995-12	66	M	TAVI-Aortenklappenersatz	Blutung aus Ruptur der linken A. femoralis
27	18.12.2012	Hamburg	S0996-12	68	F	ZVK-Anlage	Pilzinfektion, Hämatothorax. LAE mit kardiopulmonaler Insuffizienz
28	27.12.2012	Hamburg	S0939-12	79	F	Koronarangiographie mit Stentimplantation	Venöse Blutung mit Perikardtamponade
29	05.02.2013	Hamburg	S0101-13	71	F	Koronarangiographie mit Stentimplantation	Blutverlust über Aneurysma spurium
30	13.02.2013	Hamburg	S0139-13	56	M	Koronarangiographie mit Bypassindikation	Myokardinfarkt
31	14.02.2013	Hamburg	S0136-13	71	M	Duodenopankreatektomie nach Whipple	Blutung und Myokardinfarkt
32	27.02.2013	Lausanne	130091-M	82	F	Anlage eines Pulmonalarterienkatheters	Hämatothorax mit Blutaspilation nach Gefäßruptur
33	05.02.2013	München	13-GS-00280	63	M	Operation einer Fibulafaktur	Lungenarterienembolie
34	19.03.2013	Hamburg	S0233-13	75	M	TAVI über die Herzspitze	Hämatothorax nach Blutung
35	26.03.2013	München	13-GS-00700	77	M	Pleurapunktion	Blutung und Hämatothorax
36	05.04.2013	Hamburg	S0280-13	56	M	Koronarangiographie mit Stentimplantation	Blutung
37	10.04.2013	Hamburg	S0291-13	61	F	Operation eines Bronchialkarzinoms	Blutung mit Hämatothorax
38	15.04.2013	Hamburg	S0315-13	72	M	Einstellung der Dialysetherapie	Nierenversagen
39	17.04.2013	Lausanne	130158-M	75	M	Aortenklappenersatz mit Bioprothese	Gefäßriss der Aorta ascendens mit Hämatothorax links
40	18.04.2013	Hamburg	S0329-13	80	F	Koronarangiographie	Leberverletzung mit Blutung und akutes Herzversagen
41	19.04.2013	Hamburg	S0336-13	71	M	Kranielle Röntgenaufnahme nach Sturz	Intrakranielle Blutung mit Druckerhöhung
42	29.04.2013	Hamburg	S0348-13	74	F	TLIF-Wirbelsäulenoperation	Nachblutung
43	07.05.2013	Hamburg	S0388-13	84	M	Bypass-Operation	Lungenentzündung
44	08.05.2013	Hamburg	S0398-13	74	F	Wechsel eines Trachealkanüle	Blutung mit Blutaspilation
45	12.06.2013	München	13-GS-01348	54	M	Hausarztbesuch ohne Intervention	Myokardinfarkt
46	27.08.2013	München	13-GS-01967	75	M	Kathetergestützter Aortenklappenersatz (TAVI)	Blutverlust aus Aneurysma spurium

**Tabelle 1: Untersuchungsgut: Todesfälle nach medizinischer Intervention oder nach Unterlassung medizinischer Maßnahmen.**

### 3.2 Vorbereitungen an der Leiche



**Abbildung 1: Vorbereitungen an der Leiche vor der CT**

Nach dem Anschlingen und der Kanülierung der Arteria femoralis (rot) und Vena femoralis (blau) in der rechten Leiste wird das Schlauchsystem des Virtangiosystems (grün) an die Leiche im Leichensack (braun) angeschlossen und ein CT-Scan in 4 Phasen mit einem CT-Scanner (gelb) durchgeführt.

Vor jeder radiologischen Untersuchung erfolgt eine äußere Leichenschau mit der Dokumentation wichtiger Befunde (Grabherr et al. 2011). Dann werden metallische Gegenstände wie z. B. Uhren vom Körper entfernt, um computertomographische Artefakte zu vermeiden (Schneider et al. 2012). Die Femoralgefäße werden in der rechten Leiste präpariert und mit einem Faden angeschlungen (Abb. 1), um nach einer kleinen Stichinzision der Arteria (A.) und Vena (V.) femoralis die Kanülen für die Angiographie einzuführen (Grabherr et al. 2014). Die rote Kanüle wird in die Arterie und die blaue Kanüle in die Vene in Richtung der Iliakalgefäße eingebracht und fixiert (Schneider et al. 2012). Diese Kanülen werden später an das Schlauchsystem der Virtangio-Perfusionsmaschine angeschlossen, sobald der Leichnam im Computertomogramm liegt (Schneider et al. 2012). Wenn andere Gefäße als die rechte Arteria und Vena femoralis kanüliert werden, ist dies gesondert anzugeben.

Eine Probeentnahme für toxikologische, biochemische, mikrobiologische oder histologische Untersuchungen erfolgt vor der Angiographie (Schneider et al. 2012), da der Einfluss des Kontrastmittels auf die Proben noch nicht abschließend zu beurteilen ist. Dies ist jedoch Gegenstand weiterer Forschung (Grabherr et al. 2012).

In München wurden venöses Leistenblut, Urin, eine Muskelprobe des M. Sartorius und eine Glaskörperprobe vor dem CT-Angiographiescan entnommen. Allgemein können auch Organe wie die Lunge und Gefäße CT-gesteuert vor der Obduktion zur Biopsie punktiert werden (Schneider et al. 2012).

### **3.3 Das Virtangiosystem**

Das Virtangiogerät der Firma FUMEDICA AG in der Schweiz ist ein elektronisch gesteuertes Pumpensystem, welches Kontrastmittel (KM) mit einem vorgegebenen Volumen in das Gefäßsystem füllt, „damit eine postmortale Angiographie in hoher Qualität des gesamten Herz-Kreislaufsystems durchgeführt werden kann.“ (FUMEDICA AG 2012, S. 8). Das in die Virtangiomaschine eingebrachte Schlauchsystem wird zunächst mit Kontrastmittel gefüllt und somit entlüftet, danach an die Gefäßkanülen an der Leiche (Kapitel 3.2) angeschlossen. Dann kann Kontrastmittel in die Gefäße gepumpt werden (Schneider et al. 2012). Luftembolien im Gefäßsystem sind bei diesem Vorgang durch langsames Arbeiten und Befüllen zu vermeiden (Grabherr et al. 2007).

Das Virtangiogerät ist dabei so nahe am CT-Gerät zu positionieren, dass die Schläuche immer locker und nie unter Spannung mit der Leiche verbunden sind. Als Kontrastmittel wird das mit Paraffinöl gemischte, gelbliche, aus jodierten Fettsäureestern bestehende 6 % Angiofil®-Kontrastmittel der FUMEDIA AG aus der Schweiz verwendet (FUMEDICA AG 2012). Die genauen Bestandteile sind als Betriebsgeheimnis patentiert. Das Mischverhältnis beträgt 60 ml Angiofil® auf 1 Liter Paraffinöl (Grabherr et al. 2011).

Für die Gefäßfüllung wird das Protokoll nach Grabherr verwendet (Grabherr et al. 2011):

Verwendung	Flussrate(ml/min)	Dauer der Phase (min)	Gesamtvolumen (ml)
Arterielle Phase	800	1,5	1200
Venöse Phase	800	2	1600- 1800
Dynamische Phase	200	2,5	500
Set-Füllung			400
Totaler Verbrauch			3600- 3800

**Tabelle 2: Gefäßfüllung in den verschiedenen Angiographiephasen**

### 3.4 Phasen der CT-Angiographie



**Abbildung 2: CT-Scan in vier Phasen**

Jeder Fall wird insgesamt viermal computertomographisch untersucht (Abb.2). Auf eine Nativaufnahme ohne Kontrastmittel folgen ein arterieller, ein venöser und ein dynamischer Angiographiescan. Zunächst wird eine Computertomographie ohne Kontrastmittel durchgeführt. Nach der arteriellen Füllungsphase mit Kontrastmittelfüllung des arteriellen Gefäßsystems erfolgt der arterielle Scan. Darauf folgen die venöse Füllungsphase mit Kontrastierung des venösen Gefäßsystems und der venöse Scan. Während der dynamischen Phase wird das Gefäßsystem über den arteriellen Schenkel weiter perfundiert und über den venösen Schenkel kann KM in den Auffangbeutel zurücklaufen (Grabherr et al. 2008a). Die dynamische Phase dient vor allem dazu, Füllungsfehler zu

reduzieren und Artefakte besser zu identifizieren (Grabherr et al. 2011). Während der drei Angiographie-Phasen wird der Druck parallel angezeigt (Schneider et al. 2012). Sind die CT-Scans beendet, wird das benutzte Schlauchset von den Kanülen in der Leiche dekonnektiert und entsorgt. Die Kanülen werden bei der Obduktion entfernt. Bezüglich technischer Informationen zu den CT-Geräten mit Scan-Parametern für die einzelnen Institute zur Datenerhebung:

Institut	CT-Gerät	Phasen	Schnittdicke (mm)	Rotationszeit (mm)	Röhrenspannung (kV)	Röhrenstrom (mA)
Lausanne	CT Light Speed 8, GE Healthcare, Milwaukee, USA	Nativ	1.25 / 2.5	1/ 2	120	300
		Arteriell	1.25	0.6	120	280
		Venös	2.5	1.2	120	280
		Dynamisch	2.5	1.2	120	280
München	GE DISCOVERY HD 750	Nativ	1.25	0.5	120	335
		Nativ	1.25	0.7	120	600
		Arteriell	1.25	1	120	400
		Venös	2.5	1	120	350
		Dynamisch	2.5	1	120	300
Hamburg	PHILIPS-F93D356	Nativ	1	0.5	120	180-230
		Arteriell	1	0.5	120	180-230
		Venös	1	0.5	120	180-230
		Dynamisch	1	0.5	120	180-230

**Tabelle 3: CT-Gerätinformationen der Institute in Lausanne, München und Hamburg**



### **3.5 Radiologische und gerichtsmedizinische Befunde**

Die radiologischen Befunde mit Interpretation der entstandenen CT-Bilder werden von erfahrenen Fachärzten für Radiologie erhoben (Zerlauth et al. 2013). Hinweise auf die medizinische Intervention, daraus folgenden Komplikationen oder auf die Todesursache sind neben sonstigen pathologischen Auffälligkeiten zu dokumentieren. Bekannt sind dem Radiologen lediglich die Todesumstände wie z. B. Tod nach Herzkatheteruntersuchung, jedoch kennt er nicht die Sektionsbefunde, falls diese bereits vorliegen (Zerlauth et al. 2013).

Auf die Angiographie folgt die rechtsmedizinische Obduktion, durchgeführt von zwei Rechtsmedizinern (Zerlauth et al. 2013). Ziel der konventionellen Autopsie ist, die klinischen Fallangaben zu prüfen, die Todesursache festzustellen und Hinweise auf einen Zusammenhang des Todes mit dem medizinischen Eingriff oder dessen Unterlassung zu sammeln (Zerlauth et al. 2013). Wie gesetzlich vorgeschrieben (§ 87 StPO) werden nach der genauen äußeren Inspektion der Leiche die Kopf-, Brust- und Bauchhöhle in der Sektion geöffnet. Die einzelnen Organe, Flüssigkeiten und Gewebe werden makroskopisch und teilweise neuropathologisch, histologisch und chemisch-toxikologisch begutachtet und die Befunde im Sektionsprotokoll dokumentiert (Zerlauth et al. 2013).

### **3.6 Auswertung**

Der Vergleich der pmCT- und der Autopsie-Befunde und die Gegenüberstellung der beiden Methoden werden retrospektiv im Rahmen dieser Arbeit geleistet. Die radiologischen und rechtsmedizinischen Befunde dienen anonymisiert als Grundlage für den deskriptiven Vergleich von postmortaler CTA und konventioneller Autopsie. Für jeden Fall werden die Befunde bezüglich des medizinischen Eingriffs, der möglichen Komplikationen und der Todesursache extrahiert und verglichen. Dabei wird ein Hinweis oder Nachweis mit N, kein Nachweis mit 0 und ein überlegener Nachweis wie mit X bewertet (Kap. 4.1). Ein überlegener Nachweis liegt vor, wenn ein wichtiger Zusatzbefund nur in einem der Befunde dokumentiert ist. Wird eine todesursächliche Blutungsquelle z. B. nur radiologisch beschrieben, in der Autopsie jedoch nicht identifiziert, liegt ein überlegener Nachweis vor. Zusatzbefunde werden für jeden Fall einzeln tabellarisch erfasst (Kap. 4.3). Die Ergebnisse bei Blutungskomplikationen werden zudem im Bezug auf den Nachweis einer Blutungsquelle und abhängig von der Gefäßgröße verglichen (Kap. 4.4). Vorteile, Nachteile und Probleme der neuen Bildgebungsmethode bei Fällen dieser Arbeit werden unter Kap. 5.2 beschrieben, woraus sich die Anwendungsbereiche der pmCTA ableiten.

## 4.Ergebnisse

Für die Ergebnisauswertung werden in Kap.4.1 die Befunde der einzelnen Fälle in der Autopsie und der pmCTA gegenübergestellt und anhand Tabelle 4 bewertet. Eine Übersichtstabelle der Ergebnisse aller Fälle findet sich unter Kap. 4.2 Zudem sind unter Kap. 4.3 die Zusatzbefunde der beiden Methoden für die jeweiligen Fälle herausgearbeitet. Insbesondere auf die Befunde bei Fällen mit Blutungskomplikationen wird unter Kap. 4.4 eingegangen.

Für die folgenden Tabellen gilt:

0	Kein Nachweis
N	Hinweis oder Nachweis
X	Überlegener Nachweis

**Tabelle 4: Bewertung der Befunde in den Fällen bzgl. des ärztlichen Eingriffs, der Komplikation und der Todesursache**

### 4.1 Falldarstellung mit Ergebnisübersicht der 46 Fälle

In der Falldarstellung wird der klinische Fall beschrieben und die Ergebnisübersicht stellt die radiologischen und gerichtsmedizinischen Ergebnisse deskriptiv gegenüber. Grundlage der Ergebnisse sind die Befunde der radiologischen und gerichtsmedizinischen Originalbefunde. Einige Fälle sind bereits in Publikationen (Zerlauth et al. 2013; Palmiere et al. 2012; Villaverde et al. 2014) erwähnt und teilweise unter anderen Gesichtspunkten diskutiert.

#### 4.1.1 Fall 1

Datum: 01.09.2010	Ärztlicher Eingriff:	Intrakranielle Ventrikeldrainage zur Druckentlastung, Unterlassene Embolisation der intrakraniellen Gefäßmissbildung
Institut: Lausanne	Komplikation:	Intrakranielle Blutung einer Gefäßmissbildung
Patient: 78 Jahre, männlich	Todesursache:	Intrakranielle Blutung mit Ventrikeldilatation und Druckerhöhung

Falldarstellung (Zerlauth et al. 2013; Palmiere et al. 2012; Heinemann et al. 2013)

Bei einem 78-jährigen Mann mit Hemiparese links zeigt eine antemortale CT eine okzipitale Subarachnoidalblutung mit Ventrikeleinblutung- und Erweiterung. Als Blutungsquelle wird eine von den Aa. vertebrales versorgten Gefäßmissbildung angegeben. Eine Ventrikeldrainage zur Entlastung wird angelegt. Von einer Embolisation der Missbildung wird wegen des schlechten Zustandes des Patienten und einer starken Arteriosklerose der A. vertebralis abgesehen. Die klinische Todesursache ist eine intrakranielle Blutung mit malignem Hirndruck.

In der Vorgeschichte sind eine Myokardischämie, ein Lungen- und Larynxkarzinom mit Entfernung des Larynx, der Trachea, der Schilddrüse und des Lungenoberlappens der linken Lunge beschrieben.

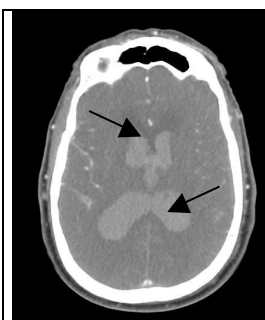
### Ergebnisübersicht



**Abbildung 3: Fall 1, pmCTA, Kontrastmittelaustritt an einer Gefäßmissbildung**

Im gerichtsmmedizinischen Gutachten wird als Todesursache eine intrakranielle Blutung aus einer Gefäßmissbildung mit Ausbildung eines Hydrocephalus angegeben. Dadurch kann es zu einem intrakraniellen Druckanstieg gekommen sein (Souza-Offtermatt 2004). Die todesursächliche Subarachnoidalblutung und die arterio-venöse Gefäßmissbildung in der linken Kleinhirnhälfte nahe des 4. Ventrikels (Abb. 3) werden sowohl durch die pmCTA als auch in der rechtsmedizinischen Untersuchung dargestellt (Palmiere et al. 2012; Heinemann et al. 2013). Durch den KM-Austritt in der Angiographie kann die Blutung in die Ventrikel visualisiert werden (Abb. 4).

Erythrozyten werden in der neurohistologischen Untersuchung in den Ventrikeln nachgewiesen. Das blutungsursächliche Aneurysma nahe des 4. Ventrikels kann jedoch nur durch die postmortale Bildgebung dargestellt werden (Zerlauth et al. 2013). Trotz anderweitiger Erwartung wird in der histologischen Untersuchung keine aneurysmatische Veränderung beschrieben. Die Ventrikeldilatation zeigt sich vor allem auf den postmortalen Nativbildern (Heinemann et al. 2013). Deswegen ist die pmCTA in diesem Fall eine gute Ergänzung zur konventionellen Autopsie, da nur so das Aneurysma und die Ventrikelausdehnung genau visualisiert werden. Die medizinische Intervention in Form einer Schädelöffnung auf der linken Seite kann radiologisch unauffällig durch die medizinischen Klammern dargestellt werden. Rechtsmedizinisch sind links teilweise eingeblutete Nähte dargestellt und neuropathologisch wird eine zurückliegende Drainage von dort aus in den linken Seitenventrikel beschrieben.



**Abbildung 4: Fall 1, pmCTA Schädel-CT, Blutung**

Hyperdense Kontrastmittelansammlung in den erweiterten Ventrikeln wie bei intrakranieller Blutung.

Die Blutung wird gleichwertig in der Sektion und durch die pmCTA dargestellt, jedoch fällt das Aneurysma der Gefäßmissbildung als todesursächliche Blutungsquelle und somit als wichtiger Zusatzbefund nur radiologisch auf.

Fall 1	medizinische Intervention	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	X	X
Sektion	N	N	N

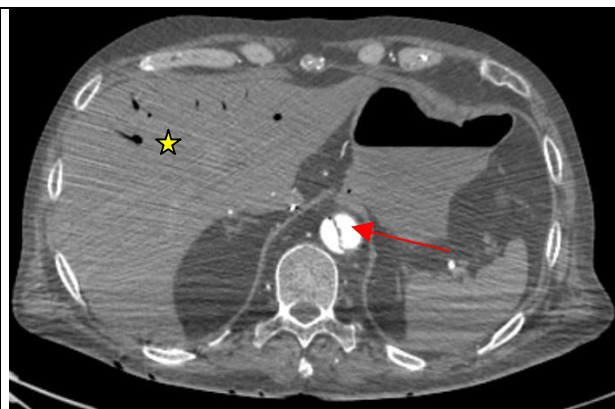
#### 4.1.2 Fall 2

Datum: 04.10.2010	Ärztlicher Eingriff:	Ösophagogastroduodenoskopie (ÖGD)
Institut: Lausanne	Komplikation:	Aortendissektion
Patient: 61 Jahre, männlich	Todesursache:	Aortendissektion

#### Falldarstellung (Zerlauth et al. 2013)

Der Leber-transplantierte, chronische Alkoholiker verstirbt zu Hause nach erfolglosen notärztlichen Reanimationsmaßnahmen. Zuvor wird stationär eine transfusionsbedürftige Anämie mittels Ösophagogastroduodenoskopie (ÖGD) abgeklärt. Eine Blutungsquelle wird jedoch nicht gefunden. Eine Blutungskomplikation nach der medizinischen Intervention wird als Todesursache vermutet.

#### Ergebnisübersicht



**Abbildung 5: Fall 2, Aortendissektion in der pmCTA**  
Gelber Stern markiert die Leber und der rote Pfeil die Dissektion.

Gerichtsmedizinisch wird die Aortendissektion ab der Aorta ascendens als natürliche Todesursache angegeben und radiologisch dargestellt (Abb. 5 und 6). Ein Zusammenhang mit der zuvor stattgefundenen ÖGD kann jedoch weder durch die Obduktion noch das CT sicher hergestellt werden. Beide postmortalen Untersuchungen können die Ausbreitung der Gefäßdissektion bis in die A. mesenterica inferior, die A. renalis rechts

und bis zur Karotisbifurkation beidseits sehr genau darstellen. Die pmCTA visualisiert jedoch genauer, welche Gefäßabgänge durch die Dissektion verlegt worden sind, da diese nicht mit KM kontrastiert werden. Ein ausschließlich radiologisch beschriebener Umgehungskreislauf der verlegten Gehirnperfusion ist außerdem ein wichtiger Zusatzbefund. In der dynamischen Phase wird die A. cerebri media über einen Umgehungskreislauf über die A. ophthalmica und über die A. communicans anterior des Circulus arteriosus Willisii gefüllt. Risikofaktoren für die Aortendissektion wie z. B. die hochgradige Arteriosklerose (Herold 2012) können sowohl

durch die pmCTA als auch durch die rechtsmedizinische Obduktion gleichwertig dargestellt werden. In keinem der Berichte sind Hinweise auf eine Blutung als mögliche Folge der ÖGD dokumentiert (Zerlauth et al. 2013). Die in beiden Berichten dokumentierten Rippenbrüche - wie nach Reanimation (Kretz und Teufel 2006) - und die punktförmige Einstiche an den Armen, wie nach einer Gefäßpunktion sind die einzigen Hinweise auf akutmedizinische Interventionen.



**Abbildung 6: Fall 2, pmCTA Thorax, Aortendissektion**

Aortendissektion im Aortenbogen, sich nach distal fortsetzend.

Die pmCTA visualisiert in diesem Fall genauer, welche Gefäßabgänge durch die Dissektion verlegt sind und kann eine Blutungskomplikation der ÖGD ausschließen.

Fall 2	medizinische Intervention	Komplikation	Todesursache
pmCTA	0	X	X
Sektion	0	N	N

#### 4.1.3 Fall 3

Datum: 13.10.2010	Ärztlicher Eingriff:	Tonsillektomie
Institut: Lausanne	Komplikation:	Blutung
Patient: 59 Jahre, männlich	Todesursache:	Blutaspiration

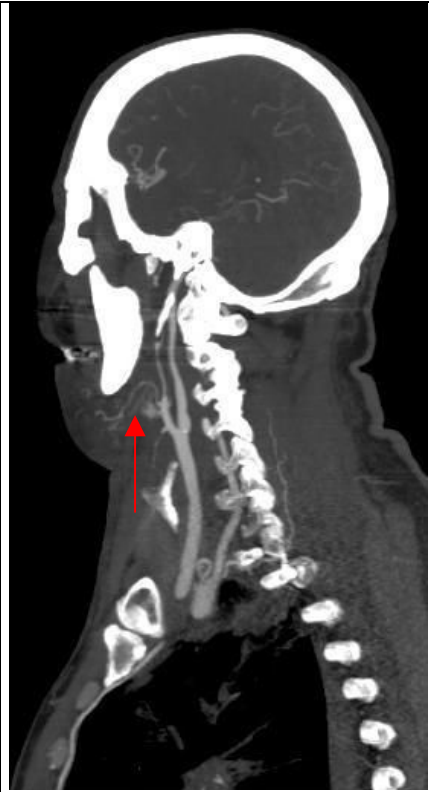
#### Falldarstellung (Zerlauth et al. 2013)

Der 59-jährige Mann verstirbt in der Ambulanz, in der er sich wegen Bluterbrechens vorstellt. Während der Behandlung kommt es zum hämorrhagischen Schock: Reanimationsmaßnahmen mit Bluttransfusion und Kompression einer pharyngealen Blutung bleiben erfolglos. Die Intubation und Beatmung gestaltet sich wegen des vielen oralen Blutes als schwierig. Zehn Tage zuvor wurden dem Mann beide Tonsillen wegen einer Abszessbildung entfernt und bereits eine Stunde nach dem Eingriff musste eine Blutung gestillt werden.

#### Ergebnisübersicht

Die Rechtsmedizin gibt als Todesursache eine Blutaspiration nach Blutung aus einem Gefäßriss in der Nähe der Tonsillenloge an. Die Blutungsquelle kann jedoch nur radiologisch identifiziert werden (Abb. 7), da KM aus der A. pharyngea ascendens, einem Ast der A. carotis externa,

austritt (Zerlauth et al. 2013). In der pmCTA tritt aus den Venen kein KM, diese kommen demnach als Blutungsquelle nicht in Betracht. In der Obduktion bleibt der genaue Blutungsursprung unbekannt, da lediglich die blutunterlaufene Tonsillenloge auffällt. Trotz Blutungskomplikation sind die Totenflecke nach antemortaler Bluttransfusion (Largiadèr und Saeger 2007) normal ausgebildet und die inneren Organe wie z. B. die Leber nicht blass. Die Blutaspiration ist radiologisch durch die Flüssigkeitsansammlung im Pharynx bis in die distalen Bronchien beschrieben.



**Abbildung 7: Fall 3, pmCTA Kopf und Thorax sagittal, Blutungsquelle**

Darstellung der Blutungsquelle durch einen Kontrastmittelaustritt aus einem Ast der A. carotis externa (Pfeil).

Die Rechtsmedizin dokumentiert teilweise koaguliertes Blut bis in die distalen Bronchien und in den Magen und den Dünndarm. In der Histologie zeigen sich Erythrozyten in den Alveolen und Bronchien. Der radiologisch beschriebene Inhalt im Lumen des Beatmungstubus kann in der Sektion als Blut identifiziert werden. Beide postmortalen Verfahren stellen demnach die todesursächliche Blutaspiration gleichwertig dar, jedoch wird die Blutungsquelle aus der A. carotis externa nur durch die pmCTA visualisiert (Zerlauth et al. 2013). Die medizinische Intervention der Blutstillung kann durch die Kompressen in Nase, Rachen und Mund in der CT-Nativaufnahme und durch die Sektion dargestellt werden. Einblutungen im Operationsgebiet im Bereich der Tonsillen sind im Sektionsprotokoll beschrieben. Die Luftansammlung in der Leiste und ein geringgradiger KM-Verlust aus der A. femoralis sinistra in der pmCTA stimmen mit einer, im Sektionsprotokoll beschriebenen, Gefäßpunktion in der linken Leiste überein. Wie nach einer

intensiven Herzdruckmassage (HDM) (Kretz und Teufel 2006) fallen im CT und in der Sektion umblutete Sternum- und Rippenfrakturen auf.

Vorbestehende Herz- und Gefäßerkrankungen, die nicht unmittelbar mit dem Tod zusammenhängen, die den Mann in der Notsituation jedoch zusätzlich belastet haben könnten, werden in beiden Berichten beschrieben. Eine allgemeine Arteriosklerose mit Beteiligung der Koronararterien ist z. B. radiologisch dokumentiert. Der Ramus interventricularis anterior (RIVA) zeigt sich in der Sektion verengt, das Herz ist vergrößert und die Aorta thoracica ist aneurysmatisch auf 6 cm Durchmesser erweitert. Hier zeigt sich insgesamt eine eindeutig

überlegene Darstellung der Blutungsquelle durch die pmCTA. Die Durchführung der Kontrastmitteluntersuchung war in diesem Fall insgesamt sehr vorteilhaft und ist bei einem Verdacht auf eine Blutungskomplikation zu empfehlen.

Fall 3	medizinische Intervention	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	X	N
Sektion	N	N	N

#### 4.1.4 Fall 4

Datum: 30.11.2010	Ärztlicher Eingriff:	Anlage eines suprapubischen Blasenkatheters
Institut: Lausanne	Komplikation:	Unklare Blutung
Patient: 61 Jahre, männlich	Todesursache:	Starker Blutverlust in die Bauchhöhle

#### Falldarstellung (Zerlauth et al. 2013; Palmiere et al. 2012)

Der multimorbide Patient wird wegen einer akuten Niereninsuffizienz ins Krankenhaus aufgenommen, dort kurze Zeit nach der Fehlanlage eines suprapubischen Blasenkatheters ins Peritoneum hämodynamisch instabil und verstirbt zwei Tage danach. Eine antemortale CT-Aufnahme zeigt eine aktive Blutung nahe der Blase mit intraperitonealer Blutansammlung. Eine Aszitespunktion ergibt Blut in der Bauchhöhle. Die genaue Blutungsquelle kann in der Angiographie jedoch nicht identifiziert werden. Der Mann ist antikoaguliert.

#### Ergebnisübersicht

Im gerichtsmedizinischen Gutachten ist der starke Blutverlust in die Bauchhöhle als todesursächlich angegeben. Dieser wird in der Sektion mit 11500 ml angegeben. Computertomographisch zeigt sich ein massiver, intraabdominaler Erguss. Der Ursprung der Blutung kann weder durch die pmCTA noch durch die rechtsmedizinische Leichenöffnung identifiziert werden (Palmiere et al. 2012). In der postmortalen Angiographie ist wie bereits bei der antemortalen CT-Untersuchung kein KM-Austritt aus dem arteriellen oder venösen Gefäßsystem zu beobachten. Auch in der Obduktion wird die Blutungsquelle nicht gefunden. Computertomographischer Hinweis auf die Anlage des suprapubischen Katheters ist der suprapubische Gewebedefekt. Die Sektion zeigt eine suprapubische Hautwunde und Verletzung des Peritoneums mit Einblutungen in die umliegenden Weichgewebe und eine Blasenschleimhauteinblutung. Die Luftansammlung um die linke V. jugularis und der KM-Austritt in der pmCTA aus der A. femoralis können in der Sektion als Folgen von

Gefäßpunktionen in diesen Bereichen identifiziert werden. Somit liefern beide Untersuchungen vergleichbare Ergebnisse, wobei aber die Zusammenschau aus pmCTA und Sektion ein vollständigeres und nachvollziehbareres Bild von Eingriff und Todesursache - auch ohne Nachweis einer Blutungsquelle - zeigt.

Fall 4	medizinische Intervention	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	0	N
Sektion	N	0	N

#### 4.1.5 Fall 5

Datum: 23.12.2010	Ärztlicher Eingriff:	Venöse Crossektomie
Institut: Lausanne	Komplikation:	Bakterieninfektion
Patient: 45 Jahre, männlich	Todesursache:	Septisches Multiorganversagen

#### Falldarstellung (Zerlauth et al. 2013)

Der 45-jährige Patient verstirbt vier Tage nach einer Varizen-Operation trotz Reanimationsmaßnahmen zu Hause. Die Crossektomie am rechten Bein ist wegen chronisch venöser Insuffizienz indiziert. Der Patient klagt einige Tage vor seinem Tod über Schmerzen im betroffenen Bein. Sein behandelnder Arzt stellt ein Schenkelödem fest und verschreibt Schmerzmittel und eine Stützbinde.

#### Ergebnisübersicht

Gemäß dem gerichtmedizinischen Gutachten ist die nekrotisierende Bakterieninfektion mit septischem Schock und Multiorganversagen (MOV) kurz nach der Crossektomie todesursächlich. Der radiologische Verdacht einer alten Lungenarterienembolie (LAE) wird in der Sektion nicht bestätigt. Der Operationszugang für die Crossektomie (Schumpelick et al. 2013) kann in der Sektion durch eine genähte Wunde in der rechten Leiste dargestellt werden. Im Nativ-CT fallen neben subkutaner Dichteveränderung am Unterschenkel, vergrößerte Lymphknoten (LK) auf. Medizinische Materialien, wie ein Beatmungstubus, sind in beiden Berichten beschrieben. Zusätzliche Materialien wie ein venöser Gefäßzugang, ein Verband, Kompressionsstrümpfe sowie Elektrokardiogramm (EKG)-Elektroden-Patches sind jedoch nur im Obduktionsbericht dokumentiert.

Die Venen sind in der Angiographie teilweise unvollständig kontrastmittelgefüllt, aber nach der Crossektomie tritt kein Angiographie-KM aus dem Gefäßsystem. Die Venen stellen sich auch in der Sektion unauffällig dar. Eine Blutungskomplikation kurz nach der Crossektomie ist somit



durch beide postmortalen Untersuchungen auszuschließen (Zerlauth et al. 2013). Den radiologische Verdacht einer bakteriellen nekrotisierenden Faszitis bestätigen die Befunde aus Sektion und Histologie (Zerlauth et al. 2013). Am rechten Bein zeigen sich Blasen, nekrotische Areale und Ödeme, Fibrinbeläge der Muskeln und eine Lymphknotenschwellung. Histologisch zeigen sich Bakterien, Nekrosen und Entzündungszellen in den Präparaten der LK, Haut und der Muskelfaszien. Eine reaktive Lymphknotenhyperplasie und fibro-thrombotisches Material in den Arterien fallen zudem histologisch auf. Mikrobiologisch sind E. coli Bakterien in den Proben aus Muskel, Faszie, Hautblasenflüssigkeit des rechten Beines nachzuweisen. In den venösen Blutproben und im Muskel lassen sich alpha-hämolysierende Streptokokken nachweisen (Zerlauth et al. 2013). Hinweise auf das MOV dokumentiert nur der Bericht der Rechtsmedizin mit Nachweis einer Schockleber und nekrotisierten Myokardiozyten. Wie bei einer Sepsis als Komplikation der nekrotisierende Faszitis (van Aken 2007) sind der Inflammationsmarker CRP und der Bakteriämie-Marker Prokalzitinin gemäß den postmortalen Laborbefunden erhöht.

Bei der Darstellung dieser postinterventionellen Komplikation mit Todesfolge überwiegen in diesem Fall eindeutig die rechtsmedizinischen Befunde im Vergleich zu denen der pmCTA. Der Bakteriennachweis gelingt nur mit autoptischen Nachweismethoden. Die computertomographisch gestützte Punktion erweist sich aber bei der Probengewinnung als sehr hilfreich, da dadurch eine frühzeitige sichere sterile Punktion gelingt (Zerlauth et al. 2013).

Fall 5	medizinische Intervention	Bakterieninfektion	Ausschluss Blutung	Todesursache
pmCTA	N	0	N	0
Sektion	N	X	N	N

## 4.1.6 Fall 6

Datum: 24.12.2010	Ärztlicher Eingriff:	Splenektomie
Institut: Lausanne	Komplikation:	Intraabdominelle Blutung
Patient: 78 Jahre, männlich	Todesursache:	Hypovolämischer Schock nach starkem Blutverlust

Falldarstellung (Zerlauth et al. 2013)

Der 78-jährige Mann stirbt kurz nach einer offenen Milzentfernung bei einer explorativen Laparotomie, die wegen starken postoperativen Schmerzen und Hämoglobinabfall durchgeführt wird. Nach der Intubation für die Laparotomie wird der Patient asystolisch und verstirbt trotz Reanimationsbemühungen.

Ergebnisübersicht

Die todesursächliche Blutung aus der insuffizienten Ligatur der A. splenica kann durch beide postmortalen Untersuchungen nachgewiesen werden. Bei der Wasserinjektion in die genähten A. und V. splenica tritt in der Sektion Wasser aus dem arteriellen Gefäß, die Ligatur ist demnach undicht. Die anatomische Gefäßvariante der A. splenica kann jedoch nur durch die pmCTA dargestellt werden (Abb.8), denn bei genauerer Betrachtung stellt sich heraus, dass die A. splenica sich teilt (Zerlauth et al. 2013). Einer der Bifurkationsäste ist dicht verschlossen, aus dem anderen tritt in der Angiographie KM im Bereich des Milzhilus aus dem Gefäß (Zerlauth et al. 2013).



**Abbildung 8: Fall 6, 3D-Rekonstruktion der A. renalis-Bifurkation**

In der Angiographie tritt nur aus dem rot markierten Ast Kontrastmittel aus. Der blau markierte Ast scheint dicht zu sein.

Nach der radiologischen Darstellung wird dies bei einer rechtsmedizinischen Nachuntersuchung bestätigt. Durch diesen radiologischen Zusatzbefund kann somit der Todesursache durch die pmCTA genauer nachvollzogen werden und sowohl die insuffizienten Gefäßnaht als auch die Bifurkationsäste nachgewiesen werden (Zerlauth et al. 2013). Medizinischen Materialien, u. a. eine Magensonde und eine ZVK-Anlage in der rechten V. jugularis, deuten neben einer Splenektomie auf den medizinischen Eingriff und sind in beiden Berichten dokumentiert. Der starke Blutverlust zeigt sich durch die schwach ausgeprägten Totenflecke und die blassen Nieren (Dettmeyer und Verhoff 2011). Eine blutdichte

Flüssigkeitsansammlung im Bauchraum und im Operationsgebiet stellt sich

computertomographische dar und wird in der Sektion als Einblutungen und in Form einer Blut- und Blutgerinnselansammlung (1300 ml) in der Bauchhöhle bestätigt. Die Anwendung der pmCTA ist in diesem Fall überlegen, da nur mithilfe der pmCTA die Bifurkation der A. splenica und die Blutung aus einem der Äste detektiert wird (Abb. 9).



**Abbildung 9: Fall 6, pmCTA, Abdomen axial, Bifurkation der A. splenica**

Der gelbe und rote Pfeil markieren die beiden Äste der A. splenica. Aus einem der Äste tritt in der Angiographie Kontrastmittel aus. Der gelbe Stern zeigt die Leber.

Fall 6	medizinische Intervention	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	X	N
Sektion	N	N	N

#### 4.1.7 Fall 7

Datum: 11.01.2011	Ärztlicher Eingriff:	Operation an einem Tonsillenkarzinom
Institut: Lausanne	Komplikation:	Blutung nach Gefäßruptur
Patient: 50 Jahre, weiblich	Todesursache:	Blutaspiration

#### Falldarstellung (Zerlauth et al. 2013)

Die 50-jährige Frau ist wegen eines Tonsillenkarzinoms mit Chemo- und Bestrahlungstherapie vorbehandelt und wird nun an einer Tumornekrosezone nahe der A. carotis sinistra operiert. Der Tumor und die Lymphknoten werden radikal entfernt und das Areal anschließend mit einer Hautplastik gedeckt. 18 Tage nach dem Eingriff erbricht die Patientin Blut und stirbt trotz Reanimationsmaßnahmen.

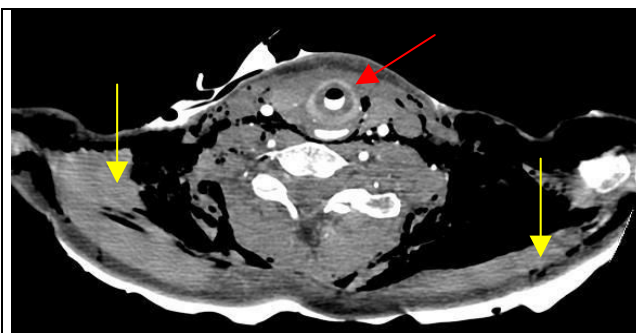
#### Ergebnisübersicht

Als Todesursache wird eine Blutaspiration nach einer Ruptur der A carotis externa links angegeben. Hinweise dafür erbringen sowohl die Obduktion als auch die pmCTA. Im Sektionsprotokoll sind eine Einblutung in die Tonsillenloge links mit Blut in der Trachea und den Bronchien neben Aspirationsbezirken in die Lunge beschrieben. Histologisch zeigen sich

eine blutig-entzündliche Infiltration der umliegenden Gewebe um die A. carotis externa sinistra und blutgefüllte Bronchien und Lungenalveolen. In der pmCTA wird die Ausbreitung der Blutung durch den KM-Verlust aus der Gefäßruptur bis in die Bronchien und durch die bilateralen Lungeninfiltrate dargestellt (Abb. 10 und 11). Nur der Ösophagus ist - anders als radiologisch beschrieben - in der Sektion frei von Blut. Eine hämorrhagische Infiltration als Hinweis auf eine Blutung der linken A. carotis externa ist im Sektionsprotokoll zwar dokumentiert, jedoch kann die genaue Lokalisation der Blutung im Vergleich zur pmCTA nicht angegeben werden (Zerlauth et al. 2013). Deswegen ist die Anwendung der CTA hier überlegen.

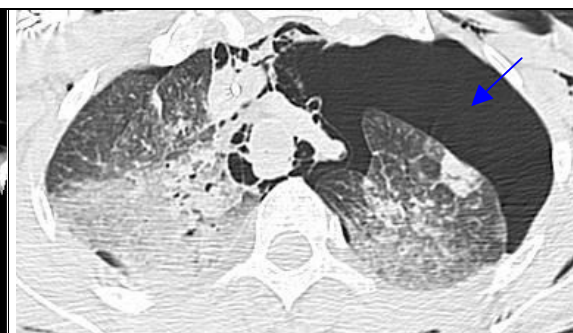
Die histologisch nachgewiesenen, anaeroben, gram-positiven Aktinomykosebakterien in der linken Tonsillenloge sind fakultativ pathogene Keime, welche bei immunschwachen Tumorpatienten auftreten und v.a. den Bereich der Tonsillen und des Rachens infizieren (Kummer et al. 2012). Ein Bakteriennachweis ist durch die pmCTA jedoch nicht zu leisten.

Das Operationsgebiet stellt sich in der pmCTA durch das medizinische Naht- und Osteosynthesematerial nach Tumor- und Lymphknotenentfernung auf der linken Seite unauffällig dar. In der Obduktion ist die Operationsnarbe dokumentiert und das Hauttransplantat ist durch die rechte A. carotis gut blutversorgt und histologisch nicht nekrotisch verändert. Die A. carotis dextra scheint unbeschädigt, da in der Angiographie kein KM aus dem Gefäß tritt. Weitere medizinische Materialien sind durch beide postmortalen Verfahren in Form einer Tracheotomie, einer PEG-Anlage und eines Portkatheters sehr genau beschrieben. Autoptisch fallen ein Sternumbruch und Rippenfrakturen - wie nach antemortalen Reanimationsmaßnahmen (Kretz und Teufel 2006) - auf.



**Abbildung 10: Fall 7, Horizontalschnitt Hals und Thorax in der pmCTA, KM in der Trachea**

In der Trachea befindet sich wie bei einer Aspiration hyperdenses Angiographiekontrastmittel (roter Pfeil) und Pleuraergüsse sind auf den CT Bildern zu sehen (gelbe Pfeile).



**Abbildung 11: Fall 7, Thoraxhorizontalschnitt im Nativ-CT, Lungenpathologien**

Im Lungenfenster ist ein Pneumothorax links zu sehen (blauer Pfeil) und die Lunge insgesamt stark verschattet.

In diesem Fall werden die Befunde der Rechtsmedizin durch die pmCTA weiter unterstrichen und durch Darstellung der genauen Blutungsquelle verbessert. Die Befunde über die todesursächliche Blutaspilation und den Eingriff am Hals stimmen überein, jedoch wird der Bakteriennachweis nur histologisch erbracht.

Fall 7	medizinische Intervention	Blutung	Bakterieninfektion	Todesursache
pmCTA	N	X	0	N
Sektion	N	N	X	N

#### 4.1.8 Fall 8

Datum: 26.04.2011	Ärztlicher Eingriff:	Laparotomie und Gefäßembolisation
Institut: Lausanne	Komplikation:	Blutung aus Leberruptur
Patient: 15 Jahre, weiblich	Todesursache:	Hypovolämischer Schock nach starkem Blutverlust

Falldarstellung (Zerlauth et al. 2013; Palmiere et al. 2012; Heinemann et al. 2013)

Das 15-jährige Mädchen verstirbt nach einem Skiunfall mit Oberschenkel, Becken- und Wirbelsäulenbrüchen, Pneumothorax und einer Leberruptur mit diffuser intraabdomineller Blutung nach einer zweiten Laparotomie. Ein primäres CT zeigt zunächst Blut im Abdomen ohne aktive Blutung. Nach hämorrhagischem Schock wird jedoch bei der ersten Laparoskopie eine Blutung aus einem Pseudoaneurysma der A. hepatica rechts festgestellt und mittels Angiographie embolisiert. Sie wird mehrfach transfundiert. Am Tag darauf wird wegen anhaltender abdominaler Blutung und einer beginnenden disseminierten intravasalen Koagulopathie (DIC) eine zweite explorative Notlaparoskopie mit Vakuums-Versiegelungstherapie (VAC)-Anlage durchgeführt. Das Mädchen verstirbt kurz darauf.

#### Ergebnisübersicht

Gemäß dem gerichtsmedizinischen Gutachten stirbt das Mädchen an einem hypovolämischen Schock aufgrund des hochgradigen Blutverlustes aus der Leberruptur im Rahmen eines Skiunfalls. Die Ausmaße mehrerer Leberrisse mit dorsaler Lebereinblutung werden vor allem gerichtsmedizinisch beschrieben, aber die sichere Darstellung der Blutungsquelle aus der Leberruptur des rechten Leberlappens (Abb.12) gelingt nur durch den KM-Austritt in der Angiographie (Zerlauth et al. 2013; Heinemann et al. 2013). Andere Verletzungen des Skiunfalls, z. B. die Knochenbrüche der Wirbelsäule, der Hüfte und des Femurs werden in der Sektion und die pmCTA dargestellt. Andere Unfallkomplikationen wie z. B. eine kraniale

Blutung können in der pmCTA ausgeschlossen werden, da kein kranialer KM-Austritt in der pmCTA dokumentiert ist. Die Befunde der Obduktion werden hier ergänzt.



**Abbildung 12: Fall 8, pmCTA, Blutung**

In der Angiographie tritt an der Leber Kontrastmittel aus (roter Pfeil).

Der starke Blutverlust stellt sich in der Sektion durch die Blutansammlung im kleinen Becken, blutgetränkte Kompressen und Schwamm-Einlage und die Weichteileinblutungen um die Frakturen und Operationswunden dar. Blasse Nieren, wie bei starkem Blutverlust (Dettmeyer und Verhoff 2011) fallen autoptisch auf. Radiologisch zeigt sich eine massive intraperitoneale Flüssigkeitsansammlung mit der Dichte von Blut. Hinweise auf ein Schockgeschehen bzw. beginnendes MOV mit Vasodilatation (Roessner 2008) erbringt vor allem die Sektion: Ödeme u. a. an den Beinen, im Gehirn

und den Lungen und ödematöse und nekrotische Veränderungen am Darm. Die histologisch nachgewiesenen Tubulusnekrose wie nach Nierenminderperfusion bei hypovolämischen Schockgeschehen und eine Lungen- und Leberstauung wie bei globaler Herzschwäche (Herold 2012) kommen hinzu.

Verschiedene medizinische Interventionen und Materialien können durch die Zusammenschau der postmortalen Befunde dargestellt und dokumentiert werden. Die Femurostheosynthese für die Knochenstabilisierung und Embolisationscoils in der rechten A. hepatica sind z. B. auf den computertomographischen Bildern dargestellt (Zerlauth et al. 2013). Die Nähten der Laparotomiewunde und eine Netzeinlage über der Leberverletzung sowie die blutstillenden Materialien im Abdomen sind von den Obduzenten dokumentiert. Gefäße wie die A. und V. hepatica sowie der Ductus choledochus stellen sich in der Sektion - bei einer radiologisch dargestellten Drainage der Gallenflüssigkeit - unauffällig dar. Gerichtsmedizinisch sind viele Gefäßpunktionen beschrieben. Radiologisch entspricht das Weichteilinfiltrationen u. a. am Hals und in beiden Leisten. Die vielen medizinischen Interventionen können somit durch die Sektion als auch durch die pmCTA nachvollzogen werden, jedoch beschreibt die pmCTA die Blutungsquelle aus der Leber genauer und stellt damit die Verbindung zum eigentlichen Trauma gezielter dar.

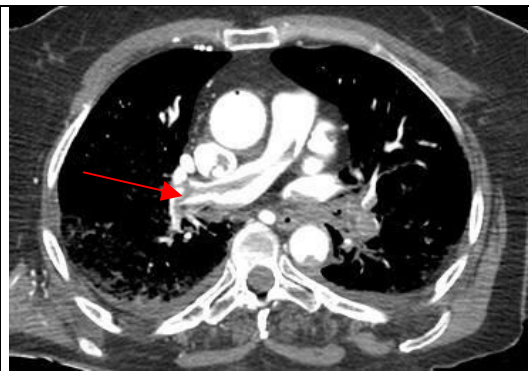
Fall 8	medizinische Intervention	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	X	N
Sektion	N	N	N

## 4.1.9 Fall 9

Datum: 23.08.2011	Ärztlicher Eingriff:	Lumbalarthrodese LWK 1-5
Institut: Lausanne	Komplikation:	Lungenarterienembolie (LAE)
Patient: 72 Jahre, weiblich	Todesursache:	Hämorrhagischer Hirninfarkt nach Antikoagulation

Falldarstellung (Zerlauth et al. 2013)

Bei der multimorbiden, 72-jährigen Patientin tritt nach einer neurochirurgischen Lumbalarthrodese der Lendenwirbelsäule (LWS) perioperativ eine hochgradige Lungenembolie auf. Eine Heparintherapie wird eingeleitet. Die Frau erwacht nicht aus dem Koma, neurologisch zeigen sich Zeichen einer Dezerebration. Ein Hirnödem wird festgestellt. Nach Rücksprache mit den Angehörigen wird auf weitere lebensverlängernde Maßnahmen verzichtet und die Patientin stirbt zwei Tage nach der Wirbelkörperversteifung.

Ergebnisübersicht

**Abbildung 13: Fall 9, pmCTA Thorax axial, Lungenarterienembolie**

Kontrastmittelaussparung wie bei einer Lungenarterienembolie in der pmCTA (roter Pfeil).

Als Todesursache wird von den Rechtsmedizinern ein Hirninfarkt mit Parenchymblutungen als Folge der Antikoagulation zur Behandlung einer postoperativen Lungenarterienembolie (LAE) angegeben. Eine LAE zählt zu den allgemeinen postoperativen Komplikationen und wird in jedem Stadium mit Heparin therapiert (Largiadèr und Saeger 2007). Alle postmortalen Untersuchungen können die LAE nachweisen, denn radiologisch sind die Lungenarterien (Abb.13) wie bei einer Embolie unvollständig kontrastmittelgefüllt (Born

et al. 2006) und in der Sektion und Histologie wird ein antemortaler Thrombus und ein teilweise hämorrhagisches Lungenparenchym beschrieben (Zerlauth et al. 2013). Der zurückliegende medizinische Eingriff wird vor allem computertomographisch durch die Darstellung der Fremdkörper der Wirbelkörperversteifung von Lendenwirbelkörper (LWK) 1 bis Sakralwirbelkörper (SWK) 1 dokumentiert. Und mithilfe der pmCTA kann eine akute, starke Blutung im Operationsbereich ausgeschlossen werden (Zerlauth et al. 2013). Dieser schwer zugängliche Bereich wird im Sektionsbericht nicht genauer beschrieben. Autopsisch sind dagegen nur Verbände und medizinische Gefäßzugänge dokumentiert.



**Abbildung 14: Fall 9, Schädel-CTA, Hämorrhagischer Hirninfarkt**

Hirninfarkt nach Antikoagulation (schwarzer Pfeil).

Radiologisch zeigt sich eine Gehirnblutung (Abb.14) wie nach Antikoagulation und einer Einblutung in die Ventrikel mit Masseneffekt und Uncuseinklemmung (Zerlauth et al. 2013). Gerichtsmedizinisch sind zudem Infarktareale und eine Mittelliniendevidation nach rechts im Bericht dokumentiert, eine Epi- oder Subduralblutung wird jedoch ausgeschlossen. Zusammenfassend ist zu sagen, dass in diesem Fall der Operationssitus allein radiologisch beschrieben ist und somit mögliche Komplikationen in diesem Bereich nur radiologisch ausgeschlossen worden sind. Die Darstellung der todesursächlichen Pathologien in Form einer LAE und eines hämorrhagischen Hirninfarktes nach Antikoagulation sind jedoch gleichwertig.

Fall 9	medizinische Intervention	Komplikation (LAE)	Todesursache (Hirninfarkt)
pmCTA	X	N	N
Sektion	N	N	N

#### 4.1.10 Fall 10

Datum: 20.04.2012	Ärztlicher Eingriff:	Tumoroperation bei Kolonkarzinom
Institut: Lausanne	Komplikation:	Gefäßruptur der A. splenica
Patient: 65 Jahre, männlich	Todesursache:	Massiver Blutverlust

#### Falldarstellung

Der 65-jährige multimorbide Mann verstirbt nach einer starken Blutung im Abdomen, einen Tag nach einer Laparoskopie zur Entfernung eines Kolontumors nahe der Milz und des Pankreas. Es kommt zum hämorrhagischen Schock und unter Reanimationsbedingungen wird eine chirurgische Blutstillung durch Abklemmen der Aorta und die Suche einer Blutungsquelle durchgeführt. Die Operateure vermuten eine Ruptur der A. splenica, aber eine bekannte Pankreaszyste macht das Präparieren des Gefäßes unmöglich und nach 45 Minuten wird die Reanimation eingestellt. Der Patient ist unter anderem Raucher, Alkoholiker, Bluthochdruckpatient und nach einem Schlaganfall auf der linken Seite halbseitengelähmt.



### Ergebnisübersicht

Der todesursächliche, massive Blutverlust aus einer Ruptur der A. splenica nach einer Hemikolektomie ist durch die Befunde der pmCTA und der Rechtsmedizin gut nachvollziehbar. In der Angiographie zeigt sich einen KM-Austritt aus der A. splenica im Abdomen und histologisch ist ein Gefäßriss beschrieben. Blut im Abdomen und ein Hämatom am Pankreasschwanz nahe einer Pankreaszyste, sowie an der Milz nahe der A. splenica werden in der Obduktion dargestellt. Diese Bereiche decken sich mit einer radiologisch beschriebenen, abdominellen Flüssigkeitsansammlung. In beiden Berichten sind medizinische Materialien wie z. B. ein Beatmungstubus, eine Magensonde und eine Bauchdrainage dokumentiert. Ein regelrechtes Operationsgebiet stellt sich – durch das radiologisch beschriebene chirurgische Nahtmaterial und die rechtsmedizinische Darstellung der Hemikolektomie und der festen Anastomosennähte im Abdomen - dar. Hinweise auf Reanimationsmaßnahmen sind die Thoraxfrakturen und der Pneumothorax links (Kretz und Teufel 2006). An den Knochenbrüchen kommt es zum Kontrastmittelaustritt in der venösen Phase in die Pleurahöhle. Gemäß den Berichten ist ein Zusammenhang der Blutung mit dem medizinischen Eingriff wegen der Nähe der Kolonoperation zu dem defekten Gefäß nicht auszuschließen. Viele natürliche Risikofaktoren für Gefäßveränderungen bestehen (Herold 2012) wie z. B. der in der Falldarstellung erwähnte arterielle Bluthochdruck und die positive Raucheranamnese oder die radiologisch beschriebene Arteriosklerose. Hinweise auf zurückliegende Gefäßkomplikationen in Form eines alten Myokardinfarktes (MI) und eines Schlaganfalls sind durch beide postmortalen Untersuchungen dargestellt. Die Karotiden sind verkalkt und in der Angiographie sind die RIVA und die rechte Koronararterie (RCA) wie bei einer Gefäßstenose unvollständig KM-gefüllt. In der Sektion bestätigen sich die Gefäßverengungen und eine ischämische Veränderung der linken Kammerhinterwand zeigt sich. Radiologisch und Neuropathologisch ist ein altes cerebrales Infarktgebiet rechts und computertomographisch eine Parenchymatrophie dargestellt. Die radiologisch beschriebene Pankreasverkalkungen und die rechtsmedizinisch präparierte Pankreaszyste sind Hinweise auf eine chronische Pankreatitis (Herold 2012), wozu auch die Alkoholanamnese in der Falldarstellung passt. Gemäß den Fallangaben scheint das Areal deswegen intraoperativ sehr unübersichtlich gewesen zu sein. Zusammenfassend sind die Befunde der Sektion und der pmCTA in diesem Fall gleichwertig, da beide Methoden die Blutungsquelle und somit die Todesursache darstellen können.

Fall 10	medizinische Intervention	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	N
Sektion	N	N	N

4.1.11 Fall 11

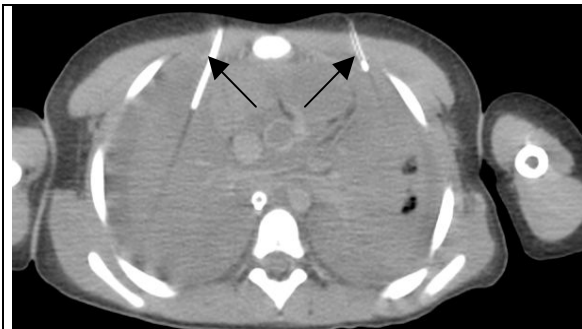
Datum: 15.05.2012	Ärztlicher Eingriff:	Elektive Tonsillektomie
Institut: Hamburg	Komplikation:	Nachblutung
Patient: 5 Jahre, weiblich	Todesursache:	Blutaspiration

Falldarstellung

Bei einem fünf-jährigen Mädchen kommt es fünf Tage nach einer elektiven, komplikationslosen Tonsillektomie, Adenotomie und Zungenbandlösung sowie Parazentese mit Paukendrainage zu Nachblutungen. Es folgen Hämoptoe und eine Bewusstlosigkeit mit Asystolie. Die Intubation gestaltet sich bei starker Blutung und Blutkoageln im Mund als schwierig. Wiederbelebungsmaßnahmen bleiben erfolglos.

Ergebnisübersicht

Eine Hypoxie nach Blutaspiration bei Nachblutungen aus dem Operationsbereich ist im histologischen Abschlussbericht als Todesursache angegeben. Gemäß dem gerichtsmedizinischen Gutachten bestehen keine Hinweise auf ein Verbluten, denn die Totenflecke sind kräftig ausgebildet und die abdominalen Organe nicht blass (Dettmeyer und Verhoff 2011).



**Abbildung 15: Fall 11, Nativ-CT, Thorax axial, Dokumentation von medizinischem Material**

Die genaue Lage der Pleuradrainagen im Thorax (schwarze Pfeile) ist radiologisch dokumentiert.

Schocknieren sowie ein Lungen- und Hirnödem - als Zeichen der aspirationsbedingten, respiratorischen Insuffizienz mit Hypoxie (Roessner 2008) - fallen vielmehr auf. Die Leber ist autoptisch - wie bei einem Herzversagen (Herold 2012)- blutgestaut. Histologisch wird die Blutaspiration durch Blut in den Alveolen und Bronchien dargestellt (Roessner 2008) und radiologisch zeigen sich eine minderbelüftete Lunge mit

Pleuraergüssen. Die Blutungsquelle kann allein durch die pmCTA durch einen Kontrastmittelaustritt aus der V. lingualis in den Pharynx dargestellt werden. In der Obduktion bleibt das kleine Gefäß als Blutungsquelle unerkannt.

Der medizinische Eingriff wird durch beide postmortalen Untersuchungen ergänzend dargestellt, denn die Obduzenten beschreiben das Operationsgebiet im Mund, Rachen und Trommelfell sehr genau und die pmCTA dokumentiert die genaue Lage von medizinischen Materialien, wie der Pleuradrainagen (Abb. 15), der Magensonde und dem Beatmungstubus.

Nur durch die pmCTA kann die Blutungsquelle identifiziert werden und dieser wesentliche Zusatzbefund für die Bewertung des Kausalzusammenhangs gesichert werden.

Fall 11	medizinische Intervention	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	X	N
Sektion	N	N	N

#### 4.1.12 Fall 12

Datum: 05.06.2012	Ärztlicher Eingriff:	Endarteriektomie
Institut: Lausanne	Komplikation:	Gefäßverletzung der A. iliaca externa rechts
Patient: 59 Jahre, männlich	Todesursache:	Hypovolämer Schock nach Blutung

#### Falldarstellung

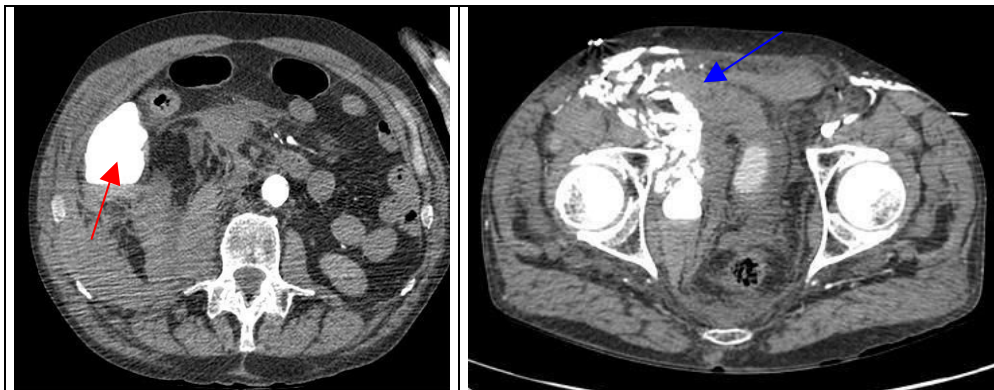
Der 59-jährige Mann stirbt nach chirurgischer Endarteriektomie der A. iliofemoralis rechts - bei der ein Stent eingesetzt wird - nach erfolgloser Reanimation im blutungsbedingten Schock. Die Angiographie am Ende des Eingriffs zeigte zunächst eine gute Gefäßdurchgängigkeit ohne sichtbaren Kontrastmittelaustritt aus dem Gefäß.

#### Ergebnisübersicht

Auf die zurückliegende Endarteriektomie deuten die Operationswunde in der Leiste und die Gefäßpatches auf der A. femoralis dextra in der Sektion. Radiologisch fallen der Stent in den Leistengefäßen und die chirurgischen Klammern in der Leiste auf. Eine Rippenserienfraktur wird auf den Nativ-CT-Bildern - wie nach Reanimationsmaßnahmen (Kretz und Teufel 2006)- sichtbar und in der Sektion bestätigt. In der Sektion zeigen sich zudem Hauteinstiche wie nach Anlage von Gefäßzugängen.

Eine Gefäßruptur zählt zu den Risiken der Endarteriektomie (Liehn et al. 2011) und in der Sektion kann im Operationsgebiet ein Riss der A. iliaca externa rechts als Ursache der lebensbedrohlichen Blutung dargestellt werden. Ein KM-Austritt ins Retroperitoneum und ins Abdomen auf Höhe des Stents in der pmCTA belegt die Gefäßverletzung (Abb. 16 und 17). Eine Blutung aus der V. iliaca oder V. femoralis kann computertomographisch ausgeschlossen werden, da kein KM in der Angiographie aus den Gefäßen tritt. Zeichen des starken Blutverlustes sind die autoptisch blasse Haut und Leber (Dettmeyer und Verhoff 2011), das Hämatom im Retroperitoneum und die Einblutungen in die abdominelle Muskulatur.

Zusammenfassend ist für diesen Fall zu sagen, dass beide Verfahren die Blutungskomplikation und Hinweise auf den medizinischen Eingriff gleichwertig darstellen.



**Abbildung 16: Fall 12, pmCTA, Abdomen axial, Blutung**

In der Angiographie tritt Kontrastmittel ins Abdomen aus (roter Pfeil).

**Abbildung 17: Fall 12, pmCTA Horizontalschnitt, Blutungsquelle**

Als potenzielle Blutungsquelle wird die A. iliaca externa in der pmCTA identifiziert (blauer Pfeil).

Fall 12	medizinische Intervention	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	N
Sektion	N	N	N

#### 4.1.13 Fall 13

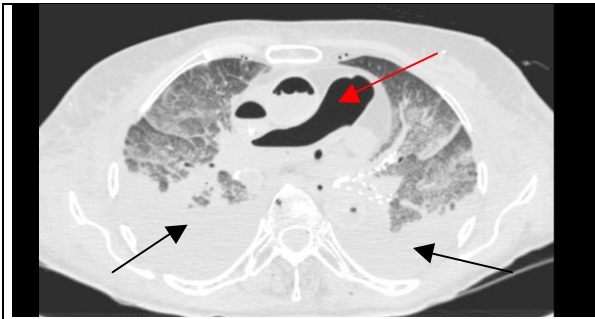
Datum: 08.06.2012	Ärztlicher Eingriff:	Koronarangiographie mit Stentimplantation
Institut: Hamburg	Komplikation:	Blutung
Patient: 78 Jahre, weiblich	Todesursache:	Hämorrhagischer Schock und abdominelles Kompartmentsyndrom

#### Falldarstellung

Sechs Tage nach einer Herzkatheterintervention mit Stentimplantation in die Linke Koronararterie (LAD) kommt die herzkranke, 78-jährige Bluthochdruckpatientin mit Verdacht auf diffuse Blutungen im Bauchraum in die Notaufnahme zurück. Die Patientin nimmt seit der Krankenhausentlassung wieder Marcumar. Im Zuge einer Notoperation wird die rechte A. femoralis communis übernäht. Das Vorliegen eines abdominalen Kompartmentsyndroms wird vermutet. Nach Absprache mit den Angehörigen und einer Patientenverfügung entsprechend, werden auf weitere Maßnahmen wie Bluttransfusionen verzichtet und die Frau verstirbt an den Folgen des massiven Blutverlustes.

### Ergebnisübersicht

Als Todesursache ist gemäß dem gerichtsmedizinischem Gutachten der starke Blutverlust aus der zum Todeszeitpunkt übernähten A. femoralis communis dextra mit hämorrhagischem Schock und einem Kompartmentsyndrom im Abdomen mit Ischämie der Bauchorgane angegeben. Hinweise auf die zurückliegenden medizinischen Interventionen wie der perkutanen transluminalen koronaren Angiographie (PTCA) sind der Gefäßstent in der LAD, die Drainagen und Gefäßzugänge, welche sowohl in der Sektion als auch computertomographisch beschrieben sind. Auf den zurückliegenden Defekt der A. femoralis communis als Komplikation des Kathetereingriffs (Lapp und Krakau 2009) deutet die blutdichte Flüssigkeitsansammlung im CT, die in der Sektion als Hämatom identifiziert wird. Zudem fällt Luft in den Gefäßen in der CT auf (Abb. 18).



**Abbildung 18: Fall 13, Thorax Nativaufnahme axial, Lungenfenster**

Pulmonale Verschattungen mit bilateralen Ergüssen (schwarze Pfeile). Nebenbefund: Luft in Gefäßen und im Herzen (roter Pfeil).

Viele Risikofaktoren für die Gefäßkomplikation wie die Antikoagulation mit Marcumar, das hohe Alter, das weibliche Geschlecht mit genereller Arteriosklerose und Hypertonie (Lapp und Krakau 2009) sind in diesem Fall vorhanden. Eine Blutungskomplikation an den Herzkranzgefäßen kann durch den fehlenden KM-Verlust in der pm-Angiographie ausgeschlossen werden und auch aus der

übernähten A. femoralis rechts tritt in der pmCTA kein KM. Ein kleiner Riss der A. communis hepatica ist nur im Sektionsprotokoll dokumentiert, wird jedoch als nicht todesursächlich eingestuft und in der pmCTA zeigt sich kein KM-Austritt.

Hinweis auf das abdominelle Kompartmentsyndrom ist das autoptisch dokumentierte retroperitoneale Hämatom, welches radiologisch ödematös imponiert. Todesursächliche Folgen des massiven Blutverlustes und des Kompartmentsyndroms sind in beiden Berichten beschrieben: Radiologisch sind erweiterte Dünndarmschlingen wie bei einem Ileus (Debus et al. 2011) dokumentiert und Schockzeichen an Darm und Nieren wie nach Organischämie (Roessner 2008) fallen in der Obduktion auf. Die Blutungskomplikation nach dem Kathetereingriff kann in diesem Fall durch die Zusammenschau der Befunde aus pmCTA und konventioneller Sektion gleichwertig rekonstruiert werden. Nebenbefundlich fallen computertomographische Zeichen einer vorangeschrittenen Fäulnis, wie der KM-Verlust aus

den kleinen Baucharterien, der KM-Austritt im Bereich des Pankreas sowie die radiologisch beschriebene Luftansammlungen in Gefäßen und Herz auf (Kap. 5.2.5.2).

Fall 13	medizinische Intervention	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	N
Sektion	N	N	N

#### 4.1.14 Fall 14

Datum: 15.06.2012	Ärztlicher Eingriff:	Operative Weichteildeckung
Institut: Hamburg	(Ausschluss der) Komplikationen:	Septische Mitralklappenendokarditis und Blutung
Patient: 70 Jahre, weiblich	Todesursache:	Kardiopulmonale Dekompensation

#### Falldarstellung

Nach einer Knieoperation links vor einem halben Jahr leidet die Patientin an Wundheilungsstörungen mit Weichteildefekten und Vancomycin-resistenter Enterokokken (VRE)-Besiedelung der Wunde am Knie. Dieser Hautdefekt wird aktuell in der Klinik gedeckt, aber kurz nach der Operation stirbt die 70-jährige Frau. Der Verdacht einer infektionsbedingten Mitralklappenendokarditis wird geäußert. Die Herzklappe wurde sechs Jahren zuvor rekonstruiert.

#### Ergebnisübersicht

Als Todesursache wird gemäß dem gerichtsmedizinischen Gutachtens eine kardiopulmonale Insuffizienz mit Multiorganversagen bei hochgradigen Herzpathologien angegeben. Herzpathologien dokumentieren beide postmortale Untersuchungen: In der Sektion zeigen sich eine Ventrikeldilatation und eine Herzhypertrophie und computertomographisch fällt eine Koronarsklerose mit Gefäßstenosen, Bypass und Stent auf. Radiologisch weisen die Lungenverschattungen wie bei einem Lungenödem mit bilateralem Pleuraerguss auf die kardiopulmonalen Dekompensation (Herold 2012). Hypoxische Folgen der kardiopulmonalen Insuffizienz zeigen sich die in der Sektion in Form eines Hirnödems und beschriebenen Schockzeichen an Leber, Nieren und Darm (Roessner 2008). Eine postmortale Entstehung dieser Zeichen ist zu diskutieren (Kap. 5.2.5.5). Postoperative Komplikationen, wie eine Wundinfektion (Largiadèr und Saeger 2007) oder eine Klappenendokarditis nach Bakteriämie (Herold 2012) können bei regelrechtem Operationsgebiet ohne akute Entzündung und unauffälligen Herzklappen in der Sektion ausgeschlossen werden. Auch radiologisch sind an

der rekonstruierten Mitralklappe keine Auffälligkeiten aufgeführt. Das geringere Darstellungsvermögen von Weichteilen und Organen in der pmCTA wird unter Kap. 5.2.4.1 und Kap. 5.2.4.3 bewertet. Im Operationsgebiet fällt radiologisch eine Kniearthrodese des Knies auf und medizinische Materialien, wie eine Magen- und Urinsonde und viele Gefäßzugänge sind jeweils dokumentiert. Hinweise auf eine Blutungskomplikation werden in keinem der Berichte aufgeführt. Die pmCTA erbringt in diesem Fall keine Zusatzbefunde, da der Ausschluss einer Endokarditis genauer in der Sektion gelingt.

Fall 14	medizinische Intervention	Ausschluss einer Endokarditis	Ausschluss einer Blutung	Todesursache
pmCTA	N	0	N	N
Sektion	N	N	N	N

#### 4.1.15 Fall 15

Datum: 10.07.2012	Ärztlicher Eingriff:	Laparoskopische Hernioplastik
Institut: Lausanne	Komplikation:	Gefäßverletzung der A. iliaca communis dextra
Patient: 70 Jahre, weiblich	Todesursache:	Starker Blutverlust aus Gefäßverletzung

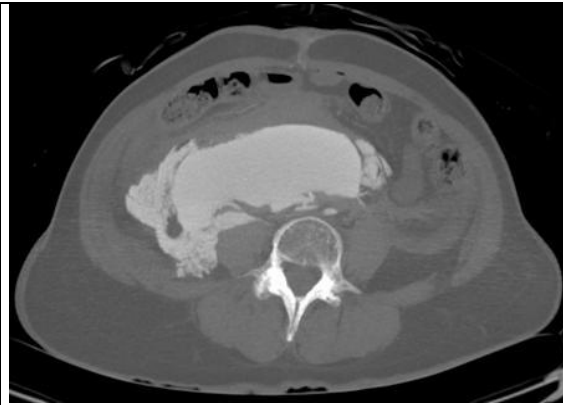
#### Falldarstellung

Die 70-Jährige stirbt bei einer elektiven Hernioplastik nach erfolglosen Reanimationsmaßnahmen. Die Ärzte vermuten als Todesursache einen anaphylaktischen Schock infolge einer Injektion des Muskelrelaxans Atracurium.

#### Ergebnisübersicht

Todesursächlich ist nach dem rechtsmedizinischen Gutachten ein massiver Blutverlust aus dem Gefäßriss der A. iliaca communis dextra und nicht eine anaphylaktische Reaktion auf das Medikament Atracurium. Die Verletzung des Dünndarmmesenterium und der A. iliaca communis rechts durch ein scharfes oder spitzes Instrument mit Blutansammlung in der Bauchhöhle und einem retroperitonealen Hämatom werden in der Sektion dargestellt. Aus dem Gefäß tritt in der Angiographie Kontrastmittel aus (Abb. 19). Hinweis auf den starken Blutverlust (Dettmeyer und Verhoff 2011) sind die schwach ausgebildeten Totenflecke und die blassen inneren Organe, wie z. B. der Leber. Die todesursächliche Blutungskomplikation – als mögliche Folge der laparoskopischen Hernioplastik (Carus 2007) - wird durch die Anreicherung des hyperdensen Kontrastmittels in der pmCTA im Abdomen (Abb. 19) und im Retroperitoneum visualisiert. Die medizinische Intervention kann durch die Zusammenschau

der Befunde gut nachvollzogen werden. Radiologisch zeigt sich eine periumbilikale Baucheröffnung, eine Leistenhernie links und Nahtmaterial in der rechten Leiste wie nach einer länger zurückliegenden Hernioplastik, was den rechtsmedizinischen Befunden entspricht.



**Abbildung 19: Fall 15, pmCTA Abdomen axial, Blutung**

Im Abdomen zeigt sich eine hyperdense Flüssigkeit mit der Dichte von Blut.

Es zeigt sich eine eingeblutete Rippenfraktur, wie nach Reanimationsmaßnahmen (Kretz und Teufel 2006). KM tritt in der linken Leiste - wie nach einer medizinischen Gefäßpunktion - aus einem Ast der A. femoralis profunda und punktförmige Einstiche werden in dieser Region in der Sektion bestätigt. Der Ausschluss einer allergischen Reaktion gelingt nur toxikologisch. Nichtdepolarisierende Muskelrelaxantien wie Atracurium können durch eine Histaminfreisetzung (van den Berg und Cabri 2007) eine anaphylaktoide Reaktion auslösen. Toxikologisch liegt die Tryptase im Normbereich, welche bei einer anaphylaktischen Reaktion z. B. auf Medikamente jedoch erhöht wäre (Nesterenko 2010). Zusammenfassend ist zu sagen, dass beide postmortalen Verfahren die todesursächliche Blutungsquelle in diesem Fall identifizieren und Hinweise auf die medizinische Intervention nachvollziehbar dokumentieren. Die pmCTA erbringt keine Zusatzbefunde, da der Ausschluss einer allergischen Reaktion nur in der Sektion bzw. durch toxikologische Zusatzuntersuchungen gelingt.

Fall 15	medizinische Intervention	Nachweis Blutungskomplikation	Ausschluss Allergische Reaktion	Todesursache
pmCTA	N	N	0	N
Sektion	N	N	X	N



## 4.1.16 Fall 16

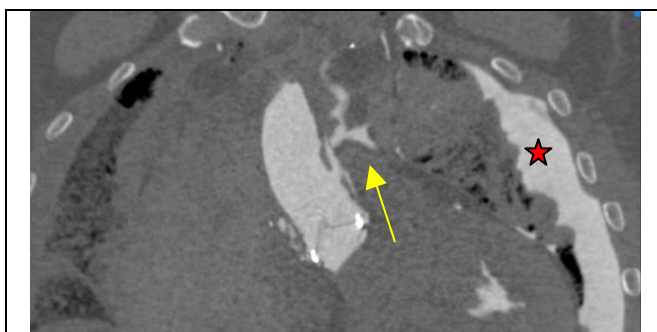
Datum: 15.08.2012	Ärztlicher Eingriff:	Herzoperation (Aortenklappenstenose und Bypassoperation)
Institut: Hamburg	Komplikation:	Aortenruptur und frischer Herzinfarkt
Patient: 59 Jahre, männlich	Todesursache:	Aortenruptur

Falldarstellung

Bei einem 59-jährigen Mann wird eine Aortenklappenstenose operiert und er bekommt zudem einen Bypass. Postoperativ kommt es plötzlich zu einer massiven Blutung und der Mann verstirbt im Krankenhaus.

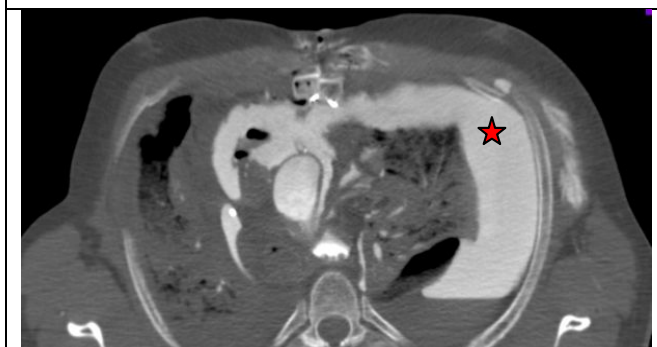
Ergebnisübersicht

Ein frischer Myokardhinterwandinfarkt, der makroskopisch nur direkt in der Sektion auffällt, sowie eine Blutung aus einer Aortenverletzung sind mögliche Todesursachen, wobei der Gefäßriss gemäß dem gerichtsmedizinischen Gutachten den Todeszeitpunkt bestimmen soll.



**Abbildung 20: Fall 16, pmCTA, Blutungsquelle**

Kontrastmittelaustritt in den Thorax (roter Stern) aus der Aorta ascendens (gelber Pfeil) über der eingesetzten Klappe.



**Abbildung 21: Fall 16, pmCTA Thorax axial, Aortenruptur.**

Kontrastmittelaustritt in den Thorax (roter Stern) aus der Aorta ascendens nach Aortenruptur.

In der pmCTA kann der rechtsmedizinisch beschriebene Aortenriss zwischen der Aortenklappe und der Bypassinsertion durch einen KM-Austritt in die linke Thoraxhälfte dargestellt werden (Abb. 20 und 21). Dazu passen auch der blutdichte Pleuraerguss links, sowie die blutige abdominelle und thorakale Flüssigkeits-Ansammlung in der Sektion. Hinweise auf den starken Blutverlust sind die blassen Totenflecke und Organe (Dettmeyer und Verhoff 2011). Nebenbefundlich zeigt sich eine aortale Erweiterung im CT (Abb. 82). Auf einen frischen Herzinfarkt deuten in der pmCTA lediglich die Lungeninfiltrate wie bei einem Lungenödem nach infarktbedingter Pumpschwäche (Herold 2012).

Als Differenzialdiagnosen sind postmortale Lungeninfiltrate zu diskutieren (Kap. 5.2.5.5).

Der medizinische Eingriff kann in Zusammenschau beider postmortalen Untersuchungen gut nachvollzogen werden. Medizinische Materialien, wie eine Perikarddrainage und Gefäßzugänge u. a. in der V. jugularis sinistra sind radiologisch dokumentiert. Eine Durchgängigkeit und Unversehrtheit der Bypässe wird durch die pmCTA ohne KM-Austritt aus den Bypässen visualisiert. Auch die Bypassinsertion in die Aorta stellt sich in der Sektion unauffällig dar und der regelrechte Klappenersatz kann im Rahmen der Obduktion durch eine Herzeröffnung und direkter Sicht auf die Klappen gut dargestellt werden. Wie nach Wiederbelebungsmaßnahmen (Kretz und Teufel 2006), tritt Kontrastmittel aus der Sternotomie und aus den Rippenzwischengefäßen an den Rippenbrüchen. Die Befunde bzgl. der Aortenruptur sind gleichwertig, der Nachweis einer Myokardischämie gelingt jedoch nur in der Sektion. Die pmCTA zeigt in diesem Fall keine Zusatzbefunde, kann die Blutung jedoch anschaulich visualisieren.

Fall 16	medizinischer Eingriff	Herzinfarkt	Gefäßruptur	Todesursache
pmCTA	N	0	N	N
Sektion	N	X	N	N

#### 4.1.17 Fall 17

Datum: 03.09.2012	Ärztlicher Eingriff:	Pankreasoperation nach Whipple
Institut: Lausanne	Komplikation:	Rückenmarkischämie
Patient: 74 Jahre, weiblich	Todesursache:	Respiratorische Insuffizienz nach Extubation

#### Falldarstellung

Bei der Patientin kommt es nach einer Pankreasoperation mit Duodenopankreatektomie bei Pankreaskopfkarcinom zu einer Rückenmarkischämie. Vermutet wird ein embolisches Ereignis. Die Frau ist danach parapleg. Vor der Whipple-Operation wird ein periduraler Schmerzkatheter gesetzt. Eine antikoagulatorische Dauermedikation, welche die Patientin wegen eines chronischen Vorhofflimmerns nimmt, war pausiert. Die Lage der Patientin verschlechtert sich weiter und nach Absprache mit den Angehörigen werden die medizinischen Maßnahmen eingestellt. Die Patientin wird extubiert und verstirbt im Krankenhaus.

#### Ergebnisübersicht

Eine respiratorische Insuffizienz mit MOV nach Extubation wird im rechtsmedizinischen Abschlussbericht als Todesursache angegeben. Hinweise erbringen beide postmortalen

Untersuchungsmethoden. Computertomographisch stellen sich Lungeninfiltrate mit Atelektasen und Pleuraergüssen auf beiden Seiten dar. In der Sektion zeigen sich entsprechend ein Lungenödem, die Pleuraergüsse und ein Perikarderguss. Die zurückliegende Whipple-Operation mit Duodenopankreatektomie und Cholezystektomie und Anus-praeter-Anlage stellt sich in der Sektion mit Sicht auf den Operationssitus unauffällig dar. Hyperdense chirurgische Clips und Nahtmaterial sind computertomographisch zu sehen. Der Operationssitus im Bereich des Pankreas ist durch Infiltrate in dem Bereich radiologisch erschwert zu beurteilen und zeigt sich in der Sektion postoperativ geschwollen und autolytisch verändert. Dies soll unter Kap. 5.2.5.2 diskutiert werden. Hinweise auf die Entstehung der neuropathologisch beschriebenen Rückenmarksnekrose der Segmente TH5-TH7, können weder in der Rechtsmedizin mit postmortalem Blutanalysen noch durch Befunde der pmCTA abgebildet werden. Der Periduralkatheter als mögliche Ursache der Rückenmarksverletzung (Kochs et al. 2011) ist zum Todeszeitpunkt bereits entfernt. Auch der klinische Verdacht eines embolischen Ereignisses kann nicht bestätigt werden, aber makroskopische und mikroskopische Gehirnveränderungen wie nach embolischem Ereignis werden von den Rechtsmedizinern ausgeschlossen. Radiologisch ist die Rückenmarksnekrose nicht beschrieben. Demnach erbringt die pmCTA in diesem Fall keine Zusatzbefunde.

Fall 17	medizinische Eingriffe	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	0	N
Sektion	N	N	N

#### 4.1.18 Fall 18

Datum: 03.10.2012	Ärztlicher Eingriff:	Perkutane transluminale Angioplastie
Institut: Lausanne	Komplikation:	Blutung aus Leistengefäß rechts
Patient: 87 Jahre, weiblich	Todesursache:	Unsicher, a. e. Blutung

#### Falldarstellung

Die multimorbide 87-Jährige stirbt nach einer perkutanen transluminalen Angioplastie (PTA) der A. femoralis superficialis links. Wegen einer stark ausgeprägten Arteriosklerose links wird der PTA-Katheter in der A. femoralis communis rechts eingeführt. Der Eingriff verläuft komplikationslos, aber postinterventionell bildet sich trotz eines Druckverbandes ein Oberschenkelhämatom rechts. Als Blutungsquelle wird die A. femoralis communis rechts vermutet und diese operativ sofort abgeklemmt und genäht. Die benachbarten venösen Gefäße werden dabei durchtrennt und verschlossen. Bluttransfusionen mit Anstieg des Hämoglobins

und des Kaliums folgen. Reanimationsmaßnahmen nach Asystolie bleiben erfolglos. Die Patientin war mit Aspirin und Heparin antikoaguliert.

### Ergebnisübersicht

Gemäß dem autoptischen Gutachten ist die genaue Todesursache nicht eindeutig, da es durch den starken Blutverlust als auch durch den berichteten, schwer nachweisbaren Kaliumanstieg durch die Transfusionen zum Herzstillstand und Tod der Frau (Rump 2003) gekommen sein kann. Ein akuter Herzinfarkt als Ursache der Asystolie (Herold 2012) kann in der Sektion jedoch ausgeschlossen werden.

Der medizinische Eingriff in der Leiste und eine Vielzahl von medizinischen Materialien können durch radiologische und rechtsmedizinische Befunde dargestellt werden. Radiologisch fallen z. B. die chirurgischen Gefäßklips und der Gewebedefekt mit Luftinfiltration über der rechtsmedizinisch dargestellten OP-Wunde rechts auf. Zudem liefern beide postmortalen Untersuchungen wichtige Hinweise für eine postinterventionelle Blutungskomplikation. In der Sektion zeigten sich die genähte A. femoralis communis dextra sowie ein großer Bluterguss in der rechten Leiste und am rechten Oberschenkel. In der CT-Angiographie tritt kein KM aus dem Gefäß. Die pmCTA kann in diesem Fall demnach als gute Ergänzung der rechtsmedizinischen Autopsie angewandt werden, da sie die suffiziente Naht dokumentiert. Rechts tritt KM nur geringfügig aus einem femoralen Venenast, was in der Sektion verborgen bleibt, jedoch auch keinen todesursächlichen Hauptbefund darstellt. In der linken Leiste kommt es aus der A. femoralis communis in der pmCTA zum KM-Verlust und in der Sektion können an dieser Stelle punktförmige Gefäßverletzungen und punktförmige Einstiche in der linken Leiste dargestellt werden. Demnach wurde das Gefäß wahrscheinlich im Rahmen einer Gefäßpunktion verletzt.

Hinweis auf das Blutungsgeschehen sind die ausgedehnten Oberschenkeleinblutungen, die hellen Körpermuskeln sowie die schwach ausgebildeten, blassen Totenflecke (Dettmeyer und Verhoff 2011). Eine Weichteilschwellung mit Infiltraten, wie bei einem massiven Schenkelhämatom zeigt sich im CT entsprechend. Gemäß den Fallangaben ist die Frau trotz der Intervention antikoaguliert und „[...] alle Antikoagulanzen erhöhen grundsätzlich das Blutungsrisiko.“ (Barthels 2012, S. 896). Durch ihr Alter und ihre Multimorbidität ist die Frau eine Risikopatientin für den Gefäßeingriff (Luther 2011). Die Multimorbidität stellen beide postmortalen Untersuchungen ergänzend dar, denn eine starke allgemeine Arteriosklerose mit Koronararterienbeteiligung, sowie mehrere Gelenkprothesen sind computertomographisch beschrieben und in der Sektion fallen ein Nierentumor und ein Dekubitus auf. Die Berichte der beiden Untersuchungen ergänzen sich in diesem Fall sehr gut.

Fall 18	medizinische Eingriffe	Blutungskomplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	N (Blutung)
Sektion	N	N	N (Blutung)

#### 4.1.19 Fall 19

Datum: 08.10.2012	Ärztlicher Eingriff:	Koronarangiographie
Institut: Hamburg	Komplikation:	Aortendissektion und Herzinfarkt
Patient: 86 Jahre, männlich	Todesursache:	Herzinsuffizienz

#### Falldarstellung

Die 86-Jährige stirbt auf der Intensivstation nach einer Blutung, einem Gefäßverschluss sowie Reanimationsmaßnahmen bei Z. n. Koronarangiographie. Auf der Todesbescheinigung ist ein Nierenversagen bei septischen Schock angegeben. Als Vorerkrankungen sind eine chronische Niereninsuffizienz und eine ischämisch bedingte Kardiomyopathie bekannt.

#### Ergebnisübersicht

Gemäß dem gerichtsmedizinischen Gutachten wird eine kardiale Insuffizienz mit Multiorganversagen nach Entwicklung einer Myokardischämie nach Wiederbelebungsmaßnahmen bei Zustand nach Herzkatheteruntersuchung als todesursächlich angegeben. Sowohl die pmCTA als auch die Sektion tragen zur Aufklärung des Falles bei. Beide Berichte beschreiben eine aortale Gefäßprothese (Abb.22), von der aus der Aktenlage jedoch nicht hervorgeht, wann sie eingebracht wurde. Radiologisch ist eine Verlegung der linken Koronararterie durch die Prothese beschrieben, was sich auch mit dem frischen Ischämieareal in der Sektion deckt. Die ischämische Myokardveränderung ist jedoch nur in der Sektion und nicht im CT sichtbar (Kap. 5.2.4.2).

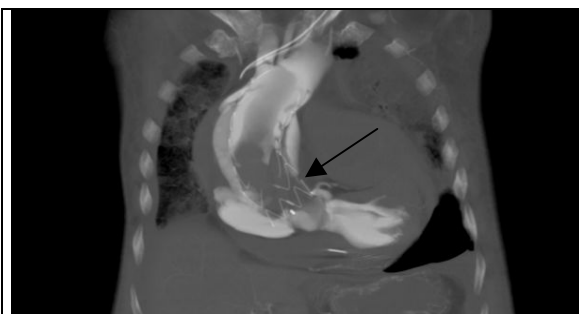


Abbildung 22: Fall 19, pmCTA, Thorax frontal, Gefäßprothese in der Aorta

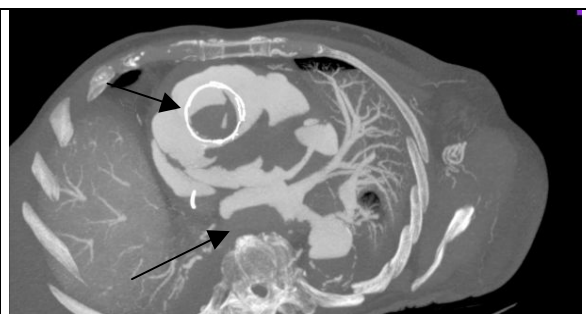


Abbildung 23: Fall 19, pmCTA, Thorax axial, Aortendissektion

Eine Aortendissektion mit Aneurysmabildung als mögliche Komplikation des Herzkathetereingriffs (Siegenthaler und Aeschlimann 2005) ist zudem in beiden Berichten dokumentiert (Abb. 23). Hinweise auf die Herzinsuffizienz nach Myokardinfarkt sind die radiologisch beschriebenen Lungeninfiltrate wie bei einem Ödem mit bilateralen Pleuraergüssen, sowie die blutgestauten Organe und das generalisierte Ödem im Sektionsprotokoll (Herold 2012). Hinweis auf das beginnendes MOV nach Myokardinfarkt sind neben dem beschriebenen Lungenödem die Organschwellungen von Leber und Niere in der Sektion (Leuwer et al. 2010). Radiologisch ist ein unauffälliger Trachealtubus dokumentiert.

Der durch den Hertzkateter platzierte Koronarstent ist in beiden Berichten dokumentiert. In der Sektion fallen Einblutungen in dessen Umgebung auf und in der pmCTA tritt Kontrastmittel aus dem Gefäß. Die pmCTA kann in diesem Fall die Befunde der konventionellen Autopsie gut ergänzen und unterstreichen. Die Befunde sind – bis auf den direkten Nachweis einer Myokardischämie in der Sektion - gleichwertig. Die Koronarverlegung zeigt sich auch auf den pmCTA-Bildern

Fall 19	medizinische Eingriffe	Aortendissektion	Herzinfarkt	Todesursache
pmCTA	N	N	N	N
Sektion	N	N	X	N

#### 4.1.20 Fall 20

Datum: 25.10.2012	Ärztlicher Eingriff:	Koronarangiographie
Institut: Hamburg	Komplikation:	Myokardinfarkt
Patient: 61 Jahre, weiblich	Todesursache:	Akutes Herzversagen

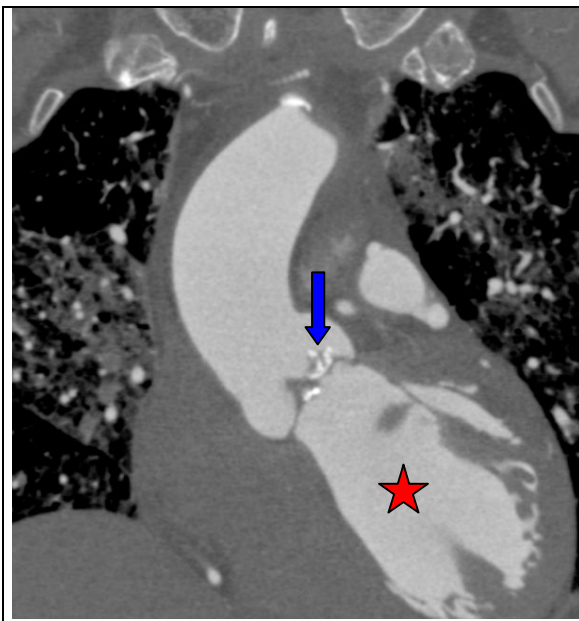
#### Falldarstellung

In einer - wegen Verdacht auf Myokardinfarkt - eingeleitete Koronarangiographie zeigt die Patientin lediglich eine Aortenklappenstenose. Kurz nach dem Kathetereingriff wird die Patientin fiebrig und mit Antibiotika behandelt. Eine beginnende Pneumonie ist in der Akte vermerkt. In der Leistengegend bildet sich ein Hämatom. Am nächsten Morgen muss die Frau reanimiert werden und verstirbt. Eine Herzinsuffizienz wird als todesursächlich vermutet.

#### Ergebnisübersicht

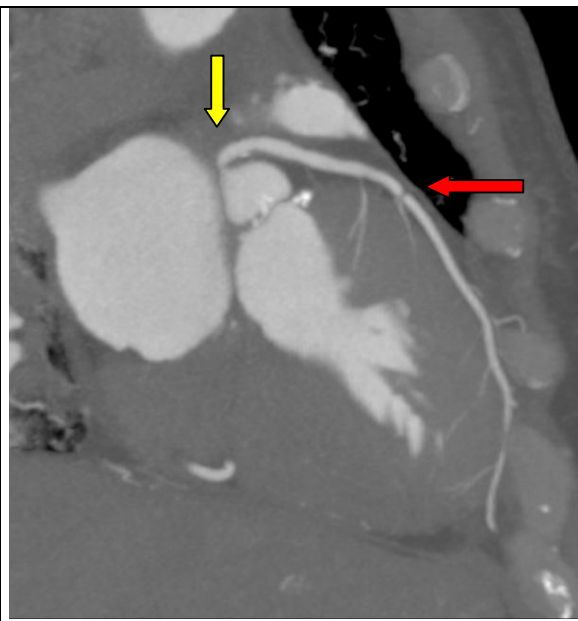
Gemäß dem gerichtsmedizinischen Gutachten ist die Todesursache ein akutes Herzversagen, welches sich in Rahmen eines Myokardinfarktes im Versorgungsbereich der linken

Koronararterie (LCA) entwickelte. Die stark verkalkte Aortenklappe mit hochgradiger Stenose wird in der postmortalen CT-Angiographie anschaulich dargestellt und in der Sektion bestätigt. In der pmCTA zeigt sich nebenbefundlich in der arteriellen Phase ein KM-Rückfluss wie bei einer Aortenklappeninsuffizienz (Abb. 24) (Vogel et al. 2016). Im Obduktionsbericht ist eine Abgangsstenose der LAD durch die Klappenverkalkung beschrieben und auf den Bildern ist der Gefäßabgang schwächer kontrastiert (Abb. 25), das Gefäß ist jedoch nach der dynamischen Phase kontrastmittelgefüllt.



**Abbildung 24: Fall 20, pmCTA, Herz mit Aortenklappenverkalkung**

Aortenverkalkung mit Stenose (blauer Pfeil). Aortenklappeninsuffizienz mit Kontrastmittelübertritt in den Ventrikel (roter Stern) in der arteriellen Phase.



**Abbildung 25: Fall 20, pmCTA, Herz mit Koronararterienstenose**

LAD: schwach kontrastierter Gefäßabgang (gelber Pfeil) und Stenose (roter Pfeil).

Die Myokardischämie im Versorgungsbereich der stenosierten LAD zeigt sich nur in der Sektion. Radiologische Hinweise auf die todesursächliche kardiale Insuffizienz sind die verschatteten Lungen wie bei einem Ödem sowie die Ventrikeldilatation (Herold 2012). In der Obduktion zeigen sich ein Lungenödem und die Blutstauung innerer Organe. Autoptische Hinweise auf eine Hypoxie nach kardialen Schock sind die Schockzeichen an beiden Nieren und das Hirnödem (Roessner 2008). Eine Gefäßverletzung als mögliche Komplikationen einer Koronarangiographie (Luther 2011) kann im Rahmen der Sektion ausgeschlossen werden und in der pmCTA kommt es nicht zum KM-Austritt aus den betroffenen Gefäßen. Auf medizinische Maßnahmen wie eine HDM deuten die - in beiden Berichten beschriebene - Rippenserienfraktur hin (Abb. 66). In der Sektion sind diese umblutet und in der rechten Leiste

zeigt sich ein Hämatom im Bereich der Kathetereinstichstelle (Cowling 2007). Die postmortalen Gefäßzugänge sind in diesem Fall in der linken Leiste angelegt.

In diesem Fall können also - bis auf den direkten Nachweis einer Myokardischämie in der Sektion - gleichwertige Befunde bzgl. des medizinischen Eingriffes, die Komplikationen und die Todesursache durch die pmCTA und die Sektion gesammelt werden.

Fall 20	medizinische Eingriffe	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	N
Sektion	N	X	N

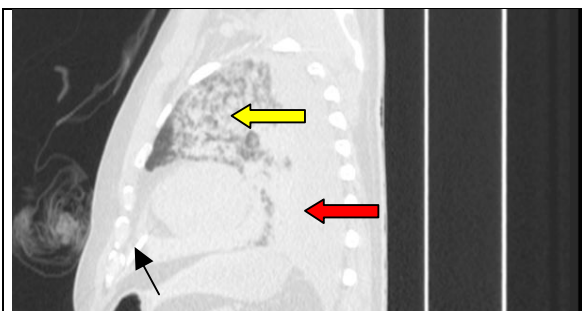
#### 4.1.21 Fall 21

Datum: 31.10.2012	Ärztlicher Eingriff:	Koronarangiographie
Institut: Hamburg	Komplikation:	Ischämische Septumruptur mit Perikarderguss
Patient: 77 Jahre, weiblich	Todesursache:	Perikardtamponade

#### Falldarstellung

Bei einem Mann mit bekannter Dreifäßerkrankung wird bei V.a. einen Myokardinfarkt eine PTCA mit Stentimplantation durchgeführt. Bei einer darauffolgenden Krankenhausverlegung wird er hämodynamisch instabil und verstirbt daraufhin trotz Wiederbelebensmaßnahmen.

#### Ergebnisübersicht



**Abbildung 26: Fall 21, Thorax seitlich im Lungenfenster, Herz- und Lungenpathologien**

Ein Perikarderguss mit Perikarddrainage (schwarzer Pfeil), Lungeninfiltrate (gelber Pfeil) und Ergüsse (roter Pfeil) wie bei einem Ödem bei kardialer Insuffizienz sind zu sehen.

Das Entstehungsalter des todesursächlichen Myokardhinterwand- und Septuminfarkt wird in der Obduktion auf einige Tage vor dem Kathetereingriff geschätzt und die Ischämie wird somit als Komplikation des Eingriffs (Herold 2012) ausgeschlossen. Der Infarkt kann morphologisch nur in der Sektion dargestellt werden, aber radiologisch scheint die distale RCA, das hauptversorgende Gefäß der ischämischen

Areale (Aumüller 2007), in der Angiographie verschlossen. In der Sektion stellt sich dort entsprechend eine Gefäßstenose dar.



Der computertomographisch dargestellte Perikarderguss wird in der Sektion als blutig identifiziert. Die ischämische Septumruptur, als Folge des Myokardinfarktes (Herold 2012), ist autoptisch genau beschrieben. In der Angiographie wird der Blutverlust visualisiert, da KM aus dem linken Ventrikel über das Septum tangential in Richtung Perikard zu treten scheint. Somit wird die Entstehung des Perikardergusses radiologisch genauer dargestellt als er im Obduktionsbericht beschrieben ist. Hinweis auf eine Perikardentlastungspunktion sind die im Sektionsprotokoll angegebenen, unterbluteten Stiche am Thorax (Leuwer et al. 2010) und radiologisch ist eine korrekt positionierte Perikarddrainage dokumentiert (Abb. 26). Hinweise auf eine kardiale Insuffizienz durch den Herzinfarkt (Herold 2012) werden in der Sektion, in Form eines Lungenödems sowie blutgestauter Bauchorgane beschrieben (Herold 2012). In der pmCTA zeigen sich Lungeninfiltrate und bilaterale Pleuraergüsse (Abb. 26 und Abb. 87) wie bei einer Herzinsuffizienz (Herold 2012). Die medizinischen Interventionen können mithilfe der pmCTA und der Sektion gut nachvollzogen werden, da beide die Stents in der RCA beschreiben. Radiologisch zeigt sich in den Nieren und in der Harnblase antemortale KM-Flüssigkeit (Abb. 67) nach der Herzkatheteruntersuchung (Prokop und Engelke 2007).

Hinweise auf Wiederbelebensmaßnahmen sind die beschriebenen Rippenbrüche (Kretz und Teufel 2006) und der Beatmungstubus. Eine Verletzung der Koronararterien im Rahmen des Herzkatheters wird mithilfe der pmCTA ausgeschlossen, da in der Angiographie kein KM in diesem Bereich austritt. Das wird in der Obduktion bestätigt. Die pmCTA kann die Entstehung des Perikarderguss durch den Kontrastmittelaustritt genauer visualisieren und den Koronararterienverschluss funktionell darstellen. Die anderen Befunde sind – bis auf den direkten Nachweis einer Myokardischämie in der Sektion - gleichwertig.

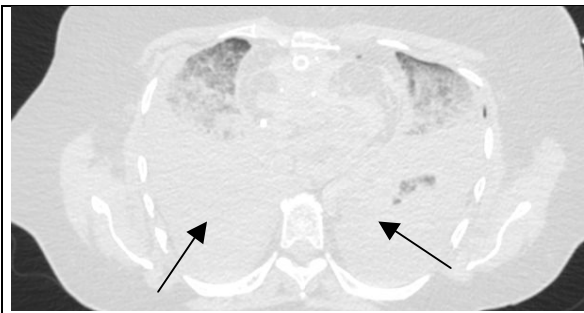
Fall 21	medizinische Eingriffe	Myokardinfarkt	Septumruptur mit Perikarderguss	Ausschluss Blutung	Todesursache
pmCTA	N	N	N	N	N
Sektion	N	X	N	N	N

## 4.1.22 Fall 22

Datum: 27.11.2012	Ärztlicher Eingriff:	Herzoperation nach Myokardperforation
Institut: Hamburg	Komplikationen:	Herzinfarkt und LAE
Patient: 72 Jahre, weiblich	Todesursache:	Kardiopulmonale Insuffizienz

Falldarstellung

Kurz nach einer Herzschrittmacheranlage bei Herzrhythmusstörungen kommt die 72-jährige Patientin wegen eines erneuten Ohnmachtsanfalls ins Krankenhaus. Aufgrund einer Perikardtamponade nach Perforation des rechten Ventrikels wird die Frau operiert. Neben der Defektübernähtung wird zudem die Trikuspidalklappe rekonstruiert. Die Patientin wird einen Tag nach dieser OP reanimationsbedürftig, reintubiert, weist klinische Zeichen eines hämorrhagischen Schocks auf und verstirbt.

Ergebnisübersicht

**Abbildung 27: Fall 22, Nativ-CT, Lungenfenster**  
Lungenverscattungen mit Pleuraergüssen (Pfeile).

Der in der Sektion neben einer massiven Arterio- und Koronarsklerose beschriebene, frische Herzinfarkt ist gemäß dem gerichtsmmedizinischen Gutachten todesursächlich. Daneben zeigt sich eine Lungenarterienembolie in der linken A. pulmonalis. Beide Befunde sind radiologisch nicht dokumentiert, jedoch ist der rechte

Ventrikel computertomographisch vergrößert. Diese überlegenen Befunde in der Sektion werden in Kap. 5.2.4.2 und Kap. 5.2.5.4 diskutiert. Hinweise auf das Herzversagen (Herold 2012) sind in beiden Berichten dokumentiert: Im Sektionsprotokoll sind blutgestaute Bauchorgane und ein Lungenödem beschrieben und in der pmCTA zeigen sich Lungenverscattungen mit einem Pleuraerguss wie bei einer Lungenstauung (Abb. 27). Differenzialdiagnostisch sind postmortale intrakorporale Livores zu nennen (Kap. 5.2.5.5).

Der ärztliche Eingriff am Herzen kann in der Zusammenschau der postmortalen Befunde beider Verfahren dargestellt werden, da radiologisch viele Materialien wie eine Sternumcerclage, eine Perikarddrainage oder den Trikusidal-Klappenring abgebildet sind (Abb.60) und in der Sektion Nähte am Herzohr und Perikard und die Trikuspidalklappenraffung beurteilt werden können. Die Rippenserienfraktur ist ein Hinweis auf Reanimationsmaßnahmen (Kretz und Teufel 2006). Hinweis auf die Ventrikelperforation - als mögliche Komplikation der Schrittmacher-Implantation (Larsen 2012) - ist der Hämatothorax mit blutigem Pleuraerguss in der Obduktion.

Nur in der pmCTA ist eine Fehllage des Trachealtubus im Ösophagus (Abb. 61) mit fraglichem Beatmungserfolg dokumentiert. Deswegen und da durch die pmCTA eine todesursächliche Blutung durch einen fehlenden KM-Austritt ausgeschlossen werden kann, erweist sich die Bildgebungsmethode sogar in diesem Fall als hilfreich.

Fall 22	medizinische Eingriffe	Herzinfarkt	LAE	Todesursache
pmCTA	N	0	0	N
Sektion	N	X	X	N


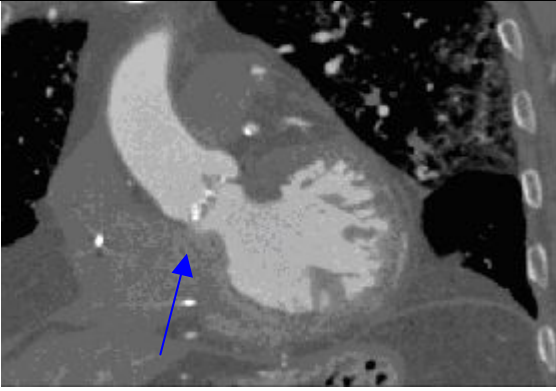
#### 4.1.23 Fall 23

Datum: 07.12.2012	Ärztlicher Eingriff:	Gastro- und Koloskopie sowie Laparotomie
Institut: Hamburg	Komplikation:	Unklare Blutung, kleine LAE
Patient: 87 Jahre, weiblich	Todesursache:	Akute Herzinsuffizienz bei hochgradigen Herzvitien

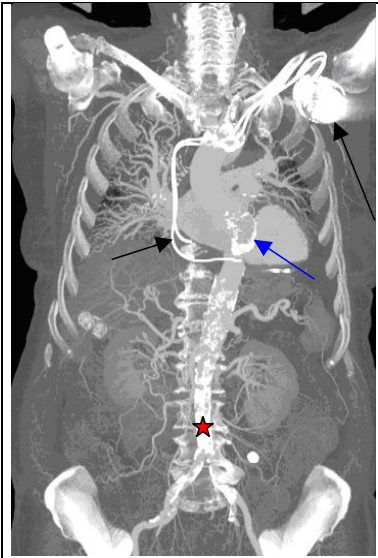
#### Falldarstellung

Die 87-jährige Frau stirbt trotz Bluttransfusion im Krankenhaus, nachdem eine Blutungsquelle nach einer Gastro- und Koloskopie, einer Kapsel-Kamera-Untersuchung des Dünndarms sowie nach einer Laparotomie nicht identifiziert wird. Als Vorbefunde sind eine axiale Gleithernie des Magens, ein Adenom des Kolon descendens und eine Sigmadivertikulitis bekannt.

#### Ergebnisübersicht

	
<b>Abbildung 28: Fall 23, Thorax im Nativ CT, Pleuraerguss</b> Computertomographisch ist ein Pleuraerguss (schwarzer Pfeil) zu sehen.	<b>Abbildung 29: Fall 23, pmCTA, Herz mit Aortenklappensklerose</b> Sklerose der Aortenklappe (blauer Pfeil).

Gemäß dem gerichtsmedizinischen Gutachten verstirbt die Frau aufgrund einer akuten Herzinsuffizienz bei höhergradigen Klappenvitien und ein direkter Zusammenhang zu den medizinischen Interventionen ist nicht nachzuweisen. Neben einer starken Arteriosklerose (Abb. 30 und Abb. 70) mit begleitender Koronarsklerose, werden Verkalkungen an Aorten- und Mitralklappe in der pmCTA dargestellt (Abb. 29) und die Herzklappenpathologien werden in der Sektion bestätigt.



**Abbildung 30: Fall 23, pmCTA, Übersichtsaufnahme**

Neben einer Arteriosklerose (Stern) mit massiver Aorten-Klappensklerose (blauem Pfeil) ist ein unauffälliger Herzschrittmacher (schwarzer Pfeil) sichtbar. Kein KM-Austritt.

Hinweise auf eine Herzschwäche (Herold 2012) sind ein alter Hinterwandinfarkt in der Sektion und eine dokumentierte Herzvergrößerung im CT-Bericht. Weitere Hinweise auf die todesursächliche kardiale Globalinsuffizienz (Herold 2012) sind der Pleuraerguss im CT (Abb. 28) und die blutgestauten Bauchorgane in der Sektion. Herzbelastende Lungenpathologien (Herold 2012) in Form einer kleinen LAE und eines Lungeninfarktes sind nur im Sektionsprotokoll als wichtige Zusatzbefunde beschrieben. Der Operationssitus der Laparotomie und Dünndarmoperation ist von den Obduzenten unauffällig beschrieben und radiologisch nicht erwähnt. Diese Unterlegenheiten der pmCTA werden unter Kap. 5.2.5.4 und Kap. 5.2.4.1 diskutiert. Eine Blutung kann weder durch die Obduktion noch durch die postmortale Bildgebung - bei fehlendem KM- Austritt - nachgewiesen werden. In diesem Fall sind radiologisch keine wesentlichen Zusatzbefunde

beschrieben. Die massive Arteriosklerose und die Herzklappenvitien werden radiologisch dargestellt, jedoch zeigen sich wesentliche Befunde nur in der Obduktion.

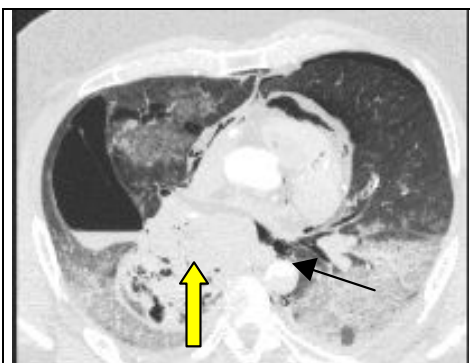
Fall 23	medizinische Eingriffe	Blutungsquelle	LAE	Todesursache
pmCTA	0	0	0	N
Sektion	N	0	X	N

## 4.1.24 Fall 24

Datum: 11.12.2012	Ärztlicher Eingriff:	Tumorbiopsie aus der Lunge
Institut: Hamburg	Komplikation:	Blutung aus der A. pulmonalis rechts
Patient: 58 Jahre, männlich	Todesursache:	Respiratorische Insuffizienz

Falldarstellung

Der 57-jährige Raucher bricht mit massiver Hämoptoe auf dem Weg ins Krankenhaus zusammen, wird reanimationsbedürftig und verstirbt. Einige Tage zuvor wird eine Biopsie aus der Lunge entnommen, um einen Rundherd in der Lunge abzuklären.

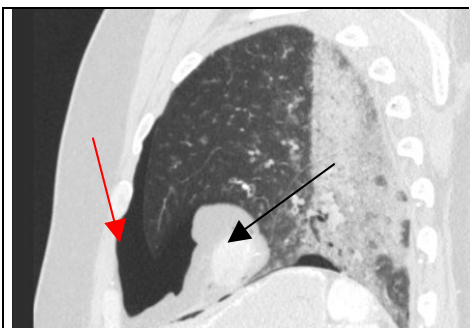
Ergebnisübersicht

**Abbildung 31: Fall 24, pmCTA, Lunge axial, Lungenpathologien**

Kontrastierung der Gefäße (schwarzer Pfeil) und Kontrastmittelaustritt in die Raumforderung (gelber Pfeil).

Eine respiratorische Insuffizienz bei Blutung in den Thorax wird als Todesursache angegeben. Beide postmortalen Untersuchungen dokumentieren Lungenpathologien als Ursache der respiratorischen Insuffizienz (Herold 2012). Die konventionelle Autopsie stellt den Gefäßriss der A. pulmonalis dextra und die Lungenparenchym- und Atemwegseinblutung dar, radiologisch ist ein Pneumothorax beschrieben (Abb. 32). Durch den KM-Austritt in der pmCTA in die Raumforderung (Abb. 31), welche in der Sektion als infiltrativ wachsender Lungentumor identifiziert wird,

kann der Blutverlust aus der A. pulmonalis rechts dargestellt werden. Hinweis auf den starken Blutverlust sind auch die blassen Organe und Leichenflecken (Dettmeyer und Verhoff 2011) in der Sektion.



**Abbildung 32: Fall 24, pmCTA, Thorax sagittal, Lungenpathologien**

Pneumothorax (roter Pfeil) und Kontrast-Mittelinfiltration in die Raumforderung in der Lunge (schwarzer Pfeil).

Gemäß dem rechtsmedizinischen Abschlussbericht scheint die Blutung jedoch nicht durch die Biopsie, sondern akut durch die Tumorinvasion mit plötzlicher Gefäßruptur entstanden zu sein. Neben der im Sektionsprotokoll dokumentierten Rippenserienfraktur wie nach einer HDM (Kretz und Teufel 2006) und einer Tracheotomie, zeigt sich in der CT Luft im Mediastinum als Hinweis auf die zurückliegende Lungenbiopsie.

In diesem Fall ergänzen sich die Befunde der Sektion und die der pmCTA demnach sehr gut. Der medizinische

Eingriff, die Komplikation mit Todesfolge kann in Zusammenschau der Befunde nachvollzogen werden, um später vor Gericht den Kausalzusammenhang zu bewerten.

Fall 24	medizinische Eingriffe	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	N
Sektion	N	N	N

#### 4.1.25 Fall 25

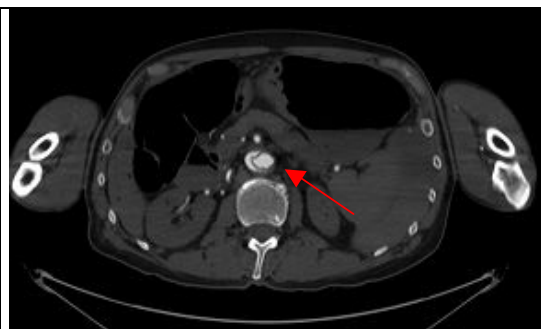
Datum: 11.12.2012	Ärztliche Diagnostik:	Unterlassene ärztliche Diagnostik
Institut: München	Komplikation:	Aortendissektion
Patient: 59 Jahre, männlich	Todesursache:	Massiver Blutverlust in die linke Thoraxhälfte

#### Falldarstellung

Der 59-jährige Mann verstirbt zu Hause nach ergebnislosen Wiederbelebungsmaßnahmen. Wegen intestinalen Gesundheitsproblemen und massiven Schmerzen in der linken unteren Extremität ist er krankgeschrieben. Als er zwei Tage vor seinem Tod ein Klinikum wegen der Schmerzen im Bein aufsucht, wird er lediglich mit Schmerzmedikation wieder nach Hause entlassen. Eine Diagnostik bezüglich der Aortendissektion erfolgt dort nicht.

#### Ergebnisübersicht

Gemäß dem Gutachten der gerichtlichen Leichenöffnung stirbt der Mann aufgrund des starken Blutverlustes aus einem Gefäßeinriss im Rahmen einer Aortendissektion.



**Abbildung 33: Fall 25, pmCTA, Abdomen axial, Aortendissektion**

Eine Aortendissektion (roter Pfeil) stellt sich dar.

Der Gefäßriss und der massive Hämatothorax links können in der Sektion dargestellt werden. Auch in der pmCTA stellt sich die todesursächliche Aortendissektion Typ B (Abb. 33) mit Kontrastmittelaustritt in die linke Thoraxhälfte dar. In der pmCTA zeigt sich der Gefäßverschluss von intrakraniellen Gefäßen und der A. iliaca links mit Minderkontrastierung durch die dissektionsbedingte Verlegung

(Herold 2012). Hinweis auf den starken Blutverlust sind die schwach ausgebildeten Livores mortis und die blassen Schleimhäute und innere Organe (Dettmeyer und Verhoff 2011). Die hämodynamische Relevanz des Hämatothorax mit Gefahr einer respiratorischen Insuffizienz

(Herold 2012) wird radiologisch durch den Mediastinalshift nach rechts mit starker Lungenkompression und Atelektasenbildung links visualisiert. Autoptischer Hinweis auf eine mögliche Bindegewebsschwäche (Herold 2012) sind die Dilatation einiger Arterien wie z. B. der Aa. vertebralis, A. basilaris und A. splenica als auch ein Prolaps der Mitralklappe. Auch die radiologisch visualisierte Arteriosklerose wird als weiterer Risikofaktor für die Entstehung der Aortendissektion (Herold 2012) dokumentiert. Hinweise auf eine medizinische Intervention oder Diagnostik werden in keinem der Berichte dokumentiert. Die Ergebnisse sind in diesem Fall demnach als gleichwertig anzusehen. Allerdings kann die Todesursache durch die pmCTA bereits vor der Sektion nachvollzogen werden.

Fall 25	medizinische Intervention	Komplikation	Todesursache
pmCTA	0	N	N
Sektion	0	N	N

#### 4.1.26 Fall 26

Datum: 14.12.2012	Ärztlicher Eingriff:	TAVI-Aortenklappenersatz
Institut: Hamburg	Komplikation:	Ruptur der A. femoralis links
Patient: 66 Jahre, männlich	Todesursache:	Hämorrhagischer Schock nach starkem Blutverlust

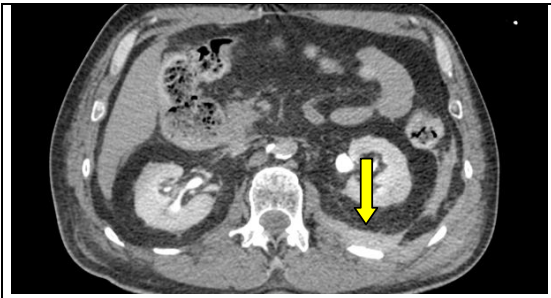
#### Falldarstellung

Der 66-jährige Patient verstirbt im Rahmen einer kathetergestützten Aortenklappenimplantation (TAVI) bei hochgradiger Aortenklappenstenose. Statt einer offenen Herzoperation wird ein alternativer Zugangsweg über die Herzspitze gewählt, um die neue Aortenklappe einzusetzen. Während des Eingriffs wechseln die Operateure jedoch auf das TAVI Katheterverfahren über die Leiste, da der Herzmuskel als insuffizient eingestuft wird. Nach der Intervention treten Nachblutungen mit massiver Einblutung ins Abdomen auf. Vorerkrankungen sind eine generelle Arteriosklerose mit Koronarer Herzkrankheit (KHK) und ein zurückliegender Myokardinfarkt.

#### Ergebnisübersicht

Als Todesursache wird im gerichtsmedizinischen, zusammenfassenden Bericht ein hämorrhagischer Schock nach starker Blutung aus der Gefäßverletzung der A. femoralis links nach TAVI-Intervention angegeben. Diese Gefäßverletzung als Komplikation bei Kathetereingriffen (Lapp und Krakau 2009; Vogel et al. 2013a; Vogel et al. 2016) in beiden

Berichten gleichwertig dokumentiert und dargestellt. Die Ruptur der A. femoralis links wird im Sektionsprotokoll mit 7-8 cm angegeben und in der pmCTA wird die Blutung aus dem gestenteten Gefäß durch den Kontrastmittelaustritt nach außen, nach retroperitoneal und in das Abdomen visualisiert (Abb. 80). Computertomographisch fällt eine abdominelle und retroperitoneale Flüssigkeits-Ansammlung mit der Dichte von Blut auf (Abb. 34), die in der Sektion als Blutansammlung identifiziert wird.



**Abbildung 34: Fall 26, Abdomen axial, Blutung**

Hyperdense Flüssigkeitsansammlung im Retroperitoneum (gelber Pfeil) mit der Dichte von Blut.

Die übernähte Herzspitze ist im Sektionsprotokoll als eingeblutet beschrieben, in der Angiographie tritt jedoch kein KM-Austritt an der Herzspitze aus. Es liegt demnach kein Hinweis auf eine undichte Myokardübernähtung zum Todeszeitpunkt vor und eine Komplikation an dieser Stelle kann demnach durch die pmCTA ausgeschlossen werden. Der radiologische Verdacht einer Aortendissektion (Abb. 83) - als

mögliche Komplikation der Katheter-Intervention (Siegenthaler und Aeschlimann 2005; Vogel et al. 2016) - wird in der Sektion nicht bestätigt. Die Entstehung dieses Artefaktes wird in Kap.5.2.3.2 diskutiert.



**Abbildung 35: Fall 26, pmCTA, Aortenklappenprothese**

Die neue Aortenklappe ist positioniert und verdeckt den Abgang der RCA (gelber Pfeil).

Das generalisierte Körperödem, das Lungenödem sowie der ischämisch veränderter Darm sind autoptische Hinweise auf den Schock (Roessner 2008) mit Multiorganversagen (Leuwer et al. 2010). Hinweise auf eine konsekutive kardiale Insuffizienz sind die blutgestaute Leber, die Herzdilatation und die radiologisch beschriebenen Lungeninfiltrate mit Pleura-Ergüssen wie bei einer Lungenstauung

(Herold 2012). Bei der Dokumentation der medizinischen Intervention, ergänzen sich beide postmortalen Untersuchungen, da beide medizinische Materialien wie die neue Aortenklappe, Gefäßstents, ein ZVK und ein Tubus beschreiben. Die künstliche Herzklappe überdeckt den Abgang der RCA (Abb. 35), die aber sonst relativ gut kontrastiert wird. In der Sektion wird



diese Teilüberlappung bestätigt, das Gefäß ist jedoch generell verengt und eine frische Ischämie ist in diesem Versorgungsareal nicht beschrieben. Die pmCTA kann die Befunde der Sektion hier sehr gut ergänzen.

Fall 26	medizinische Eingriffe	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	N
Sektion	N	N	N

#### 4.1.27 Fall 27

Datum: 18.12.2012	Ärztlicher Eingriff:	ZVK Anlage
Institut: Hamburg	Komplikation:	Pilzinfektion, Hämatothorax, alte LAE
Patient: 68 Jahre, weiblich	Todesursache:	Kardiopulmonale Insuffizienz

#### Falldarstellung

Die Patientin leidet an einem Morbus Crohn mit Fistelbildung. Es kommt zur Kolonresektion einen Monat vor ihrem Tod. Zudem leidet sie an einem Gesäß-Dekubitus. Zur Schmerztherapie ihrer schweren Grunderkrankung hat die Patientin einen Portzugang, der sich mit Candidapilzen infiziert. Zur Weiterbehandlung der septischen Patientin soll ein ZVK in der V. subclavia rechts angelegt werden. Dabei kommt es zu einem Hämatothorax rechts. Die Frau dekompensiert und Reanimationsmaßnahmen bleiben erfolglos.

#### Ergebnisübersicht

In Zusammenschau der Befunde kommt eine kardiopulmonale Insuffizienz bei Hämatothorax mit Sepsis als Todesursache in Betracht. Rechtsmedizinische Hinweise auf eine fehlgeschlagene Gefäßpunktion zur ZVK-Anlage sind ein starkes Weichteilhämatom um die rechte V. subclavia, eine Verletzung an der oberen Pleura- und Lungenkuppe und eine blutige Thoraxeinblutung rechts. Der Radiologe beschreibt Lungeninfiltrate, blutdichte Pleuraergüsse und Luft im Pleuraspalt rechts wie bei einem Pneumothorax (Born et al. 2006). Beide Untersuchungsmethoden dokumentieren demnach den Hämatothorax rechts als typische Komplikation einer ZVK-Anlage (Largiadèr und Saeger 2007). Das Punktionsgefäß rechts oder eine alternative Blutungsquelle sind radiologisch nicht beschrieben und somit wird die Blutungsquelle aus der rechte V. subclavia nur in der Obduktion identifiziert. Zusätzlich wird ein weiter kreislaufdestabilisierender Lungenarterienthrombus in der A. pulmonalis links (Herold 2012) in beiden Berichten dokumentiert. In der Angiographie scheint der Thrombus

stark lumenverengend zu sein, da die A. pulmonalis links kaum mit KM gefüllt ist. In der Sektionsdiagnose wird der Thrombus als bereits länger bestehend eingeschätzt und es zeigen sich bereits ischämisch veränderte Lungenareale. (vgl. auch Kap. 5.2.5.4)

Hinweise auf eine generalisierte Infektion erbringt nur die Obduktion. Die autoptisch beschriebenen Speckhautgerinnsel und das aufgelockerten Milzparenchym deuten auf eine allgemeine Inflammation (Cotran et al. ©1999) und die Schockzeichen an Leber und Nieren auf ein septisches oder kreislaufbedingtes Schockgeschehen. Die radiologische Unterlegenheit bei der Darstellung von soliden Organen wie in diesem Fall wird in Kapitel 5.2.4.1 bewertet.

Hinweise auf medizinische Eingriffe dokumentieren beide Berichte. Hauteinstiche wie nach einer Entlastung des Hämatothorax durch eine medizinische Drainageanlage sind autoptisch dokumentiert. Die klinischen Angaben einer Kolonresektion und die Anus-*praeter*-Anlage werden radiologisch bestätigt. Der Port und das abdominale Operationsgebiet sind in der Sektion unauffällig beschrieben, radiologisch reicht der Port jedoch nur bis in die V. *subclavia sinistra*. Hinweis auf Reanimationsmaßnahmen (Kretz und Teufel 2006) ist die dokumentierte Rippenserienfraktur. Der Nachweis einer Infektion als auch der Blutungsquelle gelingt in der Sektion besser. Die pmCTA dokumentiert jedoch ergänzend eine Portfehlloge als Zusatzbefund.

Fall 27	Medizinischer Eingriff	Infektion	Blutung mit Hämatothorax	LAE	Todesursache
pmCTA	N	0	N	N	N
Sektion	N	X	X	N	X

## 4.1.28 Fall 28

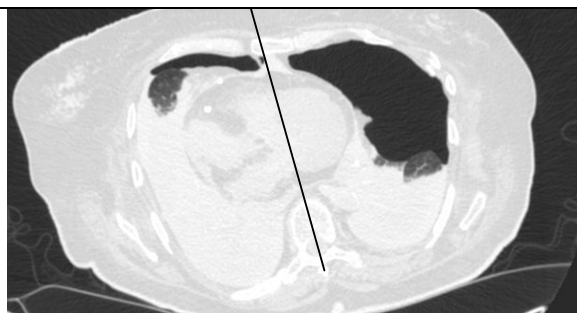
Datum: 27.12.2012	Ärztlicher Eingriff:	Koronarangiographie mit Stentimplantation
Institut: Hamburg	Komplikation:	Diffuse venöse Blutung mit Perikarderguss
Patient: 79 Jahre, weiblich	Todesursache:	Perikardtamponade

Falldarstellung

Die 79 Patientin leidet an einer KHK und verstirbt im Rahmen einer Koronarangiographie, bei der mehrere Stents implantiert werden. Es kommt zu einem Perikarderguss. Trotz Ergusspunktion wird die Patientin instabil und reanimationspflichtig. Die behandelnden Ärzte vermuten eine Aortenperforation oder alternativ eine diffuse Blutung nach Antikoagulation als Grund für das Ableben der Patientin.

Ergebnisübersicht

Eine Perikardtamponade ist gemäß dem gerichtsmedizinischen Gutachten todesursächlich. Durch die gestörte diastolische Ventrikelfüllung durch den Erguss kann es zu einem akuten Herzversagen kommen (Arastéh und Baenkler 2013). Auf der Nativ-CT-Aufnahme fällt Flüssigkeit im Herzbeutel mit der Dichte von Blut auf und in der Sektion wird ein blutiger Erguss bestätigt. Auch die Perikarddrainage ist in beiden Berichten dokumentiert. Durch die Identifikation des Ursprungs der Herzbeuteleinblutung aus einem venösen Gefäß am Herzapex kann die pmCTA die Sektionsberichte in diesem Fall wesentlich ergänzen, denn das Myokard wird an dieser Stelle in der Sektion als intakt beschrieben und nur leichte Einblutungen fallen auf.



**Abbildung 36: Fall 28, Nativ-CT, Lungenfenster, Herz- und Lungenpathologien**

Mediastinalverschiebung nach rechts und bilateraler Pneumothorax mit Erguss.

Komplikationen der Koronarangiographie an den arteriellen Gefäße wie ein Gefäßverschluss oder eine Blutung (Luther 2011) können durch die pmCTA ausgeschlossen werden, da die Gefäße und Stents in der Angiographie kontrastmitteldurchgängig und nicht verschlossen sind. Ein KM-Austritt in der arteriellen Phase ist zudem nicht beschrieben und in der Sektion zeigen sich die

Koronararterien unverletzt. Im CT zeigt sich zudem eine Mediastinalverschiebung (Abb. 36). Hinweis auf die Koronarangiographie sind die dokumentierten Stents in beiden Berichten.

Das Herzkreislaufsystem der Patientin ist stark vorbelastet, denn in der Sektion fallen eine kardiale Hypertrophie und Hyperplasie und eine auch computertomographisch visualisierte Arteriosklerose mit Gefäßstenosen auf. Der klinische Verdacht einer Aortenperforation kann weder durch die pmCTA noch durch die konventionelle Sektion bestätigt werden. Gemäß der klinischen Falldarstellung ist die Patientin antikoaguliert, was eine Blutung wie in diesem Fall begünstigt (Barthels 2012). Die pmCTA erweist sich in diesem Fall als überlegen, da der Hinweis auf die Blutungsquelle nur im CT gezeigt werden kann.

Fall 28	medizinische Eingriffe	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	X	N
Sektion	N	N	N

#### 4.1.29 Fall 29

Datum: 05.02.2013	Ärztlicher Eingriff:	Herzkatheter mit Stentimplantation
Institut: Hamburg	Komplikation:	Aneurysma spurium
Patient: 71 Jahre, weiblich	Todesursache:	Blutungsbedingte kardiopulmonale Insuffizienz

#### Falldarstellung

Bei der 71-jährigen Patientin wird eine PCTA mit Stentsetzung durchgeführt. Nach dem Eingriff bildet sich ein Weichteilhämatom in der rechten Leiste. Die Frau wird transfundiert, verstirbt jedoch im Krankenhaus.

#### Ergebnisübersicht

Als Todesursache wird in der zusammenfassenden Befundwürdigung eine kardiopulmonale Insuffizienz nach einer Herzkatheterintervention mit Ausbildung eines Aneurysma spurium angegeben. Die Gewebeshöhlen des Aneurysma spurium können in der rechtsmedizinischen Autopsie gut präpariert werden und in der pmCTA zeigt sich extravasales Kontrastmittel in diesem Bereich, das aus einem – auch in der Sektion dargestellten - Gefäßriss der A. femoralis austritt. Der Blutverlust aus dem Gefäß als mögliche Komplikation der arteriellen Gefäßpunktion - wie in diesem Fall im Rahmen des Herzkathetereingriffs (Sattler 2007) - wird in der Sektion mit ca. 1200 ml angegeben. Hinweise auf die blutungsbedingte, kardiopulmonale Insuffizienz (Herold 2012) sind das computertomographisch verbreiterte Herz und das Lungenödem sowie die blutgestauten Bauchorgane in der Obduktion. Eine zusätzlich

kreislaufbelastend wirkende Fistel der V. portae und A. hepatica ist radiologisch beschrieben (Abb. 81).

Durch die postmortale-Angiographie kann eine Verletzung der Koronararterien - als mögliche Komplikation im Zuge der Koronarangiographie (Luther 2011) - ausgeschlossen werden, da aus den Herzkranzarterien kein KM austritt (Abb. 74). Auch der Stent wird in beiden Berichten als unauffällig und regelrecht positioniert beschrieben. Die Katheterzugänge für die pmCTA liegen in der linken Leiste, um die radiologische oder gerichtsmedizinische Beurteilung nicht zu beeinflussen (Kap. 5.2.6.3). Demnach können beide Untersuchungen die Blutungs-Komplikation aus dem Operationszugang und die Todesursache nachweisen, die kreislaufrelevante Fistel im Abdomen fällt jedoch nur radiologisch auf. Andere Komplikationen werden in Zusammenschau beider Untersuchungsergebnisse ausgeschlossen.

Fall 29	medizinische Eingriffe	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	X
Sektion	N	N	N

#### 4.1.30 Fall 30

Datum: 13.02.2013	Ärztlicher Eingriff:	Koronarangiographie mit Bypassindikation
Institut: Hamburg	Komplikation:	Myokardinfarkt
Patient: 56 Jahre, männlich	Todesursache:	Myokardinfarkt

#### Falldarstellung

Bei Verdacht auf einen Myokardinfarkt erfolgt bei dem Raucher mit bekannter KHK eine Koronarangiographie. Wegen mehrerer massiver Koronarstenosen ist eine Bypass-Operation indiziert und eine Verlegung wird sofort geplant. Am Ende der Koronarangiographie klagt der Patient jedoch über Unwohlsein und ein thorakales Druckgefühl. Er wird hypoton und bradykard und trotz Reanimationsmaßnahmen verstirbt er kurz nach dem Eingriff. Vorbekannt sind ein Diabetes, eine Hypercholesterinämie und ein alter Myokardinfarkt.

#### Ergebnisübersicht

Ein akutes Herzversagen nach Myokardinfarkt durch die Verschlüsse des Ramus circumflexus der linken Koronararterie (RCX) und der LAD-Stenose ist todesursächlich. Der Fall wird durch die Ergebnisse beider postmortalen Untersuchungen gut dargestellt. Die pmCTA visualisiert die massiven Gefäßstenosen- und Verschlüsse (Abb. 76 und Abb. 77) und einen Ersatzkreislauf des

RCX über den Ramus intermedius. Im Sektionsprotokoll ist die Ausdehnung des alten und neuen Infarktareals sehr genau dokumentiert und sein Entstehungsalter wird im Sektionsbericht auf einige Stunden vor der Katheterintervention geschätzt. Das ist nur in der Sektion möglich (Michaud et al. 2014) und wird unter Kap. 5.2.4.2 genauer diskutiert. Das frische Nekroseareal stimmt aber mit den radiologisch beschriebenen Gefäßstenosen- und Verschlüssen überein. Klinische kardiovaskuläre Risikofaktoren für das Auftreten einer koronaren Herzerkrankung mit Gefahr einer Herzischämie (Herold 2012), wie der angegebener Raucheranamnese und ein Diabetes mellitus mit Hypercholesterinämie sind neben dem Alter vorhanden. Hinweis auf die chronische kardiale Mehrbelastung (Schuster und Trappe 2009) ist die autoptisch beschriebene Ventrikelhypertrophie. Als Zeichen einer kardiale Insuffizienz durch den Myokardinfarkt (Herold 2012) zeigt sich eine Blutstauung der abdominalen Organe in der Sektion. Eine Blutungskomplikation durch eine Gefäßverletzung im Rahmen des ärztlichen Koronarangiographie (Luther 2011) kann computertomographisch ausgeschlossen werden, da kein KM aus den Gefäßen in der pmCTA austritt (Abb. 76 und Abb. 77). Der Gefäßstent ist in beiden Berichten dokumentiert (Abb. 77).

Die radiologischen Bilder dokumentieren viele medizinische Gefäßzugänge und eine Rippenserienfraktur – als Hinweis auf eine Reanimation (Kretz und Teufel 2006). Die Befunde sind – bis auf den direkten Nachweis einer Myokardischämie in der Sektion - gleichwertig. Radiologisch zeigen sich die Koronararterien jedoch massiv verengt und verschlossen.

Fall 30	medizinische Eingriffe	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	N
Sektion	N	X	N

## 4.1.31 Fall 31

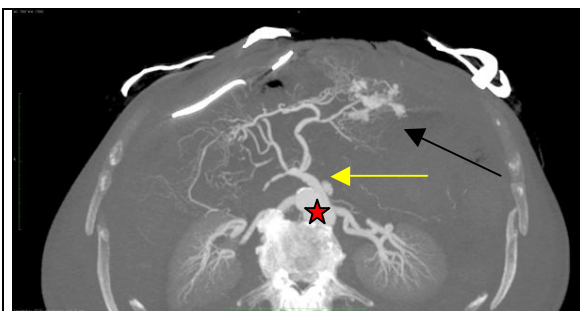
Datum: 14.02.2013	Ärztlicher Eingriff:	Duodenopankreatektomie
Institut: Hamburg	Komplikation:	Herzinfarkt und Blutung
Patient: 71 Jahre, männlich	Todesursache:	Herzversagen und Schock

Falldarstellung

Vier Wochen nach einer Duodenopankreatektomie bei Pankreaskopfkarzinom zeigen zwei stationäre Ösophagoduodenoskopien bei dem kreislaufinstabilen Mann koaguliertes Blut im Bereiche der Anastomose. Ein Blutungsursprung wird jedoch nicht gefunden und der Mann wird transfundiert. Kurz darauf wird der Patient erneut kreislaufinstabil, erbricht Blut und wird in den Operationssaal gebracht, wo er verstirbt.

Ergebnisübersicht

Als todesursächlich wird der frische Myokardinfarkt zusammen mit einem Blutungsschock identifiziert. Hinweise auf die in der Sektion dargestellte Vorderwandmyokardischämie liefert die pmCTA nur indirekt, indem sie die Koronarstenosen und Gefäßverschlüsse der versorgenden Koronararterien - v.a. der LCA - visualisiert. Die in der Sektion beschriebene Thoraxwand- und Lungenverletzung wie nach Anlage einer Pleuradrainage in Bülau-Position (Herth et al. 2008), zeigen sich auf den CT Bildern als Pneumothorax (Herold 2012) und Thoraxwandemphysem (Born et al. 2006). Der Entstehungszeitpunkt ist unsicher.



**Abbildung 37: Fall 31, pmCTA, Abdomen axial, Blutungsquelle**

Kontrastmittelaustritt aus der A. jejunalis (schwarzer Pfeil) die aus der A. mesenterica superior (gelber Pfeil) aus der Aorta (Stern) entspringt.

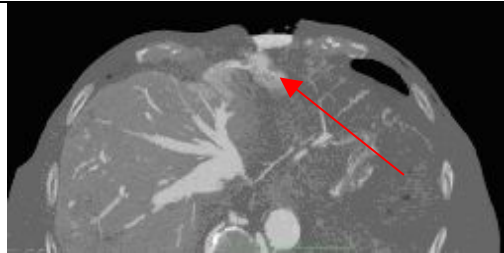


**Abbildung 38: Fall 31, pmCTA, frontal, Blutungsquelle**

Die Aorta (roter Stern) ist in der Angiographiesequenz kontrastiert und unterhalb der Leber (gelber Stern) tritt Kontrastmittel (schwarzer Pfeil) aus.

Blutungsquellen fallen vor allem in der Angiographie - durch einen Kontrastmittel-Verlust aus dem abdominellen Operationsgebiet im Bereich der Gastrojejunostomie, aus der linken Magenarterie und der A. jejunalis sowie nahe der Hepaticoduodenostomie – auf (Abb. 37-39). In der Sektion fällt ein Defekt nahe der Pankreaticoduodenostomie auf, aber alternative

Blutungsquellen sind nicht beschrieben. Die pmCTA liefert hier wichtige Zusatzinformationen, um den Fall vollständig nachzuvollziehen. Die radiologisch dokumentierten, erweiterten Dünndarmschlingen (Debus et al. 2011), weisen auf einen durch Schock oder die Operation entstandenen Ileus (Largiadèr und Saeger 2007) hin. Als mögliche Zeichen des Schocks mit Hypoxie fallen die autoptisch beschriebenen Schockzeichen an den Nieren weiter auf (Roessner 2008). Hinweise auf eine Blutung sind die blasse Leber und die Blutansammlung im Magendarmtrakt (Dettmeyer und Verhoff 2011).



**Abbildung 39: Fall 31, pmCTA Abdomen, Blutung aus der OP-Wunde nach Laparotomie**

Kontrastmittelaustritt an der Laparotomie-Schnittstelle (roter Pfeil).

Das Operationsgebiet der Duodenopankreatektomie ist wegen der Überlagerung durch aufgeblähte Darmschlingen und einem KM-Austritt in diesem Bereich durch die CT Bilder schwer zu beurteilen. Folgen postmortalen Fäulnis sind in Kap. 5.2.5.2 diskutiert. Trotz der vorangeschrittenen Fäulnis ist die rechtsmedizinische Beschreibung in diesem Bereich genauer, da die Operationsnarben und Anastomosennähte ausführlich dokumentiert sind.

Auch eine dicht abgetrennte A. mesenterica superior ist dokumentiert. Radiologisch fallen aber Operationsclips und blutstillendes Material im Abdomen auf und die Laparotomieschnittstelle ist beschrieben (Abb. 39). Die Gefäßversorgung des Pankreas und des Duodenums sind in der pmCTA nach Abtrennung nicht kontrastiert. Der Nachweis der potenziellen Blutungsquelle gelingt in diesem Fall in der pmCTA besser. Die Anwendung der pmCTA war in diesem Fall demnach sehr hilfreich. Die Myokardischämie zeigt sich jedoch vor allem in der Sektion. Radiologisch zeigen sich die Koronararterien aber verengt und teilweise verschlossen.

Fall 31	medizinische Eingriffe	Blutung	Herzinfarkt	Todesursache
pmCTA	N	X	N	N
Sektion	N	N	X	N



4.1.32 Fall 32

Datum: 27.02.2013	Ärztlicher Eingriff:	Anlage eines Pulmonalarterienkatheters
Institut: Lausanne	Komplikation:	Hämatopneumothorax nach Gefäßruptur
Patient: 82 Jahre, weiblich	Todesursache:	Blutaspiration und hämorrhagischer Schock

Falldarstellung (Villaverde et al. 2014)

Die Patientin leidet an einem alpha-1-Antitrypsinmangel, einem Lungenemphysem und einer pulmonalen arteriellen Hypertonie. Zudem hat sie einen Herzschrittmacher. Im Rahmen einer Pulmonalarterienkatheter-Untersuchung über die rechte V. femoralis zur Beurteilung des Lungenhochdrucks, kommt es nach Kathetervorschub in die A. pulmonalis zu einer Blutung, die nicht gestoppt werden kann. Die 82-Jährige verstirbt trotz Reanimationsbemühungen im Krankenhaus.

Ergebnisübersicht

Gemäß dem rechtsmedizinischen Gutachten ist eine Blutungskomplikation mit Blutaspiration im Rahmen der Katheteruntersuchung der Pulmonalarterie todesursächlich.

Im Gegensatz zur gerichtsmedizinischen Obduktion kann die todesursächliche Blutungsquelle nur die pmCTA identifizieren (Villaverde et al. 2014). In der Angiographiephase tritt KM aus einer kleinen Pulmonalarterie auf der linken Thoraxseite. Dieser Bereich deckt sich auch mit den gerichtsmedizinisch dargestellten Einblutungen in das Lungenparenchym links. Autoptischer Hinweis auf die Blutung ist auch das blasse Leberparenchym (Dettmeyer und Verhoff 2011). In der arteriellen Phase stellt sich zudem ein KM-Verlust an der Lungenspitze rechts im Bereich der A. subclavia als alternative Blutungsquelle dar.

Die Gefäßruptur verursacht einen hämorrhagischen Schock (Villaverde et al. 2014) und den Hämatopneumothorax, der sowohl in der Sektion als auch in der pmCTA dargestellt wird: Radiologisch fallen ein Pneumothorax rechts, die bilateralen Lungeninfiltrate und eine Flüssigkeitsansammlung in der distalen Trachea und den Hauptbronchien auf. In der Sektion zeigt sich ein Pleuraerguss. Auch vorbestehende, kardiopulmonale belastende Lungen- und Herzpathologien sind in beiden Berichten dokumentiert: Ein Lungenemphysem kann gerichtsmedizinisch, histologisch und radiologisch (Born et al. 2006) dargestellt werden. Schwere Herzpathologien wie eine Kardiomegalie bei Ventrikeldilatation, eine leichte Aortenklappensklerose und eine Rechtsherzhypertrophie sind im gerichtsmedizinischen Gutachten beschrieben. Nur in der histologischen Leberzellfärbung kann die Grunderkrankung in Form eines Alpha-1-Antitrypsinmangels der Patientin nachgewiesen werden. Auf den medizinischen Eingriff deuten die in der Sektion beschriebenen Gefäßpunktionen und einer

Rippenserienfraktur mit leichten Einblutungen - wie nach einer HDM (Kretz und Teufel 2006). Radiologisch zeigt sich ein ZVK in der V. subclavia sinistra und der KM-Austritt aus der rechten Leiste, wo der Rechtsherzkatheter eingebracht wurde. Damit die postmortalen Angiographiekatheter die radiologische und autoptische Beurteilung nicht behindern, sind sie in den linken Leistengefäßen eingebracht. In der Zusammenschau war die Anwendung der pmCTA in diesem Fall insgesamt überlegen, denn nur in der pmCTA wird die Blutungsquelle als wesentlicher Zusatzbefund identifiziert.

Fall 32	medizinische Eingriffe	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	X	N
Sektion	N	N	N

#### 4.1.33 Fall 33

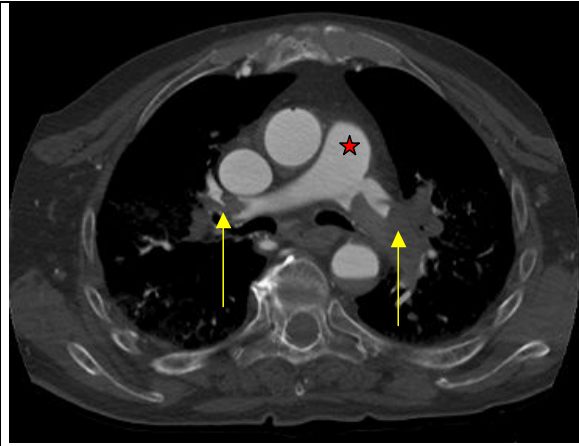
Datum: 05.02.2013	Ärztlicher Eingriff:	Operation einer Fibulafraktur
Institut: München	Komplikation:	Lungenarterienembolie
Patient: 63 Jahre, männlich	Todesursache:	Kardiopulmonale Insuffizienz nach LAE

#### Falldarstellung

Der 63-jährige Mann wird tot in seiner Wohnung gefunden. Zwei Monate zuvor wird er im Krankenhaus wegen eines Bruches der distalen Fibula links operiert.

#### Ergebnisübersicht

Das gerichtsmedizinische Gutachten stellt als Todesursache eine massive LAE beidseits mit Ursprung des Gerinnsels aus der linken Arteria femoralis fest. Radiologisch fällt eine typische Kontrastmittelaussparung in den Lungenarterien auf (Abb. 40 und Abb. 96). Auch der Verdacht eines Thrombus in den Venen des linken Beines - als Ursache der Lungenembolie (Herold 2012) - wird wegen fehlender KM-Füllung radiologisch geäußert. In der Obduktion werden diese Befunde bestätigt und antemortales, wandhaftendes thrombotisches Material in beiden A. pulmonalis mit einer poststenotischen Gefäßdilatation dokumentiert. Radiologische Hinweise auf die kardiopulmonale Dekompensation durch die LAE sind der vergrößerte rechte Vorhof (Born et al. 2006) und die Lungenverschattungen (Herold 2012). In Kap. 5.2.5.4 wird dazu Stellung genommen.



**Abbildung 40: Fall 33, pmCTA, Thorax axial, LAE**

Der Truncus pulmonalis (roter Stern) ist mit Kontrastmittel gefüllt und in der A. pulmonalis zeigen sich Kontrastmittelaussparungen wie bei einer LAE (gelbe Pfeile).

Die Herzhöhlendilatation wird in der Sektion bestätigt und eine beginnende allgemeine Arteriosklerose dokumentiert. Eine Lungenarterienembolie gehört zu den allgemeinen postoperativen Komplikationen eines chirurgischen Eingriffs (Largiadèr und Saeger 2007), wie hier im Rahmen der Fibulastabilisierung. Gemäß den klinischen Angaben ist der Mann postoperativ jedoch lege artis antikoaguliert und mobilisiert (Largiadèr und Saeger 2007). Nur in der Sektion wird sehr ausführlich auf den medizinischen Eingriff eingegangen und das Operationsgebiet mit

Operationsnarbe und Plattenosteosynthese unauffällig und reizlos beschrieben. Das Osteosynthesematerial ist radiologisch nicht beschreiben. Diese fehlende Dokumentation wird besonders in Kap. 5.1.1 bewertet. Eine Blutung wird mithilfe der pmCTA ausgeschlossen und kann den Sektionsbericht demnach ergänzen. Die wesentlichen Befunde bzgl. der LAE sind gleichwertig anzusehen.

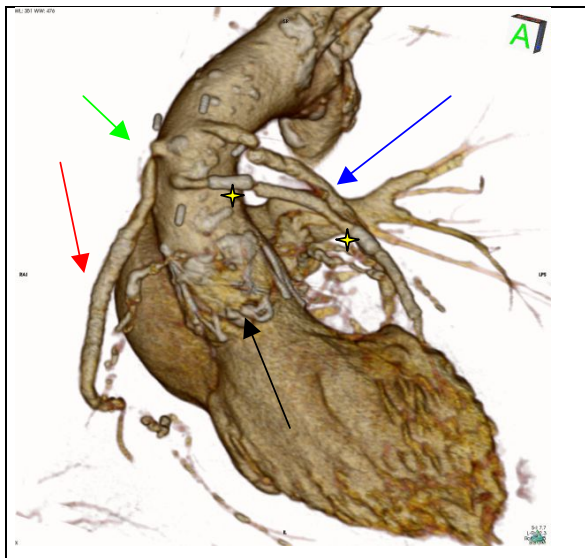
Fall 33	medizinische Intervention	Komplikation	Todesursache
pmCTA	0 (Keine Dokumentation)	N	N
Sektion	N	N	N

## 4.1.34 Fall 34

Datum: 19.03.2013	Ärztlicher Eingriff:	TAVI über die Herzspitze
Institut: Hamburg	Komplikation:	Blutung und Hämatothorax
Patient: 75 Jahre, männlich	Todesursache:	Hämorrhagischer Schock nach Blutung

Falldarstellung

Der 75-jährige Patient muss bereits während der TAVI über die Herzspitze wegen unklarer Blutung reanimiert werden und verstirbt auf der Intensivstation nach erfolglosen Reanimations- und Transfusionsmaßnahmen.

Ergebnisübersicht

**Abbildung 41: Fall 34, 3D-Rekonstruktion Herz**

Aortenprothese (schwarzer Pfeil) und RCX-Bypass (roter Pfeil) mit Abgangsstenose (grüner Pfeil) und LAD-Bypass (blauer Pfeil) mit Gefäßstents (gelbe Sterne), kein Kontrastmittelaustritt.

Als Todesursache wird gemäß dem gerichtsmedizinischen Gutachten ein hämorrhagischer Schock aufgrund eines starken Blutverlustes nach einer TAVI über die Herzspitze angegeben. Hinweis auf den massiven Blutverlust (Dettmeyer und Verhoff 2011) sind die blassen Bauchorgane in der Sektion. Der Hämatothorax wird vom Radiologen durch die Dichtemessung der Pleuraergüsse dokumentiert und autoptisch wird die Blutansammlung auf 2,2 Liter quantifiziert. Autoptische Hinweis auf den hämorrhagischen Schock sind die Schocknieren (Roessner 2008).

Die rechtsmedizinisch beschriebene Ventrikeldilatation, die älteren Areal einer Herzischämie und die Myokardhypertrophie können Hinweise auf eine bestehende Herzschwäche sein (Herold 2012). Als mögliche Blutungsursache kommt der kleine Myokarddefekt am Apex cordis in Betracht. Jedoch bewerten ihn die Rechtsmediziner in ihrem Gutachten als minimal, wofür auch der fehlende KM-Austritt in der postmortalen Angiographie spricht. Es ist jedoch anzumerken, dass die Gefäße in diesem Bereich unvollständig kontrastmittelgefüllt sind. Auf Folgen von Kontrastmittelfüllungsfehlern wird in Kap. 5.2.5.3 eingegangen. Alternative Blutungsquellen fallen gemäß den Berichten nur in der pmCTA durch einen KM-Verlust aus der A. diaphragmatica links sowie aus einer Rippenarterie auf (Abb.79) (Vogel et al. 2016).



**Abbildung 42: Fall 34, pmCTA, Aortenprothese**

Prothese (schwarzer Pfeil) und RCA-Bypass mit Abgangsstenose (gelber Pfeil) und Stents (roter Pfeil).

Ein KM-Austritt aus den Koronararterien oder den Bypässen wie nach einer Gefäßverletzung durch den medizinischen Eingriff (Ibrahim et al. 2012) ist nicht beschrieben (Abb. 41). Radiologisch sind Gefäßstenosen bei einer Koronarsklerose der Koronararterien beschrieben (Abb. 41-42), eine frische Herz-Ischämie (Herold 2012) ist im Obduktions-Bericht jedoch nicht dokumentiert. Ein unauffälliger Operationszugang, ein Trachealtubus und Gefäßzugänge im Rahmen der medizinischen Intervention wie ein ZVK in der V. jugularis sind in beiden Berichten dokumentiert (Abb. 62). Nur durch die pmCTA sind die Blutungsquellen – als wesentlicher

Zusatzbefund - beschrieben. Die anderen Befunde, um den Todeshergang nach dem medizinischen Eingriff in der Zusammenschau nachzuvollziehen und die Kausalitätskette zu bewerten, sind als gleichwertig anzusehen.

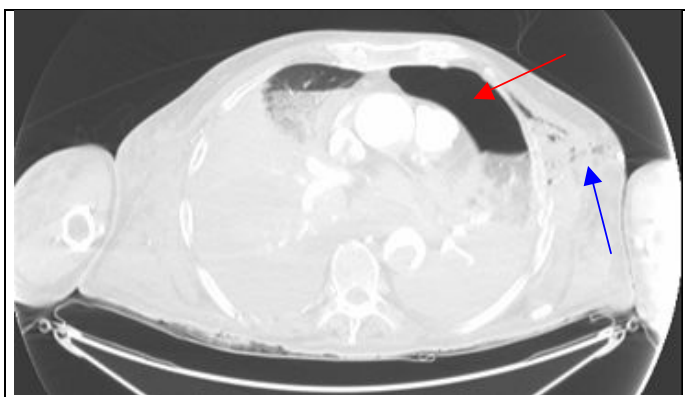
Fall 34	medizinische Eingriffe	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	X	N
Sektion	N	N	N

## 4.1.35 Fall 35

Datum: 26.03.2013	Ärztlicher Eingriff:	Anlage einer Pleuradrainage
Institut: München	Komplikation:	Blutung mit Hämatothorax
Patient: 77 Jahre, männlich	Todesursache:	Hämorrhagischer Schock nach starkem Blutverlust

Falldarstellung

Der multimorbide 77-jährige Patient verstirbt nach Anlage einer Pleuradrainage zur Entlastung eines Ergusses bei einer darauffolgenden explorativen Not-Thorakotomie. Der Operationsbericht dokumentiert eine Lungenverletzung und beschreibt eine intrathorakale Blutansammlung. Auf der Totenbescheinigung ist vermerkt, dass der Patient zudem septisch mit Peritonitis nach Dünndarmresektion- und Insuffizienz gewesen sein soll. Eine Leistenhernienoperation geht dem Geschehen voraus.

Ergebnisübersicht

**Abbildung 43: Fall 35, Thorax axial, Nativ-CT nach Pleurapunktion**

Pneumothorax (roter Pfeil) und Weichteildefekt mit Lufteinlagerung (blauer Pfeil) nach Pleurapunktion.

Ein blutungsbedingtes Schock-Geschehen wird im gerichtsmmedizinischen Gutachten als todesursächlich vermutet. Hinweis auf eine Komplikation bei Anlage der Pleuradrainage (Herth et al. 2008, S. 360) ist die autoptisch beschriebene Lungenverletzung mit thorakalen Einblutungen. Radiologisch zeigt sich ein Pneumothorax (Abb. 43) und Kontrastmittel tritt in die linke

Thoraxhälfte aus. Der genaue Ursprung der Blutung ist weder in der Sektion noch durch die pmCTA beschrieben. Ein Hämatothorax wird in beiden Berichten dokumentiert und radiologisch als blutdichter Pleuraerguss mit 50-70 Hounsfield Unit (HU) angegeben. Nach Bluttransfusionen im Rahmen der Reanimationsmaßnahmen zum Ausgleich der Blutarmut (Largiadèr und Saeger 2007) zeigen sich autoptisch keine typischen Zeichen eines Blutverlustes wie eine beginnende Blässe innerer Organe (Dettmeyer und Verhoff 2011).

Durch die Sektion können die medizinischen Eingriffe gut dargestellt werden, da Wunden an Thorax und Abdomen, Gefäßzugänge, medizinisches Material wie ein Trachealtubus und die zurückliegende Darmoperation mit insuffizienter Dünndarmnaht sehr genau beschrieben sind. Auch radiologisch kann der Punktionskanal durch die Luftansammlung im Gewebe dargestellt

werden (Abb. 43) und eine Rippenserienfraktur wie nach Reanimation (Kretz und Teufel 2006) ist sichtbar. Der radiologische Verdacht einer LAE wird in der Sektion nicht bestätigt. Ursachen hierfür werden unter Kap. 5.2.5.4 diskutiert. In diesem Fall erbringt die pmCTA keine Zusatzbefunde, visualisiert jedoch anschaulich die Lungenpathologien nach Anlage der Pleuradrainage.

Fall 35	medizinische Intervention	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	N
Sektion	N	N	N

#### 4.1.36 Fall 36

Datum: 05.04.2013	Ärztlicher Eingriff:	Koronarangiographie mit Stentimplantation
Institut: Hamburg	Komplikation:	Blutung
Patient: 56 Jahre, männlich	Todesursache:	Hämorrhagisches Lungenversagen

#### Falldarstellung

Der 56-jährige Patient stirbt an einer Blutung im Rahmen einer Koronarangiographie mit Stentimplantation. Grund der Intervention war ein ST-Hebungs-Infarkt des Herzens (STEMI) der Vorderwand. Der Mann bekommt das Antikoagulans Tirofiban vor dem Eingriff.

#### Ergebnisübersicht



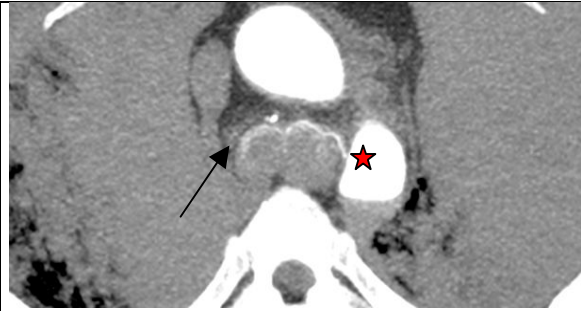
**Abbildung 44: Fall 36, Nativ-CT Thorax frontal**

Stark verschattete Lungenareale (roter Pfeil) und Pleuraergüsse (gelber Pfeil) mit verbreitertem Herzschatten (grüne Markierung).

Ein akutes Lungenversagen nach Blutungsgeschehen wird als mögliche Todesursache angegeben. Die Blutungsneigung ist durch die Antikoagulation erhöht (Barthels 2012), wie die starken Einblutungen an der Rippen- und Sternumfraktur – als Folge von Reanimationsmaßnahmen (Kretz und Teufel 2006) - in der Sektion unterstreichen. Eine Blutansammlung in den Atemwegen und das

blutige Lungenödem mit Pleuraergüssen sind als Zeichen der Blutung im Obduktionsbericht beschrieben. Radiologisch zeigt sich entsprechend eine stark verschattete Lunge mit Pleuraergüssen (Abb. 44 und Abb. 46). Nur die pmCTA kann eine potenzielle Blutungsquelle

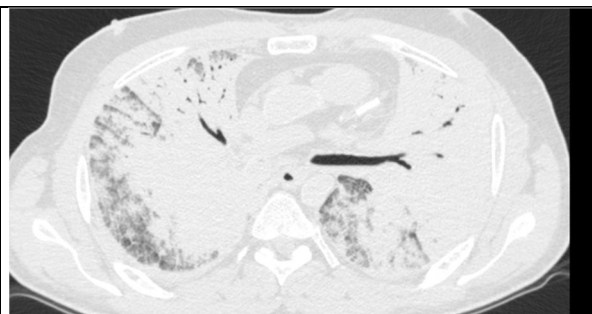
in Form eines kleinen Gefäßes vor der Trachea identifizierten (Abb. 45). Als Hinweis auf die Hypoxie im Rahmen hämorrhagischen Schockgeschehens mit respiratorischer Insuffizienz (Roessner 2008) zeigt sich ein Schockdarm in der Sektion. Hinweis auf die Lungeninsuffizienz sind der dargestellte Pleuraerguss (Herold 2012) und das Blut in den Atemwegen (Lang 2007). Die Mageninsufflation im CT deutet darauf hin, dass bei einer Maskenbeatmung ein höherer Beatmungsdruck notwendig war und dabei auch viel Luft in den Magen gelang (van Aken et al. 2006).



**Abbildung 45: Fall 36, pmCTA, Blutungsquelle**  
Gefäße vor der Trachea (Pfeil) mit Ursprung aus der thorakalen Aorta descendens (Stern).

Eine Blutungskomplikation im Rahmen des Koronarangiographie (Luther 2011) kann mithilfe der pmCTA ausgeschlossen werden, da es während der Untersuchung nicht zu einem KM-Verlust an den Koronararterien kommt (Abb. 73). Lediglich der KM-Austritt aus der A. femoralis rechts (Abb. 63) wie nach Punktion für den Herzkatheter-Zugang (Cowling 2007) und der röntgendichte,

koronare Stent, sind Hinweise auf die antemortale Koronarangiographie. Damit die postmortalen Katheter die radiologische oder gerichtsmedizinische Beurteilung nicht behindern, liegen sie in den linken Leistengefäßen. Hinweis auf eine antemortale Herzdruckmassage sind die Sternumfraktur und die radiologisch dargestellte Rippenreihenfraktur (Abb. 47 und Abb. 48).

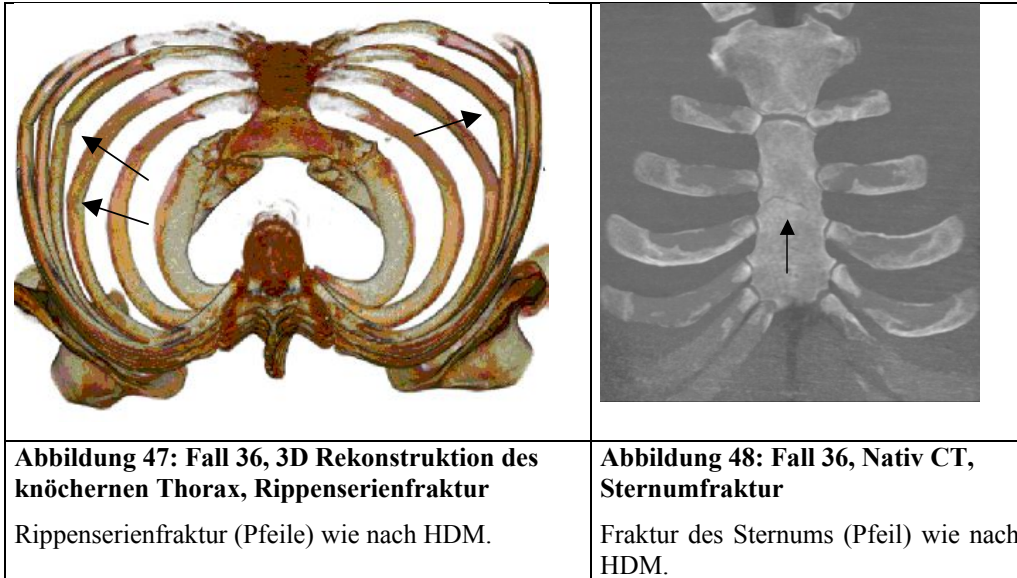


**Abbildung 46: Fall 36, Nativ-CT Lungenfenster**  
Stark infiltrierte Lungenareale, zentral betont.

Weder eine LAE noch eine Myokardischämie werden in der Sektion oder der pmCTA nachgewiesen. Bewertung des Nachweises oder Ausschlusses dieser Befunde erfolgt unter Kap. 5.2.4.2 und Kap. 5.2.5.4. Zusammenfassend lässt sich für diesen Fall demnach zeigen, dass die pmCTA in Bezug auf die medizinische Intervention,

deren todesursächliche Komplikation und die Todesursache wesentliche Befunde beisteuert und somit die Befunde der Obduktion wesentlich ergänzt. Die Anwendung der pmCTA ist in diesem Fall der Sektion überlegen, da wesentliche Zusatzbefunde wie die Blutungsquelle allein radiologisch nachgewiesen werden.





Fall 36	medizinische Eingriffe	Blutung	Todesursache
pmCTA	N	X	N
Sektion	N	N	N

#### 4.1.37 Fall 37

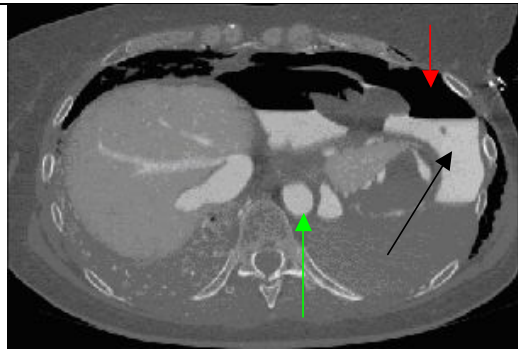
Datum: 10.04.2013	Ärztlicher Eingriff:	Operation eines Bronchialkarzinoms
Institut: Hamburg	Komplikation:	Blutung
Patient: 61 Jahre, weiblich	Todesursache:	Hämatopneumothorax mit HerzKreislaufversagen

#### Falldarstellung

Die 61-jährige Frau verstirbt bei einer Operation eines großen, zentralen Bronchialkarzinoms mit Tumoreinbruch in die A. pulmonalis links. Während der Operation kommt es zu einer unklaren Strukturverletzung mit Blutung. Die Frau verstirbt trotz Blutstillungs- und Wiederbelebungsmaßnahmen im Krankenhaus.

#### Ergebnisübersicht

Ein Hämatopneumothorax mit HerzKreislaufversagen als Folge einer Gefäßverletzung im Rahmen der Operation kommt gemäß dem gerichtsmedizinischen Gutachten als Todesursache in Betracht. Radiologisch stellt sich Luft im Pleuraspalt und ein Kontrastmittelaustritt in die Lunge dar (Abb. 49-51). Dieser Erguss wird in der Sektion als blutig bestätigt und so der todesursächliche, kreislaufdestabilisierende Hämatopneumothorax (Hecker 2006) durch beide Methoden identifiziert.

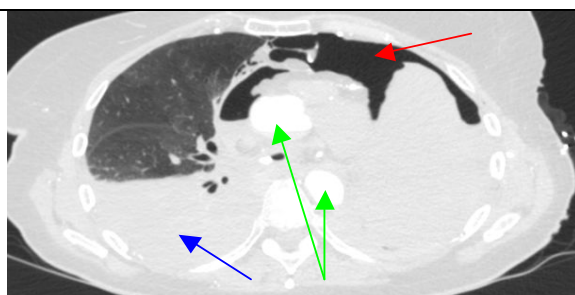


**Abbildung 49: Fall 37, pmCTA, Abdomen axial, Blutung**

Bei gut KM-gefüllter Aorta (grüner Pfeil) zeigt sich neben einem Pneumothorax (roter Pfeil) ein Kontrastmittelaustritt in die Brusthöhle (schwarzer Pfeil).

Als Blutungsquelle kommt ein ca. 0,5 cm breiter Defekt im Bereich des linken Vorhofs in Betracht, aus dem in der pmCTA Kontrastmittel austritt. Wie in beiden postmortalen Untersuchungen beschrieben ist der Herzbeutel eröffnet und es zeigt sich eine Thoraxeinblutung aus dem Defekt. Eine alternative Blutungsquelle kann in der arteriellen Phase durch einen KM-Verlust nahe der linken A. subclavia wie nach Punktion visualisiert werden. Auch in der Sektion ist eine hämorrhagische Infiltration der

Weichteile um das Gefäß beschrieben. Zudem zeigt sich neben der Gefäßunregelmäßigkeit im CT Luft in den Gefäßen als Komplikation der Subclavia-Punktion (Souza-Offtermatt 2004). Die A. pulmonalis ist in beiden Berichten unauffällig beschrieben. Die autoptisch dokumentierten blassen Bauchorgane sind Zeichen eines starken Blutverlustes (Dettmeyer und Verhoff 2011). Der Operationszugang der zurückliegenden Thorakotomie ist im Sektionsprotokoll beschrieben und Drähte an der Thoraxwand fallen radiologisch auf. Der Tumor kann durch die Bildgebung in seiner Ausdehnung sehr genau visualisiert werden (Abb. 51) und in der Sektion kann auch unter Zuhilfenahme feingeweblicher Untersuchungen das Infiltrationsgebiet identifiziert werden. Metastasen werden weder in der pmCTA noch in der Sektion gefunden. In diesem Fall sind die Ergebnisse aus pmCTA und Sektion als gleichwertig anzusehen.



**Abbildung 50: Fall 37, Thorax axial mit Lungenpathologien in der pmCTA**

Hyperdense kontrastierte Gefäße (grüne Pfeile) mit Pneumothorax links (roter Pfeil) und Pleuraerguss rechts (blauer Pfeil).



**Abbildung 51: Fall 37, Thorax koronar mit Lungenpathologie in der pmCTA**

Eine Raumforderung (schwarzer Pfeil) und ein Pneumothorax links (roter Pfeil) mit Luft im Mediastinum (gelber Pfeil) sind sichtbar.

Fall 37	medizinische Eingriffe	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	N
Sektion	N	N	N

## 4.1.38 Fall 38

Datum: 15.04.2013	Ärztlicher Eingriff:	Einstellung der Dialysetherapie
Institut: Hamburg	Komplikation:	Nierenversagen
Patient: 72 Jahre, männlich	Todesursache:	Nierenversagen

Falldarstellung

Die Ehefrau des 72-Jährigen findet ihren Mann blutüberlaufen in der Nacht und der Rettungssanitäter gibt an, dass sich der Patient seinen Dialysekatheter selbst gezogen habe. In der Klinik verstirbt er nach 14 Tagen und seine Frau erhebt Vorwürfe, dass ihr Mann im Krankenhaus nicht dialysiert wurde. Nach einer Krebsoperation und nierenschädigender Chemotherapie sechs Jahren zuvor, kommt es vor vier Jahren zur Nephrektomie und der Patient wird dialysepflichtig.

Ergebnisübersicht

Als todesursächlich wird im gerichtsmmedizinischen Gutachten ein Nierenversagen nach Beendigung der Dialysemaßnahmen angegeben. Wie klinisch berichtet, ist die rechte Niere laut radiologischem und rechtsmedizinischem Bericht entfernt. Pathologien an der linken Niere fallen radiologisch auf, denn die A. renalis sinistra zeigt sich in der pmCTA eingeeengt und die Oberfläche der geschrumpften linken Niere erscheint unregelmäßig (Abb. 52). Die Schrumpfniere - als Hinweis auf eine chronische Niereninsuffizienz mit eingeschränkter Nierenfunktion (Herold 2012) - zeigt sich auch in der Obduktion.



**Abbildung 52: Fall 38,  
Angiographiesequenz der verbliebenen  
linken Niere**

Gefäßstenose der A. renalis sinistra kurz nach dem Abgang aus der Aorta abdominalis (gelber Pfeil) und unregelmäßige Nierenoberfläche (schwarze Pfeile).

Lungenpathologien als Hinweis auf Folgen des Dialyseabbruchs sind in beiden Berichten beschrieben: Radiologisch zeigt sich eine Lungenverdichtung wie nach Stauung durch Überwässerung (Bausewein und Albrecht 2010) und in der Obduktion eine Lungenverdichtung mit Pleuraerguss (Herold 2012). Differenzialdiagnostisch sind postmortale Lungenveränderungen im CT zu diskutieren (Kap. 5.2.5.5). Der Patient war zudem lange beatmet und ein Lungeninfekt klinisch dokumentiert. Eine Lungenarterienembolie wird computertomographisch und in der Sektion

ausgeschlossen. Die radiologisch beschriebenen hypodensen Rundherden in der Leber (Abb. 85) werden in der Sektion als Zysten identifiziert und somit eine Metastasenabsiedelung des

zurückliegenden Tumorleidens ausgeschlossen. Beide Berichte dokumentieren unauffälliges, medizinisches Material wie eine Portanlage links und einen ZVK in der V. jugularis rechts (Abb. 64), die auf den aktuellen Krankenhausaufenthalt weisen. Sowohl in der pm-Angiographie als auch in der Sektion werden todesursächliche Pathologien dargestellt und die Berichte ergänzen sich in diesem Fall sehr gut.

Fall 38	medizinische Eingriffe	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	N
Sektion	N	N	N

#### 4.1.39 Fall 39

Datum: 17.04.2013	Ärztlicher Eingriff:	Aortenklappenersatz mit Bioprothese
Institut: Lausanne	Komplikation:	Gefäßriss der Aorta ascendens
Patient: 75 Jahre, männlich	Todesursache:	Hämothorax mit respiratorischer Insuffizienz

#### Falldarstellung

Der 75 Jahre alte Mann bricht zu Hause zusammen und verstirbt nach erfolgloser Reanimation im Krankenhaus. Zwei Wochen zuvor wird er komplikationslos an der Aortenklappe operiert und eine Bioprothese wird eingesetzt.

#### Ergebnisübersicht

Todesursächlich ist der Blutverlust aus der Aorta ascendens in die linke Thoraxhälfte kurz nach einem Aortenklappenersatz mit Bioprothese. In der Sektion kann der Durchmesser des Gefäßrisses über der Klappenprothese an einer chirurgischen Naht mit 0,3 cm gemessen werden. In der pmCTA tritt an diese Stelle KM aus. Der hämodynamisch-respiratorisch destabilisierende Hämothorax (Hecker 2006) wird in beiden Berichten dokumentiert, denn der Blutverlust in den Herzbeutel und in den Thorax kann durch das Kontrastmittel visualisiert und in der Sektion bestätigt werden. Die blasse Leber sowie der massive Pleuraerguss links in der Obduktion sind Hinweis auf einen starken Blutverlust (Dettmeyer und Verhoff 2011). Die radiologisch beschriebene linksseitenbetonte Ansammlung von blutdichter Flüssigkeit im Peritoneum und Retroperitoneum unterstreicht das weiter. In der Sektion wird der Befund von Blut in der Bauchhöhle bestätigt. Der Operationszugang kann durch die hyperdense Sternumcerclage auf den Bildern und durch die Operationsnarbe und die Sternum- und Perikarderöffnung in der Sektion nachvollzogen werden. Die Aortenklappenprothese stellt sich

in beiden Untersuchungen unauffällig dar. Es zeigt sich eine Rippserienfraktur wie nach Reanimationsmaßnahmen (Kretz und Teufel 2006). Die Ergebnisse der pmCTA und der Obduktion sind in diesem Fall gleichwertig.

Fall 39	medizinische Eingriffe	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	N
Sektion	N	N	N

#### 4.1.40 Fall 40

Datum: 18.04.2013	Ärztlicher Eingriff:	Koronarangiographie
Institut: Hamburg	Komplikation:	Blutung aus Leberverletzung
Patient: 80 Jahre, weiblich	Todesursache:	Akutes Herzversagen nach Blutung

#### Falldarstellung

Die Hypertonikerin mit bekannter Herz- und Niereninsuffizienz kollabiert zu Hause, wird von einer anwesenden Anästhesistin reanimiert und vom Notarzt intubiert ins Krankenhaus gebracht. Einige Stunden nach einem - bei Verdacht auf Myokardinfarkt - durchgeführten Herzkathetereingriff wird die 80-jährige Patientin transfusions- und reanimationspflichtig und verstirbt im Krankenhaus. Ein Diabetes Mellitus, eine KHK und eine Beinvenenthrombose mit LAE in der Vergangenheit sind klinisch vorbekannt.

#### Ergebnisübersicht



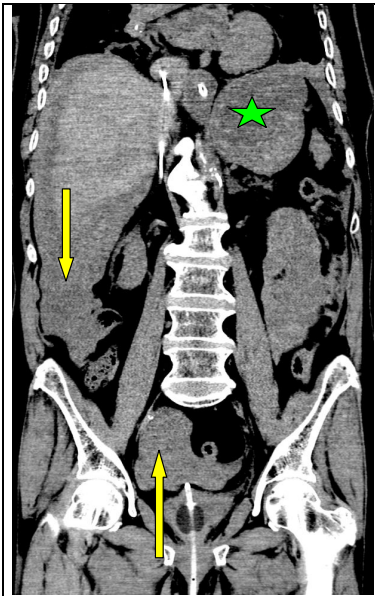
**Abbildung 53: Fall 40, pmCTA, Herz**

Aus den Herzkranzgefäßen (hier die LAD markiert) ist kein Kontrastmittelaustritt dokumentiert.

Todesursächlich ist ein kardiales Pumpversagen nach akuter Blutung und alter LAE.

Ein Kapselriss der Leber kann in der Sektion durch den direkten Blick auf das Organ als Blutungsquelle dargestellt werden. Die nach innen gerichtete Blutung wird durch den KM-Austritt nahe dem Ligamentum falciforme hepatis in der pmCTA visualisiert und eine Flüssigkeits-Ansammlung im Abdomen (Abb. 54) wird in der Sektion mit 1,1 Liter Blut quantifiziert. Neben der Leberverletzung fallen Rippenfrakturen - wie nach

Reanimationsmaßnahmen (Kretz und Teufel 2006) - in der Sektion auf.



**Abbildung 54: Fall 40, Nativ-CT, Abdomen frontal, Blutung**

Flüssigkeitsansammlung an der Leber und im Becken (gelbe Pfeile).

Nabenbefund: voller Magen trotz Magensonde (grüner Stern).

Eine Blässe der abdominalen Organe als Zeichen eines starken Blutverlustes (Dettmeyer und Verhoff 2011) ist im Obduktionsbericht bei antemortaler Bluttransfusion nicht beschrieben. Die zum Tode beitragenden Gefäßpathologien in Form eines älteren Thrombus in der A. pulmonalis rechts und Zeichen einer alten Lungenischämie im inferioren Lungenlobus rechts, fallen nur in der Sektion auf. Radiologisch zeigen sich jedoch auch Lungeninfiltrate (Abb. 97). Bezüglich der Bewertung zu Lungenarterienembolien siehe Kap. 5.2.5.4.

Hinweis auf die akute Herzschwäche nach der massiven Blutung sind die im Sektionsbericht dokumentierten Beinödeme, die blutgestaute Leber und Milz, die ältere Myokardischämie sowie die Herzdilatation (Herold 2012). Dazu kommen die Koronarpathologien, die sich im postmortalen Nativbild als Kalkablagerungen und in der

pmCTA in Form von Gefäßstenosen und KM-Aussparungen darstellen und mit den Sektionsbefunden übereinstimmen. Die medizinischen Materialien z. B. ein Trachealtubus und ein ZVK sind durch beide Untersuchungen genau dokumentiert. Eine Gefäßverletzung als Komplikation der beschriebene Koronarangiographie (Luther 2011) kann mithilfe der pmCTA ausgeschlossen werden, da kein Kontrastmittelaustritt aus den Koronararterien auffällt (Abb. 53 und Abb. 75). Demnach sind die Ergebnisse – bis auf den alleinigen Nachweis einer alten LAE in der Sektion- gleichwertig bezüglich der Darstellung der Blutungskomplikation aus der Leberverletzung.

Fall 40	medizinische Eingriffe	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	N
Sektion	N	N	N

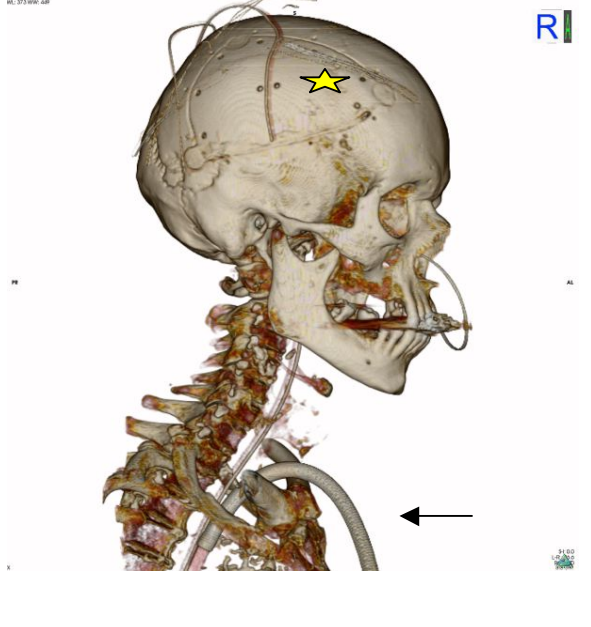
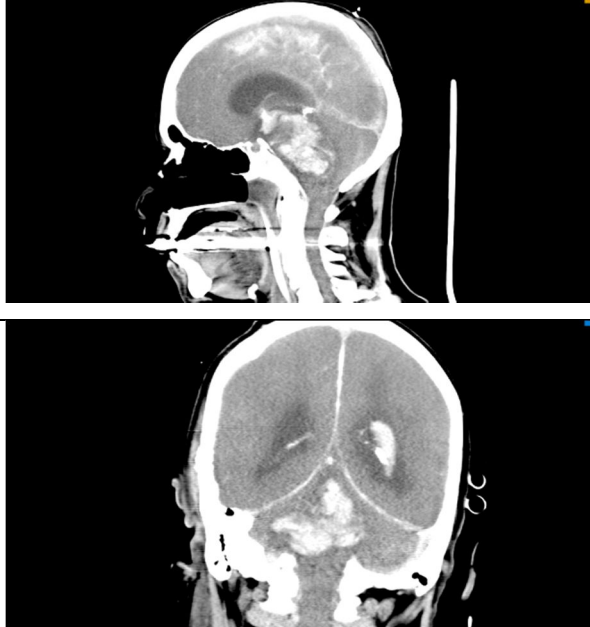
## 4.1.41 Fall 41

Datum: 19.04.2013	Ärztliche Diagnostik:	Kraniale Röntgenaufnahme nach Sturz
Institut: Hamburg	Komplikation:	Intrakranielle Blutung
Patient: 71 Jahre, männlich	Todesursache:	Intrakranieller Druckanstieg

Falldarstellung

Bei dem Patienten wird nach einem Sturzgeschehen eine kraniale Röntgenaufnahme angefertigt, eine Knochenfraktur ausgeschlossen und der 71-Jährige wird mit einer genähten Kopfwunde okzipital wieder aus dem Krankenhaus entlassen. Am nächsten Morgen findet ihn seine Frau leblos auf und er kommt mit einer Hirnblutung ins Krankenhaus und verstirbt dort. Der Mann ist wegen eines Larynxkarzinoms laryngektomiert und tracheotomiert.

Ergebnisübersicht

	
<p><b>Abbildung 55: Fall 41, 3D-Rekonstruktion von Kopf- und Thoraxskelett</b></p> <p>Zustand nach Schädelreparation (Stern) bei einem tracheotomierten Mann.</p>	<p><b>Abbildung 56: Fall 41, pmCTA sagittal (oben) und koronar (unten) bei Blutung</b></p> <p>Kontrastmittel ist subarachnoidal, pericerebellär, peripontal und im Ventrikelsystem dokumentiert.</p>

Wie beide Berichte darstellen, zeigt sich eine Schädelreparation nach einer Hirnblutung (Abb. 55 und 56). Diese Blutung ist gemäß dem gerichtsmedizinischen Gutachten todesursächlich und deren Ausdehnung kann anhand der CT-Bilder und dem Sektionsgutachten im Subarachnoidalraum und pericerebellär gut nachvollzogen werden. Eine genaue Blutungsquelle kann durch keine der Untersuchungen identifiziert werden, da zum Beispiel in der pmCTA kein KM aus den Hirngefäßen tritt (Abbildung 95, Kap. 5.2.5.3).

Radiologisch zeigt sich Blut im Ventrikelsystem und ein Hydrocephalus. Als Hinweis auf einen Anstieg des intrakraniellen Drucks durch die Blutung mit Hydrocephalus (Krzovska 2012) sind die kranialen Arterien teilweise unvollständig KM-gefüllt (Abb. 95). Eine Diskussion dieses Phänomens folgt unter Kapitel 5.2.5.3. Einklemmungszeichen als Folge des gesteigerten Hirndrucks bei Hydrocephalus (Krzovska 2012) sind autoptisch dagegen nicht beschrieben. Die derzeitige Ausdehnung des Larynx Tumors und alte zervikale Narben lassen sich besser in der Sektion beschreiben, denn radiologisch fällt nur das Tracheostoma auf, aber gemäß dem gerichtsmedizinischen Gutachten ist der Tumor in diesem Fall auch nicht todesursächlich. Die Schädeltrepanation und die todesursächliche Blutung werden durch beide Berichte gleichwertig beschrieben, jedoch wird durch die pmCTA der intrakranielle Druckanstieg besser dokumentiert. Die pmCTA ist demnach in diesem Fall eine gute, ergänzende Untersuchung.

Fall 41	medizinische Eingriffe	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	X
Sektion	N	N	N

#### 4.1.42 Fall 42

Datum: 29.04.2013	Ärztlicher Eingriff:	TLIF-Wirbelsäulen-OP
Institut: Hamburg	Komplikation:	Nachblutung
Patient: 74 Jahre, weiblich	Todesursache:	Multiorganversagen nach Blutverlust

#### Falldarstellung

Es kommt nach einer elektiven TLIF (transforaminal lumbar Interbodyfusion)-Wirbelsäulenoperation auf der Höhe Brustwirbelkörper (BWK) 11 bis zum Os sacrum bei der nieren- und herzkranken Frau zu transfusionsbedürftigen Nachblutungen aus einem paravertebralen Gefäß auf Höhe LWK 3, welches embolisiert wird. Im Krankenhaus erleidet sie zudem einen STEMI-Infarkt und zeigt Symptome einer Herz- und Niereninsuffizienz. Bei abdominalen, freier Flüssigkeit soll bei einer Not-Laparotomie eine aktive Blutung ausgeschlossen werden. Die Organe zeigen sich dabei ischämisch. Die Frau verstirbt daraufhin im Krankenhaus.

#### Ergebnisübersicht

Die Spondylodese ist in beiden Berichten, jedoch genauer durch die pmCTA-Bilder (Abb. 57) dokumentiert und eine postoperative Blutung – als Komplikation der Wirbelsäulenoperation (Börm 2009) - stellt sich in der Sektion durch eine starke, retroperitoneale Gewebeeinblutung



an der Wirbelsäule mit hämorrhagischer Flüssigkeitsansammlung im Abdomen dar. Die genaue Blutungsquelle bleibt in der Sektion jedoch unklar. Ein kleines venöses Gefäß kann aufgrund dessen geringer Größe nicht weiter präpariert werden. Es wird in der pmCTA jedoch als potenzielle Blutungsquelle identifiziert, auch wenn die Gefäße in diesem Bereich generell nicht vollständig kontrastiert sind (vgl. Kap.5.2.5.3). Auf der Höhe der Vene ist gemäß dem gerichtsmedizinischen Gutachten auch eine Schraube für die Spondylodese - als mögliche Ursache der Gefäßverletzung (Börm 2009) - eingebracht.



**Abbildung 57: Fall 42, Nativ-CT und 3D-Rekonstruktion der Spondylodese**

Zweidimensionale und dreidimensionale Darstellung des Operationssitus an der Wirbelsäule.

Beide Verfahren liefern Hinweise auf ein MOV, das im gerichtsmedizinischen Gutachten als Todesursache nach kardialen- und blutungsbedingten Kreislaufproblemen genannt ist. Hinweis auf eine kardiale Insuffizienz ist der Myokardinfarkt mit Ventrikeldilatation (Herold 2012) in der Sektion und die radiologisch dargestellten Lungeninfiltrate wie bei einem Lungenödem und die bilateralen Pleuraergüsse (Herold 2012). Auf eine, das Herz belastende KHK weisen die Arterio- und Koronarsklerose mit Einengungen und die Stents (Herold 2012). Hinweis auf kardiale- und blutungsbedingte Kreislaufproblemen sind auch die autoptisch dokumentierten Schockzeichen am Darm

(Roessner 2008). Kleine Nieren wie bei einem chronischen Nierenschaden (Herold 2012) zeigen sich. Die Anwendung der pmCTA ist in diesem Fall sehr vorteilhaft, da die Blutungsquelle allein radiologisch identifiziert wird und das medizinische Material überlegen dargestellt wird. Die Übereinstimmung einer Schraubenposition mit dem Ursprung der Blutungsquelle ist ein wesentlicher Zusatzbefund bei der Rekonstruktion der Kausalitätskette.

Fall 42	medizinischer Eingriff	Komplikation	Todesursache
pmCTA	X	X	N
Sektion	N	N	N

4.1.43 Fall 43

Datum: 07.05.2013	Ärztlicher Eingriff:	Bypass-Operation
Institut: Hamburg	Komplikation:	Ausschluss Bypasskomplikation
Patient: 84 Jahre, männlich	Todesursache:	Lungenentzündung

Falldarstellung:

Der herzschwache 84-jährige Patient verstirbt zu Hause und auf dem Totenschein ist ein nicht-natürlicher Tod vermerkt. Die Angehörigen erheben Vorwürfe gegen die Klinik, in der ca. 9 Monaten vor dem Tod eine Bypass-OP erfolgte. Der Mann wird von seinen Angehörigen gepflegt, da er seit dem Eingriff wegen eines zerebralen Hypoxieschadens gelähmt ist.

Ergebnisübersicht

Als todesursächlich wird eine rechtslobuläre Pneumonie anhand der rechtsmedizinischen Lungenbefunde angegeben. Auf eine Lungenentzündung deuten auch die radiologisch beschriebene Lungentransparenzminderung und die Pleuraergüsse hin (Herold 2012). Verschiedene Befunde werden als Hinweise auf die Ursache der Pneumonie erhoben. Eine Magensaftaspiration als Ursache einer Aspirationspneumonie (Arastéh und Baenkler 2013) zeigt sich autoptisch. Die Herzdilatation, das generelles Körperödem sowie die blutgestauten Organe wie die Leber und die Milz sind Hinweise für eine chronischen Herzinsuffizienz mit erhöhter Pneumoniegefahr (Herold 2012). Das hohe Alter und die Bewegungseinschränkung aufgrund der Körperlähmung sind zudem Risikofaktoren für eine Pneumonie (Herold 2012). Der rechtsmedizinisch dokumentierte, mediale und posteriore, alte Hirninfarkt auf beiden Seiten erklärt die beschriebenen Paresen (Krzovska 2012) nach der Bypassoperation.

Akute, todesursächliche Komplikationen der zurückliegenden Bypass-Operation in Form einer Blutung oder einer Bypassthrombose (Souza-Offtermatt 2004) können durch beide postmortalen Untersuchungen ausgeschlossen werden. Die operierten Bypässe stellen sich in der Sektion unauffällig dar und pmCTA visualisiert deren vollständige Durchgängigkeit. Eine Herzischämie durch einen Gefäßverschluss oder eine akute Blutung aus den Herzgefäßen kann durch die pmCTA ausgeschlossen werden. Diese Befunde werden in der Sektion bestätigt. Die pmCTA liefert in diesem Fall deswegen als gute Ergänzung zur konventionellen Autopsie gleichwertige Befunde.

Fall 43	medizinischer Eingriff	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	N
Sektion	N	N	N

## 4.1.44 Fall 44

Datum: 08.05.2013	Ärztlicher Eingriff:	Wechsel einer Trachealkanüle
Institut: Hamburg	Komplikation:	Blutung
Patient: 74 Jahre, weiblich	Todesursache:	Blutaspiration

Falldarstellung

Wegen eines bilateralen Tuboovarialabszesses und einer Darmperforation wird die 74-jährige Frau mehrfach operiert, es kommt zu einer Rektosigmoidresektion und ein Anus praeter wird angelegt. Postoperativ wird sie septisch. Die Frau wird in der Klinik hämofiltriert sowie bluttransfundiert. Auf der Intensivstation wird die kranke Frau zur längerfristigen Beatmung komplikationslos tracheotomiert. Bei einem Beatmungskanülenwechsel kommt es zu starken venösen Blutungen in diesem Bereich. Die Blutung wird chirurgisch gestillt. Die Patientin bleibt jedoch kreislaufinstabil, wird erneut transfundiert und reanimiert, verstirbt jedoch im Krankenhaus.

Ergebnisübersicht

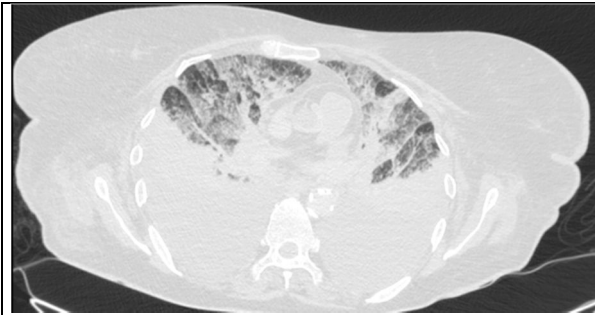
**Abbildung 58: Fall 44, Nativ CT Thorax sagittal**

Flüssigkeit in der Trachea (roter Stern).

Blutungen bei Tracheostomaträgern sind ein akuter Notfall (Dörges et al. 2009), da eine Blutaspiration wie in diesem Fall tödlich enden kann. Hinweis auf eine Blutung mit Aspiration nach Kanülenwechsels ist die computertomographisch dargestellte Flüssigkeit im luftleitenden Respirationstrakt (Abb. 58), die in der Sektion als eine Ansammlung von Blut und Blutgerinnseln identifiziert wird. Die potenzielle Blutungsquelle ist nur in der Sektion durch einen Gefäßriss der linken V. jugularis externa beschrieben.

In der pmCTA ist kein KM-Austritt in diesem Bereich dokumentiert. Dieser fehlende Befund wird unter Kap. 5.2.2.1 und 5.2.5.3 diskutiert. Dem Lungenödem im Sektionsprotokoll entsprechen die verschatteten und wenig belüfteten Lungenareale mit Pleuraergüssen auf beiden Seiten (Abb. 59). Hinweis auf eine septische Patientin ist das autoptisch, aufgeweichte Milzparenchym (Cotran et al. ©1999). Das Tracheostoma ist im Sektionsbericht beschrieben und der medizinische Baueingriff wird durch die entfernten Darmabschnitte mit Anus-praeter-Anlage, bei stark entzündeten und verklebten Abdominalorganen in der Sektion genauer als in der pmCTA dokumentiert. Eine Bewertung erfolgt unter Kap. 5.2.4.1. Radiologisch ist die Gallenblasenentfernung beschrieben,

ohne dass in diesem Bereich KM austritt und computertomographisch zeigt sich eine Rippenserienfraktur wie nach zurückliegende Herzdruckmassage (Kretz und Teufel 2006).



**Abbildung 59: Fall 44, Nativ-CT, Lunge axial, Lungenpathologien**

Pleuraergüsse und Lungeninfiltrate wie bei einem Lungenödem.

Befunde beider Untersuchungen können somit einen Überblick über die medizinischen Interventionen geben. Die Blutaspiration wird gleichwertig abgebildet. Da die Blutungsquelle jedoch nur in der Sektion dargestellt wird, liefert die pmCTA in diesem Fall keine Zusatzbefunde, dient aber als Hilfsmittel um die anderen Befunde zu unterstreichen.

Fall 44	medizinischer Eingriff	Komplikation	Todesursache
pmCTA	N	N	N
Sektion	N	X	N

#### 4.1.45 Fall 45

Datum: 12.06.2013	Ärztlicher Eingriff:	Hausarztbesuch ohne Intervention
Institut: München	Komplikation:	Akuter Koronarverschluss
Patient: 54 Jahre, männlich	Todesursache:	Myokardinfarkt mit akutem Herzversagen

#### Falldarstellung

Der 54 Jahre alte Raucher wird tot in seiner Wohnung aufgefunden, nachdem er am Vortag mit Dyspnoe bei einem Allgemeinmediziner vorstellig wurde, welcher eine Bronchitis feststellt und den Mann mit einer Überweisung zur Internistin krankschreibt.

#### Ergebnisübersicht

Nach dem rechtsmedizinischen Gutachten stirbt der Mann an einem Herzinfarkt durch einen akuten Koronararterienverschluss des RIVA. Auch in der pmCTA stellt sich der RIVA nicht vollständig kontrastmittelgefüllt dar. Der direkte Nachweis der Myokardischämie gelingt jedoch nur in der Obduktion, worauf in Kap. 5.2.4.2 genauer eingegangen wird. Der radiologische Verdacht einer LAE wird in der Sektion nicht bestätigt. Diese radiologische Fehldiagnose wird unter Kapitel 5.2.5.4 bewertet. Hinweise auf das konsekutive, kardiale

Pumpversagen sind die autoptisch beschriebene Stauungsleber, die Herzdilatation und das Lungenödem sowie die radiologischen Lungeninfiltrate mit Pleuraerguss (Herold 2012). Risikofaktoren für den Koronararterienverschluss sind die positive Raucheranamnese, das Alter des Mannes und die radiologisch und autoptisch beschriebene Arteriosklerose (Herold 2012). Da eine medizinische Intervention oder Diagnostik nicht stattfand, ist diese auch durch keine der Untersuchungen nachzuweisen. Allein die im Sektionsprotokoll erwähnten EKG-Elektroden sind ein Hinweis auf eine durchgeführte Diagnostik (Secchi und Ziegenfuß 2009), jedoch ist unklar, ob diese durch den Hausarzt oder den Notarzt durchgeführt wurde. Die Ergebnisse beider postmortalen Untersuchungen decken sich - bis auf den radiologischen Verdacht einer LAE - in diesem Fall. Der Koronararterienverschluss wird radiologisch zwar analog zum Sektionsbericht dokumentiert, die todesursächliche Myokardischämie kann jedoch nur in der Obduktion dargestellt werden.

Fall 45	medizinische Intervention	Komplikation	Todesursache
pmCTA	0	N	N
Sektion	0	N	X

4.1.46 Fall 46

Datum: 27.08.2013	Ärztlicher Eingriff:	TAVI
Institut: München	Komplikation:	Aneurysma spurium
Patient: 75 Jahre, männlich	Todesursache:	Massiver Blutverlust

Falldarstellung

Der 75-jährige Mann stirbt ca. zwei Wochen nach einer Aortenklappenimplantation (TAVI) über die A. iliaca rechts. Wegen einer Bradykardie wird zudem ein Schrittmacher und wegen einer Gefäßdissektion der A. iliaca links ein Gefäßstent eingesetzt. Während der Rehabilitation ist eine Blutung aus der Wunde über der A. iliaca rechts nicht zu beherrschen und der Mann verstirbt. Vorbekannt sind ein Stent in der RCA, ein verschlossener aortocoronarer Venenbypass, eine Antikoagulation mit Marcumar und eine Hypertonie.

Ergebnisübersicht

Gemäß dem rechtsmedizinischen Gutachten ist von einem todesursächlichen Blutungsgeschehen aus der A. iliaca externa rechts über ein Aneurysma spurium nach außen auszugehen. In der Sektion werden der Gefäßriss und die Höhle über der Gefäßverletzung dargestellt. Computertomographisch zeigt sich ein Kontrastmittelaustritt an dieser Stelle über die Weichteilhöhle. Beide Methoden stellen somit das Aneurysma spurium nach Gefäßpunktion während der Katheterintervention (Sattler 2007) - mit der Gefahr einer Nachblutung oder Nahtinsuffizienz wie nach jedem medizinischen Eingriff (Largiadèr und Saeger 2007) - dar. Hinweise auf den starken Blutverlust sind die schwach ausgebildeten Totenflecke und die blassen inneren Organe (Dettmeyer und Verhoff 2011) in der Sektion. Radiologische Lungenverschattungen wie bei einem Lungenödem und Pleuraergüsse unterstreichen die Befunde.

Ein zurückliegender Mitralklappenersatz und ein fast vollständig verschlossener Venenbypass sind im rechtsmedizinischen Bericht dokumentiert. Aktuelle medizinische Interventionen wie der Aortenklappenersatz, eine Herzschrittmacheranlage, Nähte und die Stentimplantation in der A. iliaca externa sinistra können durch die Obduktion als unauffällig dargestellt werden. Ein venöser Gefäßzugang und ein intraossärer Zugang an der Tibia zeigen sich. Damit es zu keiner radiologischen oder gerichtsmedizinischen Fehlinterpretation durch die Katheter der pmCTA kommt, wurden diese in die A. und V. axillaris eingebracht. Eine Aortenklappeninsuffizienz und eine Tubusfehlage im rechten Bronchus können in diesem Fall nur durch die pmCTA dargestellt werden. Die pmCTA ist demnach ein wichtiges Hilfsmittel um die Befunde der Obduktion zu erweitern und um mehr Hinweise auf die medizinische Intervention, die

Komplikation und die Todesursache zu sammeln, um den Fall nachzuvollziehen und die Kausalitätskette zu bewerten.

Fall 46	medizinische Intervention	Komplikation	Todesursache
pmCTA	X	N	N
Sektion	N	N	N

**4.2 Tabellarische Ergebnisübersicht der Fälle**

Übersicht Fall	Hinweis/Nachweis in der <b>pmCTA</b> auf			Hinweis/Nachweis in der <b>Sektion</b> auf		
	Eingriff	Komplikation	Todesursache	Eingriff	Komplikation	Todesursache
1	N	X (Blutung)	X (Blutung)	N	N	N
2	0 (ÖGD)	X (Aortendissektion)	X (Aortendissektion)	0 (ÖGD)	N	N
3	N	X (Blutungsquelle)	N	N	N	N
4	N	0 (unklare Blutung)	N	N	0 (unklare Blutung)	N
5	N	0 (Bakterieninfektion) N (Ausschluss Blutung)	0 (septisches MOV)	N	X (Bakterieninfektion) N (Ausschluss Blutung)	N
6	N	X (Blutungsquelle)	N	N	N	N
7	N	X (Blutung), 0 (Bakterieninfektion)	N	N	N (Blutung), X (Bakterieninfektion)	N
8	N	X (Blutung)	N	N	N	N
9	X (Arthrodesse)	N	N	N	N	N
10	N	N	N	N	N	N
11	N	X (Blutungsquelle)	N	N	N	N
12	N	N	N	N	N	N
13	N	N	N	N	N	N
14	N	0 (Ausschluss Endokarditis) N (Ausschluss Blutung)	N	N	N (Ausschluss Endokarditis) N (Ausschluss Blutung)	N
15	N	0 (toxikologischer Ausschluss einer Allergischen Reaktion) N (Blutung)	N	N	X (toxikologischer Ausschluss einer Allergischen Reaktion) N (Blutung)	N
16	N	N (Gefäßruptur), 0 (Herzinfarkt)	N	N	N (Gefäßruptur), X (Herzinfarkt)	N
17	N	0 (Rückenmarksnekrose)	N	N	N	N
18	N	N	N	N	N	N
19	N	N (Herzinfarkt), N (Aortendissektion)	N	N	X (Herzinfarkt) , N (Aortendissektion)	N
20	N	N	N	N	X (Herzinfarkt)	N
21	N	N (Herzinfarkt) X (Septumruptur mit Perikarderguss) N (Ausschluss Blutung)	N	N	X (Herzinfarkt) N (Septumruptur mit Perikarderguss) N (Ausschluss Blutung)	N

Tabelle 5: Ergebnisübersicht der Befunde der pmCTA und der Sektion in Bezug auf den medizinischen Eingriff, die Komplikation und die Todesursache.



Übersicht	Hinweis/Nachweis in der pmCTA auf			Hinweis/Nachweis in der Sektion auf		
	Eingriff	Komplikation	Todesursache	Eingriff	Komplikation	Todesursache
22	N	0 (Herzinfarkt), 0 (LAE)	N	N	X (Herzinfarkt), X (LAE)	N
23	0 (Keine Dokumentation)	0 (Nachweis Blutungsquelle) 0(LAE)	N	N	0 (Nachweis Blutungsquelle) X (LAE)	N
24	N	N	N	N	N	N
25	0	N	N	0	N	N
26	N	N	N	N	N	N
27	N	N (Blutung), N (LAE), 0 (Infektion)	N	N	X (Blutung), N (LAE), X (Infektion)	X
28	N	X (Blutungsquelle)	N	N	N	N
29	N	N	X (AV-Fistel)	N	N	N
30	N	N	N	N	X (Herzinfarkt)	N
31	N	X (Blutungsquelle), N (Herzinfarkt)	N	N	N (Blutungsquelle), X (Herzinfarkt)	N
32	N	X (Blutungsquelle)	N	N	N	N
33	0 (keine Dokumentation)	N	N	N	N	N
34	N	X (Blutungsquelle)	N	N	N	N
35	N	N	N	N	N	N
36	N	X (Blutung)	N	N	N (Blutung)	N
37	N	N	N	N	N	N
38	N	N	N	N	N	N
39	N	N	N	N	N	N
40	N	N	N	N	N	N
41	N	N	X (Hirndruck)	N	N	N
42	X (Spondylodese)	X (Blutungsquelle)	N	N	N	N
43	N	N	N	N	N	N
44	N	N	N	N	X (Blutung)	N
45	0	N	N	0	N	X (Herzinfarkt)
46	X (Tubusfehlage)	N	N	N	N	N

Tabelle 5: Ergebnisübersicht der Befunde der pmCTA und der Sektion in Bezug auf den medizinischen Eingriff, die Komplikation und die Todesursache.

0: Kein Nachweis                      N: Hinweis oder Nachweis                      X: Überlegener Nachweis

Aus der Tabelle 5 wird ersichtlich, dass in jedem der 46 Fälle mindestens ein Hinweis (N oder X) auf den medizinischen Eingriff, die Komplikation oder die Todesursache in der pmCTA dokumentiert ist. Die pmCTA kann demnach in jedem Fall als Zusatzuntersuchung zur konventionellen Sektion betrachtet werden, da sie gleichartige oder ergänzende Befunde liefert.

Der prinzipielle Nachweis von medizinischen Interventionen in der computertomographischen Untersuchung (N +X) gelingt radiologisch in den meisten Fällen, nämlich in 41 der 46 Fällen (89 %). In der Sektion gelingt der Nachweis eines medizinischen Eingriffs in 43 der 46 Fälle (94 %). Die Differenz ist zu diskutieren (Kap. 5.1).

Besonders hilfreich scheint die postmortale Bildgebung bei der Darstellung medizinischer Materialien und deren korrekter (Fall 9) oder fehlerhafter Platzierung (Fall 46) zu sein. Eine Diskussion dieser Ergebnisse erfolgt unter den Kapiteln 5.1.1 und 5.1.2. Die überlegene radiologische Darstellung von medizinischen Eingriffen gelingt bei diesem Patientenkollektiv gemäß Tabelle 5 v.a. bei Interventionen an knöchernen Strukturen (Kap. 5.1.3). Auffällig ist, dass die Unterlegenheit der pmCTA bei der Darstellung von medizinischen Eingriffen meist mit der fehlenden Beschreibung und Dokumentation von Befunden der Regionen des Eingriffs einhergeht (Fall 33). Stellung wird dazu unter Kap. 5.1 und Kap. 5.1.1 genommen.

Komplikationen werden durch die Sektion bei 97 % (N+X) der Fälle erkannt und in 15 Fällen davon überlegen dargestellt (X=25 %). Die pmCTA weist Komplikationen zu 79 % (N+X) nach. In 14 Fällen gelingt die radiologische Darstellung von Komplikationen überlegen (X=24 %). Bei 12 Fällen konnte mittels pmCTA eine Blutungsquelle nachgewiesen werden, die in der Sektion nicht zur Darstellung kam (Tabellen 7 und 8). Die Bewertung der überlegenen Darstellung von Blutungen erfolgt unter Kapitel 5.2.2.

Komplikationen, bei denen die Sektion der pmCTA überlegen ist, sind beispielsweise der Nachweis oder Ausschluss einer Bakterieninfektion (Fall 5, 7, 27), einer Endokarditis (Fall 14) oder einer Allergischen Reaktion (Fall 15). Der sichere Nachweis einer Lungenarterienembolie (z. B. Fall 22) oder einer Myokardischämie (z. B. Fall 16, 20, 30) gelingt zudem überlegen in der Obduktion.

Hinweise auf die Todesursache (N +X) erbringt die Sektion zu 100 %, davon in zwei Fällen überlegen und die pmCTA zu 98 %, davon in vier Fällen überlegen. Die Überlegenheit der pmCTA zeigt sich bei der Darstellung von Gefäßpathologien, die mit dem Todeshergang wesentlich zusammenhängen, wie bei Blutungen oder einer Aortendissektion (Kap. 5.2.3.2).

Die Diskussion der Ergebnisse bezüglich der Komplikationen und Todesursachen erfolgt unter Kapitel 5.2, in welchem auf die Stärken, Schwächen und Probleme der pmCTA eingegangen wird.

### 4.3 Übersicht über Zusatzbefunde der einzelnen Fälle

Fall	Zusatzbefunde der pmCTA	Zusatzbefunde der konventionellen Autopsie	Bewertung
1	Aneurysmadarstellung		++
2			=
3	Blutungsquelle aus einem Ast der A. carotis externa		++
4			=
5	Kein Bakteriennachweis, aber gezielte Probeentnahme	Bakteriennachweis	+
6	Darstellung einer Gefäßanomalie: Bifurkation der A. splenica als Blutungsquelle		++
7	Genauere Lokalisation der Gefäßruptur der A. carotis externa links	Bakteriennachweis, Unauffällige Hautlappenplastik	+
8	Blutungsquelle aus Leber		++
9	Darstellung der Wirbelkörperversteifung mit Ausschluss einer Blutung		++
10			=
11	Blutungsquelle aus V. lingualis dextra		++
12			=
13			=
14		Ausschluss Endokarditis	-
15		Toxikologischer Ausschluss einer allergischen Reaktion	-
16		Myokardischämie	-
17		Darstellung der Rückenmarksnekrose	-
18			=
19	Verlegung der LAD durch die Aortenprothese	Myokardischämie	+
20		Myokardischämie	-
21	KM Austritt über Ventrikelperforation in den Herzbeutel	Myokardischämie	+
22	Darstellung der Tubusfehlage	Lungenarterienembolie und Myokardischämie	+
23		Lungenarterienembolie	-
24			=
25			=
26			=
27	Darstellung der Portfehlage	Hinweise auf generalisierte Pilzinfektion und Blutungsquelle	+
28	Darstellung der venösen Blutungsquelle		++
29	Visualisierung einer kreislaufbelastenden AV-Fistel		++

**Tabelle 6: Übersicht über Zusatzbefunde der pmCTA und der konventionellen Autopsie.**

- ++: Wesentliche Zusatzbefunde der pmCTA
- +: PmCTA als wichtiges Hilfsmittel
- =: Keine wesentlichen Zusatzbefunde durch pmCTA oder Sektion
- : Zusatzbefund in der Sektion

Fall	Zusatzbefunde der pmCTA	Zusatzbefunde der konventionellen Autopsie	Bewertung
30		Myokardischämie	-
31	Identifikation von potenzielle Blutungsquellen	Myokardischämie	+
32	Identifikation der Blutungsquelle	Nachweis des Alpha1-Antitrypsinmangels	+
33			=
34	Identifikation der Blutungsquelle		++
35			=
36	Identifikation von potenzielle Blutungsquellen		++
37			=
38			=
39			=
40		Lungenarterienembolie	-
41	Bildliche Darstellung des erhöhten Hirndrucks	Darstellung Larynxtumor	+
42	Identifikation der Blutungsquelle, genauere Darstellung der Spondylodese	Myokardischämie	+
43			=
44		Identifikation der Blutungsquelle	-
45		Myokardischämie	-
46	Darstellung einer Tubusfehlage		+

**Tabelle 6: Übersicht über Zusatzbefunde der pmCTA und der konventionellen Autopsie.**

- + +: Wesentliche Zusatzbefunde der pmCTA
- + : PmCTA als wichtiges Hilfsmittel
- = : Keine wesentlichen Zusatzbefunde durch pmCTA oder Sektion
- : Zusatzbefund in der Sektion

Die Tabelle 6 gibt eine Übersicht über Zusatzbefunde der pmCTA und der Sektion für die 46 Fälle. Ein wesentlicher Zusatzbefund wird in zehn der Fälle durch die pmCTA gefunden. Zusatzbefunde der pmCTA betreffen vor allem das Gefäßsystem, da in vielen Fällen nicht nur eine Blutung dargestellt werden kann, sondern im Vergleich zur konventionellen Autopsie auch die Blutungsquelle identifiziert wird (Tabelle 7). Auch Gefäßpathologien- und Anomalien (z. B. Fall 1, 6) oder Fehllagen von medizinischem Material (z. B. Fall 22 und 46) sind wesentliche Befunde der pmCTA (Tabelle 6). Eine genaue Darstellung dieser Vorteile der pmCTA folgt unter 5.1 und 5.2.

Dagegen unterliegt die postmortale Bildgebungsmethode den Sektionsbefunden, wenn es um einen Bakteriennachweis oder die Darstellung einer Myokardischämie geht (Tabelle 6). Auch gelingt gemäß Tabelle 6 der Nachweis einer Lungenarterienembolie durch die pmCTA schwerer als durch die konventionelle Autopsie. Diese Schwächen der pmCTA gegenüber der Sektion sollen im Folgenden beschrieben werden (Kap. 5.1 und 5.2).

Die Ergebnisse bezüglich der Zusatzbefunde entsprechen auch den Ergebnissen der Tabelle 5 in Kapitel 4.2.

#### 4.4 Blutungen

Hinweise auf eine Blutung sind: Klinische Fallangaben, Hämatome oder Ergüsse in Körperhöhlen oder Geweben mit der Dichte von Blut oder wenn große Gefäße wie die Aorta oder Herzkammern im Nativ-CT-Bild in sich zusammensinken (Christe et al. 2010; Vogel et al. 2016). In der pmCTA spricht ein Kontrastmittelaustritt in der pmCTA aus dem Gefäßsystem für einen Gefäßriss mit Blutverlust (Palmiere et al. 2012). Intrakranielle Blutungen (z. B. Fall 1 und 41) stellen sich umso hyperdenser dar, umso mehr das Blut koaguliert ist und sind wie bei lebenden Menschen postmortal leicht zu detektieren (Christe et al. 2010).

Fall	Blutung	Potenzielles Ursprungsgefäß	Gefäßgröße	pmCTA	Sektion	Bewertung
1	Intrakranielle Blutung	Gefäßmissbildung mit Aneurysma	klein	Nachweis mit Aneurysma	Nachweis ohne Aneurysma	+
3	Nachblutung mit Blutaspiration	Ast der A. carotis externa	klein	Blutungsquelle	Blutung	+
4	Blutungskomplikation	unklar	-	Blutung	Blutung	=
6	Nahtinsuffizienz	Bifurkationsast der A. splenica	mittelgroß	Blutungsquelle	Blutung	+
7	Blutungskomplikation	A carotis externa links	mittelgroß	Blutungsquelle	Blutung	+
8	Traumatische Leberruptur	Blutverlust aus Leberruptur	Organ-Parenchym	Blutungsquelle	Blutung	+
9	Blutungskomplikation	Hämorrhagischer Hirninfarkt	Organ-Parenchym	Blutung	Blutung	=
10	Blutungs-komplikation	A. splenica	mittelgroß	Blutungsquelle	Blutungsquelle	=
11	Nachblutung	V. lingualis dextra	klein	Blutungsquelle	Blutung	+
12	Blutungskomplikation	A. iliaca externa rechts	mittelgroß	Blutungsquelle	Blutungsquelle	=
13	Blutungskomplikation	A. femoralis communis dextra	mittelgroß	Blutung	Blutung	=
15	Blutungskomplikation	A. iliaca communis dextra	mittelgroß	Blutungsquelle	Blutungsquelle	=
16	Blutungskomplikation	Aorta	groß	Blutungsquelle	Blutungsquelle	=
18	Blutungskomplikation	A. femoralis communis dextra	mittelgroß	Blutung	Blutung	=
23	Unklare Blutung	unklar	-	Kein Nachweis	Kein Nachweis	=
24	Blutungskomplikation	A. pulmonalis rechts	mittelgroß	Blutungsquelle	Blutungsquelle	=

**Tabelle 7: Übersicht über Befunde von pmCTA und Sektion bei Fällen mit Blutungskomplikation**

Fall	Blutung	Potenzielles Ursprungsgefäß	Gefäßgröße	pmCTA	Sektion	Bewertung
25	Blutung aus Aortendissektion	Thorakale Aorta	groß	Blutungsquelle	Blutungsquelle	=
26	Blutungskomplikation	A. femoralis links	mittelgroß	Blutungsquelle	Blutungsquelle	=
27	Blutungskomplikation	V. subclavia rechts	mittelgroß	Blutung	Blutungsquelle	-
28	Blutungskomplikation	Venöses Gefäß an Herzspitze	klein	Blutungsquelle	Blutung	+
29	Blutungskomplikation	A. femoralis rechts	mittelgroß	Blutungsquelle	Blutungsquelle	=
31	Anastomoseninsuffizienz	Gefäße an Gastrojejunostomie und Hepaticoduodenostomie	mittelgroß	Blutungsquelle	Darstellung der Darmperforation und Blutung	+
32	Blutungskomplikation	kleine Pulmonalarterie	klein	Blutungsquelle	Blutung	+
34	Blutungskomplikation	A. diaphragmatica links und Rippenarterie	klein	Blutungsquelle	Blutung	+
35	Blutungskomplikation	unklar	-	Blutung	Blutung	=
36	Blutungskomplikation	Gefäße vor der Trachea	klein	Blutungsquelle	Blutung	+
37	Blutungskomplikation	Defekt nahe des linken Vorhofs	groß	Blutungsquelle	Blutungsquelle	=
39	Blutungskomplikation	Aorta ascendens	groß	Blutungsquelle	Blutungsquelle	=
40	Leberruptur	Blutung aus Leberruptur	Organ-Parenchym	Blutungsquelle	Blutungsquelle	=
41	Intrakranielle Blutung	unklar	-	Blutung	Blutung	=
42	Nachblutung	paravertebralen Vene	klein	Blutungsquelle	Blutung	+
44	Blutungskomplikation	V. jugularis externa	mittelgroß	Blutung	Blutungsquelle	-
46	Blutungskomplikation	A. iliaca externa	mittelgroß	Blutungsquelle	Blutungsquelle	=

**Tabelle 7: Übersicht über Befunde von pmCTA und Sektion bei Fällen mit Blutungskomplikation**

+ : Blutungsquelle wird nur in der pmCTA identifiziert (Zusatzbefund pmCTA)

= : Blutung oder Blutungsquelle wird gleichwertig wie in der Sektion dargestellt (gleichwertige Befunde)

- : Blutungsquelle wird nur in der Sektion identifiziert (Zusatzbefund Sektion)

Gefäßgröße	Insgesamt	Zusatzbefund pmCTA (+)	Gleichwertige Befunde (=)	Zusatzbefund Sektion (-)
Kleine Gefäße	8	8	-	-
Mittelgroße Gefäße	14	3	9	2
Große Gefäße	4	-	4	
Organparenchym	3	1	2	-

**Tabelle 8: Zuordnung der Ergebnisse aus Tabelle 7 zur Gefäßgröße**

In 33 der 46 beschriebenen Fälle (72 %) kommt es zu einer Blutungskomplikation und Kontrastmittel tritt in der Angiographie aus dem Gefäßsystem oder in der Sektion fällt eine Gefäßverletzung auf (Tabelle 7).

Eine Blutung kann bis auf Fall 23 in jedem Fall durch die pmCTA oder durch die konventionelle Sektion nachgewiesen werden.

Bei mehr als einem Drittel der Fälle mit Blutungskomplikation (12 der 33 Fälle) identifiziert jedoch allein die pmCTA die genaue Blutungsquelle (Tabelle 7). In 15 Fällen sind die Ergebnisse der pmCTA und der Sektion als gleichwertig anzusehen und in 2 Fällen wird die Blutungsquelle nur im Sektionsbericht beschrieben.

Bei allen 8 Fällen mit Blutungen aus kleinen Gefäßen wird die Blutungsquelle allein durch die pmCTA identifiziert (Tabelle 8). In zwei Fällen ist die potenzielle Blutungsquelle nur im Sektionsprotokoll beschrieben. In beiden Fällen handelt es sich um mittelgroße, venöse Halsgefäße. Diese Lokalisation und Ursachen sind zu diskutieren (Kap. 5.2.5.3).

Bei großen und mittelgroßen Gefäßen liefern die pmCTA und die Sektion vergleichbar gute Ergebnisse (Tabelle 8). Aufgrund der geringen Fallzahl mit Parenchymlutungen ist ein Vergleich der konventionellen Autopsie mit der Sektion in dieser Fallgruppe nur eingeschränkt möglich. Im Kapitel 5.2.2 werden diese Ergebnisse bzgl. Blutungskomplikationen bewertet.

## **5. Diskussion**

Die Grundlage der Diskussion sind die Befunde der radiologischen und gerichtsmedizinischen Gutachten (Kap. 4.1) mit den Ergebnissen der Übersichtstabellen (Kap.4.2. bis Kap. 4.4). Anhand dieser ergeben sich allgemeine Vorteile und Nachteilen der pmCTA (Kap. 5.2) bei der Darstellung von Komplikationen und Todesursachen. Daraus kann auf mögliche Anwendungsbereiche der pmCTA geschlossen werden. Die Ergebnisse zur Darstellung medizinischer Interventionen durch die pmCTA werden zudem wie folgt in Kapitel 5.1 diskutiert.

### **5.1 Medizinische Interventionen**

Der prinzipiell häufigere Nachweis eines medizinischen Eingriffs in der Sektion (Tabelle 5) bei teilweise fehlender radiologischer Dokumentation (Kap. 5.1.1) sollen in diesem Kapitel bewertet werden. Im Folgenden werden die Überlegenheit der Darstellung medizinischer Interventionen an Knochen (Kap. 5.1.3), die überlegene Darstellung von medizinischem Material (Kap. 5.1.1) und die Visualisierung von medizinischen Gefäßzugängen (Kap. 5.1.2) durch die pmCTA diskutiert. Zudem soll auf die gezielte Probeentnahme durch die pmCTA (Kap. 5.1.4) neben dem Vergleich mit antemortalen Bildern (Kap. 5.1.5) eingegangen werden.

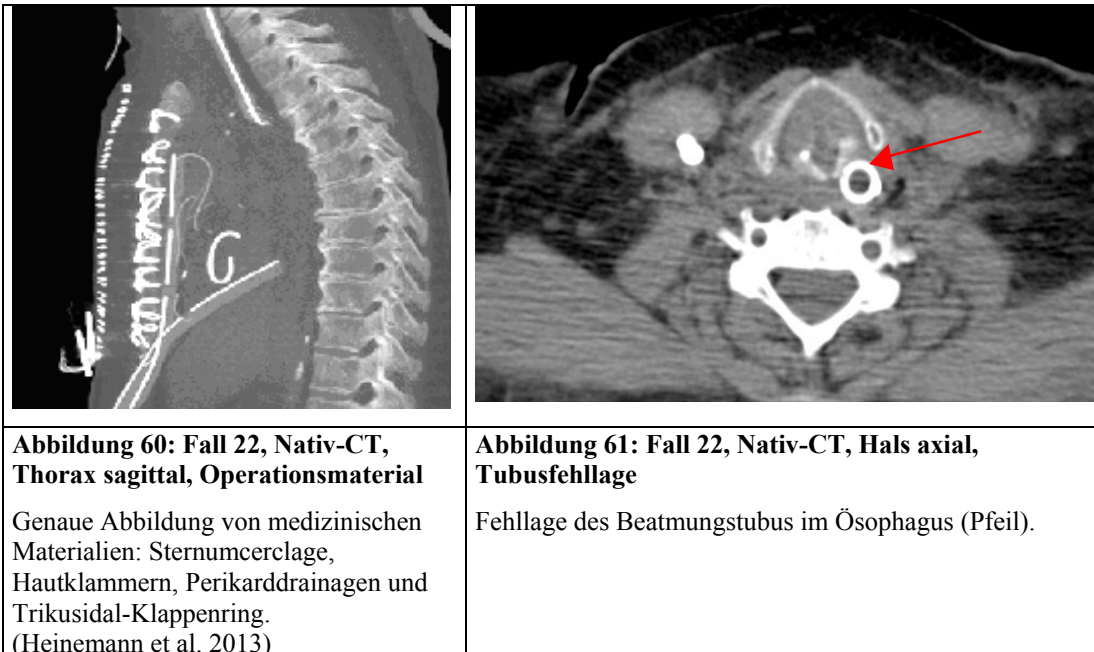
#### **5.1.1 Dokumentation von medizinischem Material**

Wie unter Kap. 4.2 aufgezeigt und auch in der Literatur beschrieben (Heinemann et al. 2013; Wichmann et al. 2014) ist die pmCTA bei der Dokumentation von medizinischem Material, deren korrekter oder fehlerhafter Platzierung besonders hilfreich und zeigt diesbezüglich in einigen Fällen sogar Zusatzbefunde (Kap 4.3), welche in der konventionellen Sektion verborgen blieben.

Denn wie die Abbildungen 60 bis 62 zeigen, ist die genaue Lage, Anzahl und Art von medizinischem Material computertomographisch genau dokumentierbar und - anders als die gerichtsmedizinischen Befunde - auch nach Jahren erneut beurteilbar (Zerlauth et al. 2013; Heinemann et al. 2013). Allgemein ist die Durchführung einer Computertomographie allein deswegen bei Todesfällen nach medizinischer Intervention zu empfehlen, um das Vier-Augenprinzip der Gerichtsmedizin zu erweitern und Fehllagen von medizinischen Materialien zu dokumentieren, die nach der Sektion nicht mehr überprüfbar sind (Heinemann et al. 2015; Vogel et al. 2013b; Vogel et al. 2016). In Fall 10 wird z. B. die eingebrachte Magensonde im



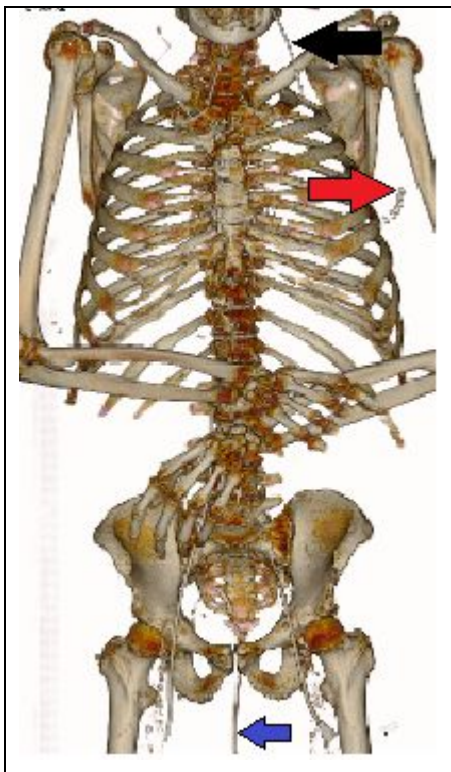
Ösophagus statt im Magen nur durch die pmCTA visualisiert und in Fall 22 liegt der Beatmungstubus im Ösophagus (Abb. 61) (Heinemann et al. 2013). Eine mögliche Erklärung ist, dass Sonden schon vor der Sektion oder bei der Obduktion schnell entfernt werden und deren korrekte Lage nicht in jedem Fall überprüft wird (Heinemann et al. 2013; Vogel et al. 2013b). Die postmortalen Bilder der Materialien geben auch Aufschluss über den Erfolg oder Komplikationen von medizinischen Interventionen (Vogel et al. 2016): Ein erfolgreich und regelrecht platzierter ZVK stellt sich in Fall 38 dar (Abb. 64), wohingegen die Aortenklappe in Fall 26 den Abgang der RCA teilweise überdeckt (Abb. 35). Auch der genaue Abstand der Materialien zu einer Blutungsquelle (Fall 42 mit Blutung im Bereich der eingebrachten Osteosynthesematerialien) kann radiologisch ausgemessen werden.



In Fall 36 zeigt sich radiologisch eine Mageninsufflation, welche womöglich von einer Beatmung stammt (van Aken et al. 2006). Es ist zu empfehlen, postmortal eingebrachte Materialien wie der Angiographiekatheter (Abb. 63) oder Katheter zur Druckmessung zu dokumentieren, damit es zu keiner Fehlinterpretation von Weichteilinfiltren oder einem Gewebeemphysem kommt (Bruguier et al. 2013). Auch die Darstellung von Osteosynthesematerial (Fall 8 mit Femur, Becken und Wirbelfrakturen), welches sich an Stellen befindet, die nicht routinemäßig bei jeder Sektion untersucht werden, ist von Vorteil (Bolliger et al. 2008). Die genaue Lage dieser Fremdkörper wird festgehalten und ihre Position kann mit einer 3D Rekonstruktion z. B. vor Gericht vorgeführt werden (Zerlauth et al. 2013). Wie auch

die Dokumentation von medizinischen Implantaten nach einer Wirbelsäulenoperation in Fall 42 verdeutlicht (Abb. 57).

Wie bei Fällen dieser Arbeit gezeigt (Kap. 4.2), hängt die Unterlegenheit der pmCTA bei der Darstellung von medizinischen Eingriffen meist mit der fehlenden Beschreibung und Dokumentation von medizinischem Material in der Region des Eingriffs zusammen. In Fall 2 liefert z. B. keine der Untersuchungsmethoden Hinweise auf die zurückliegende ÖGD, was daran liegt, dass wenn – wie in diesem Fall - keine Clips zur Blutstillung gesetzt werden, keine medizinischen Materialien als Beweis im Körper des Patienten zurückbleiben.



**Abbildung 62: Fall 34,  
Knochenrekonstruktion,  
medizinische Interventionen**

ZVK in der V. jugularis (schwarzer Pfeil), Harnblasenkatheter (blauer Pfeil) und Klammern nach TAVI über die Herzspitze (roter Pfeil).

Hinweise auf eine Laparotomie wurden in Fall 23 radiologisch nicht dokumentiert, obwohl Nahtmaterial verwendet wurde. Es ist zu diskutieren ob nicht-röntgendichtes Nahtmaterial verwendet wurde oder wie profunde der Operationssitus radiologisch beschreiben wurde. Um solche menschlichen Fehler zu vermeiden, ist ggf. eine festgeschriebene zweite radiologische Befundung durch einen zweiten Radiologen (Wichmann et al. 2014) -wie es in Luzern bereits bei Fällen dieser Arbeit durchgeführt wurde- zu diskutieren. Erfahrung des Radiologen mit pmCT- Bildern ist zudem Voraussetzung um Fehldiagnosen zu vermeiden (Roberts et al. 2012).

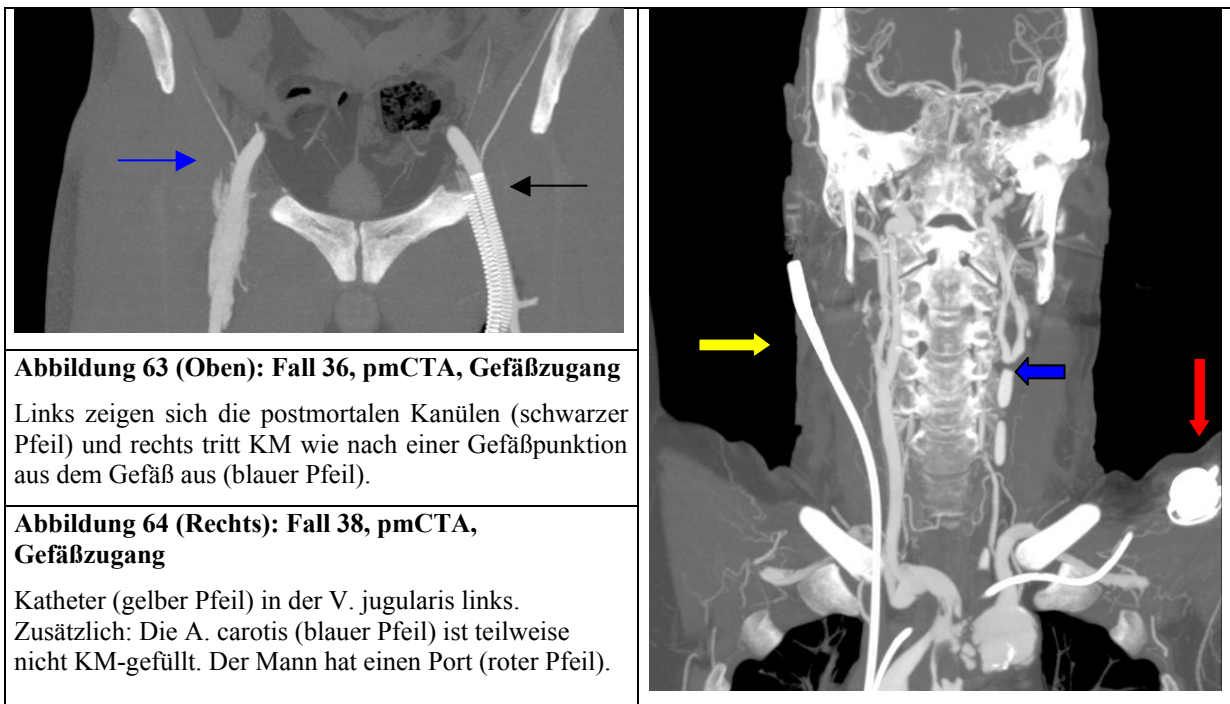
Besonders im Fall 33, bei dem die Knochenosteosynthese der Fibula im radiologischen Bericht nicht dokumentiert ist, deren genaue Position aber auch im CT sichtbar wäre (Alkadhi 2011), kommt es der pmCTA zugute, dass die postmortalen Bilder möglichen Nachuntersuchungen durch elektronische Konservierung (Zerlauth et al. 2013), dauerhaft zur Verfügung stehen.

Im Vergleich zur konventionellen Autopsie hat die pmCTA den generellen Vorteil, dass die Bilder jederzeit neu beurteilt werden können, also auch, nachdem der Leichnam verbrannt oder beerdigt wurde (Christine et al. 2013). Eine zweite Meinung zu jedem Fall kann auch nach Jahren eingeholt werden (Bolliger et al. 2008). Da in der Sektion bei der Präparation Material zerstört wird (Roberts et al. 2012), kann dieses später nicht erneut bewertet werden (Christine et al. 2013). Anders als die in der Datenbank gesicherten postmortalen Bilder (Zerlauth et al. 2013). Eine entsprechende, zeitliche

Archivierung, die zumindest klinische Kriterien erfüllen muss (Grethler 2011) ist Voraussetzung, sollte diese aber in Einzelfällen ggf. zeitlich noch übertreffen.

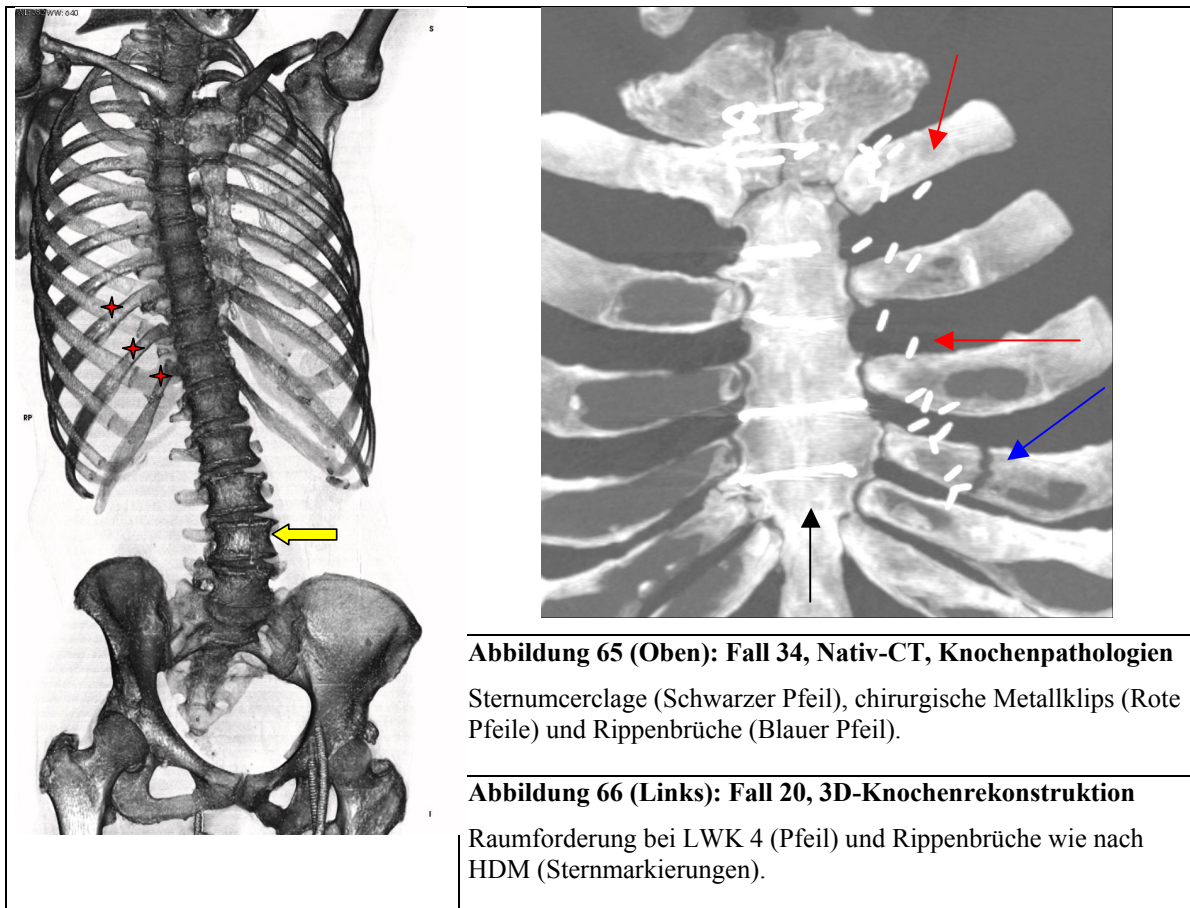
### 5.1.2 Darstellung von medizinischen Gefäßzugängen

Um ärztliche Interventionen vollständig nachzuvollziehen, ist auch die genaue Darstellung von medizinischen Gefäßzugängen sehr wichtig (Abb. 63 und 64). Zum einen können medizinische Gefäßzugänge direkt durch die radiologische Darstellung von Gefäßkathetern dokumentiert werden (Fall 38 mit Abb. 64). Zum anderen können Punktionsstellen durch einen KM-Austritt in der pmCTA (Fall 36 mit Abb. 63) visualisiert werden. Auch Lufteinlagerungen in den Geweben über dem Gefäß, (wie in Fall 3 und 4 radiologisch beschrieben) deuten auf eine zurückliegende Gefäßpunktion hin. Bei der Auswertung der Befunde zeigte sich deutlich, dass es bei noch liegenden Kathetern und Gefäßzugängen deutlich einfacher war, die dort vorhandenen Veränderungen zuzuordnen. Um eine Verwechslung mit einem KM-Austritt an postmortalen Punktionsorten wie z. B. in der Leiste zu vermeiden, sollten daher Punktionsnadeln, Katheter, Sonden, etc. während des Nativ-Scans und der pmCTA belassen werden um KM-Austritte zuordnen zu können. Dieser Eindruck deckt sich mit Feststellungen aktueller Literatur (Bruguier et al. 2013).



Da es durch medizinische Gefäßpunktionen auch zu lebensbedrohlichen Blutungen kommen kann (Fall 46 mit Entstehung eines Aneurysma spuriums nach Gefäßpunktion), kommt der korrekten radiologischen Dokumentation – auch zum Ausschluss solcher Komplikationen – eine große Bedeutung zu.

### 5.1.3 Knöcherne Pathologien nach medizinischen Interventionen



Eine große Stärke der Computertomographie ist die Darstellung von knöchernen Pathologien (Bolliger et al. 2008), weswegen die überlegene radiologische Darstellung von medizinischen Eingriffen auch vor allem Eingriffe an knöchernen Strukturen betrifft (Kap 4.2) (Heinemann et al. 2015).

Wie in Abbildung 57 dargestellt kann der z. B. Operations situs an der Wirbelsäule ohne großen Aufwand zweidimensional und dreidimensional rekonstruiert und dokumentiert werden. Es gibt Hinweise darauf, dass Knochenbrüche vor allem an schwer zugänglichen Präparationsstellen wie an der Wirbelsäule, dem Schulterblatt, dem Becken oder dem Schädel computertomographisch sogar genauer als in der Sektion dokumentiert werden (Christine et al. 2013). Brüche können in der Sektion übersehen werden, wenn kein Bluterguss oder eine

Dislokation auffallen (Poulsen und Simonsen 2007). Knochenfrakturen (Fall 8), Schädelfrakturen- und Eröffnungen (Fall 41) und Pathologien wie Wirbelsäulendegenerationen (z. B. Fall 1, 12, 17, 18) werden auch dann radiologisch dokumentiert und als Nebenbefund festgehalten, wenn sie nicht unmittelbar mit der Todesursache in Verbindung stehen (Raumforderung in Abb. 66). Reanimationsbedingte Rippen- oder Sternumfrakturen sind durch die postmortalen Nativaufnahme bei Fällen dieser Arbeit (z. B. Abb. 65 und 66) verlässlich darstellbar, was auch in der Literatur bestätigt wird (Christe et al. 2010; Schulze et al. 2013). Das ist einerseits sehr nützlich um Nachzuweisen, dass es zu diesen medizinischen Maßnahmen gekommen ist. Andererseits ist jedoch keine Aussage über Qualität oder Dauer der Reanimationsmaßnahmen möglich, denn die postmortale Bildgebung ist auch noch nicht als klinische Qualitätskontrolle anerkannt (Heinemann et al. 2015). Es ist aber möglich, durch die Analyse des Verteilungsmusters, reanimationsbedingte Verletzungen von anderweitigen bedingten Verletzungen zu unterscheiden (Schulze et al. 2013). Dies kann in Einzelfällen von erheblicher forensischer Konsequenz sein, beispielsweise bei der Frage nach Kindesmisshandlungen. Entsprechend den überlegenen Darstellungen von medizinischen Eingriffen an knöchernen Strukturen bei Fällen dieser Arbeit (Kap. 4.2), ist generell eine postmortale computertomographische Bildgebung zu empfehlen, um keine Pathologien zu übersehen. Dies deckt sich mit Empfehlungen aktueller Literatur und Ergebnissen der Multicenterstudie (Heinemann et al. 2013). Jedoch ist anzumerken, dass dafür kein Kontrastmittelverfahren notwendig ist, auch wenn der Nativscan Teil einer Kontrastmitteluntersuchung ist (vgl. Kap. 3.4).

#### 5.1.4 Gezielte Probeentnahme

Postmortale Bildgebungsmethoden können sich keiner histologischen, biochemisch oder toxikologischen Untersuchungen bedienen um eine Todesursache nachweisen (Underwood 2012; Roberts et al. 2012). Denn ein direkter Nachweis von Bakterien (Fall 5), einem Enzymmangel (Alpha 1-Antitrypsin in Fall 32) oder toxikologischer und entzündungsbedingter Marker (wie der Trypsase in Fall 15) ist durch die pmCTA nicht möglich (Heinemann et al. 2015). Bei Fällen, bei denen eine allergische oder infektbedingte Komplikation vermutet wird, kann jedoch zuvor eine sterile Probenentnahme erfolgen (Heinemann et al. 2013) ggf. jedoch die Indikation der pmCTA kritisch abgewogen werden, um den Untersuchungserfolg nicht zu gefährden.

Die pmCTA kann jedoch wie in Fall 5 hilfreich sein, um einen auffälligen Befund im Nativ CT steril bzw. kontaminationsfrei zu punktieren (Zerlauth et al. 2013) und das gewonnene Material

dann z. B. bakteriologisch zu untersuchen (Michaud et al. 2014). Die gezielte Punktion kann unter entsprechenden Vorbehalten, wie z. B. der Hautdesinfektion, durchgeführt werden, um eine Verunreinigung zu vermeiden und die Proben steril zu gewinnen (Palmiere et al. 2014). Ist - wie in Fall 14 - durch eine Infektion eine Wundrevision indiziert, kann die pmCTA zwar wie genannt den Infekt nicht nachweisen, kann aber durch den Ausschluss einer Blutung eine interventionstypische Komplikation ausschließen und somit einen wesentlichen Beitrag zur Klärung der Todesursache und der Kausalitätskette leisten.

Auch die CT-gestützte Urinprobengewinnung aus einer wenig gefüllter Blase kann durch genaue Blasenlokalisation leichter durchgeführt werden (Schneider et al. 2012). Um Artefakte wie Lufteinschlüsse durch die Probeentnahme zu reduzieren, sollte deren Indikation bei jedem Fall genau geprüft werden (Bruguier et al. 2013).

### 5.1.5 Vergleich mit antemortalen klinischen Bildern



**Abbildung 67: Fall 21, pmCTA, antemortales Kontrastmittel in der Blase**

Kontrastmittel in der Blase als Hinweise auf eine zu Lebzeiten erfolgte Kontrastmitteluntersuchung im Rahmen einer Herzkatheteruntersuchung.

Bei Todesfällen nach medizinischen Eingriffen existieren oft antemortale, d. h. in der Regel klinische CT-Aufnahmen (Roberts und Traill 2014). Dadurch ergeben sich zahlreiche Vergleichsmöglichkeiten, die für die Beurteilung hilfreich sein können. Hinweise auf kontrastmittelgestützte Bildgebung sind Kontrastmittelrückstände in Nieren, den ableitenden Harnwegen und der Blase (Abb.67) (Vogel et al. 2016). In der

Literatur wird der Rückstand von Kontrastmittel in den ableitenden Harnwegen auch als Zeichen als Ausmaß des Nierenversagens gewertet (Heinemann et al. 2015; Vogel et al. 2016). Anders als Robert et al. andeuten (Roberts und Traill 2014), ist eine postmortale Bildgebung jedoch auch bei Todesfällen nach Krankenhausaufenthalt vorteilhaft, da antemortal angefertigte Bilder oft vor der Obduktion nicht zur Verfügung stehen (Palmiere et al. 2012). Allgemein ist auch anzumerken, dass antemortale klinische Angaben zu den einzelnen Fällen zwar oft bereits Rückschlüsse auf die Todesursache liefern könnten (Michaud et al. 2012), jedoch auch diese vor der Sektion oder der pmCTA nicht immer vorliegen. Deswegen ist die Anwendung der pmCTA bei Todesfällen nach medizinischen Interventionen in jedem Fall zu prüfen (Kap 5.1 und 5.2).

Der Vorteil der pmCTA gegenüber einer Bildgebung zu Lebzeiten ist zudem, dass drei Angiographiephasen gescannt werden (Kap. 3.4) und somit mehr Bildmaterial für eine genauere Beurteilung zur Verfügung steht (Palmiere et al. 2012). Auch die Strahlenbelastung und Bewegungsartefakte spielen postmortal keine Rolle (Christe et al. 2010). In Fall 41 kann durch einen Vergleich der antemortalen und postmortalen Bilder weiter beurteilt werden, ob eine kraniale Blutung nach dem Sturzgeschehen schon antemortal auf der Röntgenaufnahme sichtbar war und ob weitere medizinische diagnostische oder therapeutische Maßnahmen indiziert gewesen wären.

## **5.2 Vorteile, Nachteile und Probleme der pmCTA**

Im Folgenden soll bewertet werden, warum Zusatzbefunde und überlegene Darstellungen von Komplikationen und Todesursachen der pmCTA meistens das Gefäßsystem betreffen (Tabellen 5-8). Zudem sollen allgemeine Vorteile und Nachteile der pmCTA bei der Darstellung von Komplikationen und Todesursachen bei Fällen dieser Arbeit diskutiert werden. Daraus ergeben sich auch weitere Anwendungsbereiche der pmCTA. Der unterlegene Nachweis von Pathologien solider Organe wie einer Myokardischämie durch die pmCTA (Tabellen 5 und 6) werden zudem bewertet. Artefakte, die die radiologische Beurteilung fehlleiten, erschweren oder unmöglich machen, werden außerdem anhand der Fälle dieser Arbeit differenziert dargestellt (Kap.5.2.5).

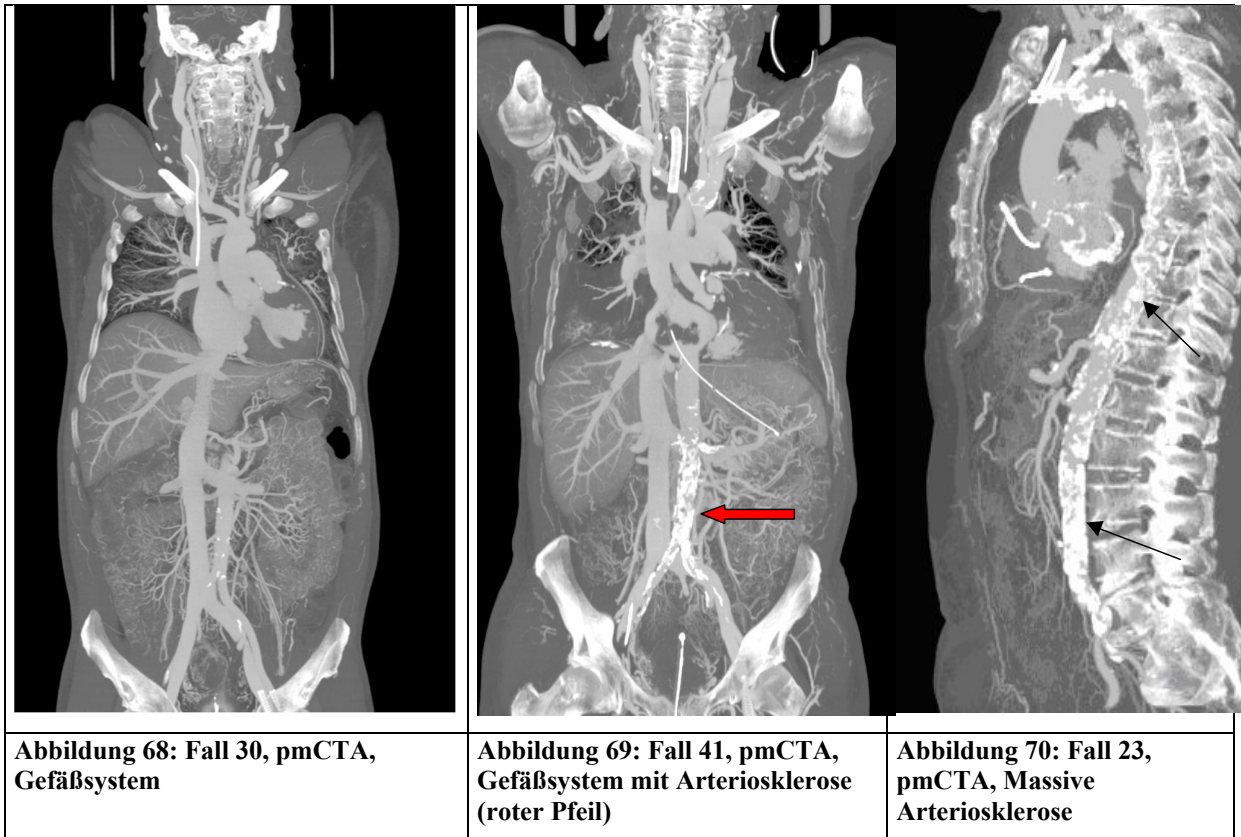
### **5.2.1 Gefäßdarstellung**

Da das Nativ-CT zum Protokoll der pmCTA gehört (Grabherr et al. 2011), sind dessen Vorteile auch Stärken der pmCTA. Schwächen der reinen Nativ-CT-Aufnahme werden dagegen durch die pmCTA ausglich (Christine et al. 2013). Da auch die kleinsten Gefäße dargestellt (Kap. 5.2.1.1) und dadurch Gefäßkomplikationen nach medizinischen Interventionen ausgeschlossen werden können (Kap. 5.2.1.2), erweist sich die Anwendung der pmCTA bei diesen Todesfällen als sehr vorteilhaft.

#### **5.2.1.1 Gefäßdarstellung des gesamten Gefäßsystems**

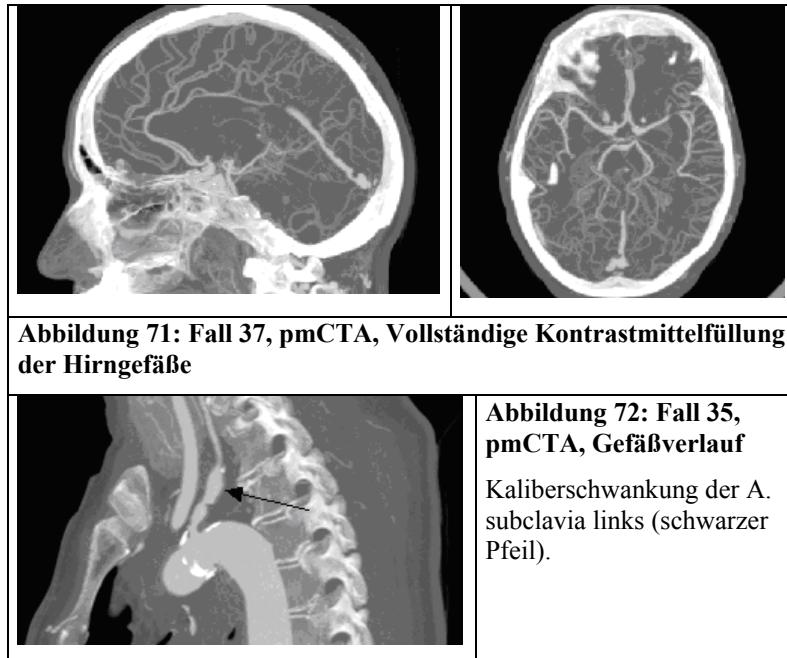
Das gesamte Gefäßsystem kann im Gegensatz zur reinen Nativ-CT-Aufnahme und zur konventionellen Autopsie durch die pmCTA komplett eingesehen werden (Abb. 68- 70). Dies bestätigt auch aktuelle Literatur (Grabherr et al. 2011). Durch das große Patientenkollektiv der Multicenterstudie VIRTANGIO mit einheitlichem Perfusionsprotokoll (Grabherr et al. 2011) wurden viele Daten bezüglich des Gefäßsystems gesammelt. Dieses Wissen kommt Fällen nach medizinischen Interventionen zugute, denn die Gefäßanatomie der großen Gefäße kann in ihrem genauen Verlauf bis zu den Kapillaren detailliert dargestellt werden (Filograna et al. 2013; Grabherr et al. 2008b) ohne dabei das umliegende Gewebe zu zerstören (Grabherr et al. 2014). In der Obduktion sind vor allem kleine Gefäße nicht immer vollständig darstellbar (Fall 42, bei dem ein kleines venöses Gefäß aufgrund dessen geringer Größe nicht weiter präpariert werden konnte). Pathologien können deswegen übersehen werden, was insbesondere dann problematisch ist, wenn diese Befunde wichtig für die Kausalitätskette sind und es sich wie in Fall 42 um die potenzielle Blutungsquelle handelt.





Natürliche Gefäßrisikofaktoren wie eine Arteriosklerose (Arastéh und Baenkler 2013) können durch die pmCTA einfach und genau dargestellt werden (Abb. 69 und 70). Gefäßanomalien (Grabherr et al. 2007) wie erweiterte Gefäße in Form von Magenvarizen in Fall 14, veränderte Gefäßverläufe wie nach einer Bypassoperation in Fall 34 oder Kaliberschwankungen von Gefäßen wie in Fall 35 (Abb. 72) fallen zudem auf den postmortalen Bildern auf. Abgetrennte Gefäße sind wie in Fall 27, bei dem die A. mesenterica inferior nach Kolonresektion abgebunden wurde, nicht kontrastiert und somit die Operation nachweisbar.

Kleine, intrakranielle Gefäße wie in Fall 37 (Abb. 71) können vollständig kontrastiert und beurteilt werden (Grabherr et al. 2012). All diese Befunde können bei der rechtsmedizinischen Beurteilung sehr hilfreich sein (Grabherr et al. 2007) und eine pmCTA ist deswegen bei Fragestellungen bzgl. des Gefäßsystems allgemein und im Besonderen nach Eingriffen direkt am Gefäßsystem zu empfehlen (Heinemann et al. 2013). Dies ergibt sich auch aus den Tabellen 5-8.

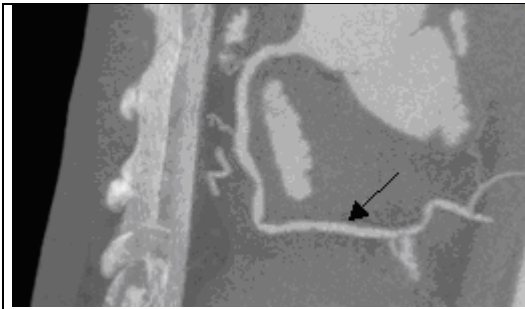


### 5.2.1.2 Ausschluss von Gefäßkomplikationen

Durch die postmortale Angiographie kann das Lumen von Koronargefäßen als auch die Durchgängigkeit von Stents oder Bypassgefäßen visualisiert werden (Abb.73-75). Dies zeigen auch andere aktuelle Arbeiten (Michaud et al. 2014). Insbesondere bei schwierig präparierbaren Gefäßen, beispielsweise Bypässe mit umfangreichen Verwachsungen, Restenosen und Stents scheint eine angiographische Darstellung einfacher (Vogel et al. 2013b). Inwiefern die postmortale Kontrastmittelperfusion eines Gefäßes einen Rückschluss auf die vitale Perfusion zulässt, wäre noch definitiv wissenschaftlich zu klären. Erste Arbeitsgruppen untersuchen dies bereits (Vogel et al. 2016; Vogel et al. 2013a).

Von besonderer Wichtigkeit ist die genaue Gefäßdarstellung v.a. bei Fällen, bei denen z. B. durch einen Angiographiekatheter direkt am Gefäßsystem gearbeitet wird und Gefäßkomplikationen wie ein Gefäßverschluss oder eine Gefäßverletzung möglich sind (Lapp und Krakau 2009; Zerlauth et al. 2013). Auch bei Fällen nach operativen Gefäßligaturen, kann durch die pmCTA einfach visualisiert werden, ob das Gefäß dicht verschlossen wurde oder nicht (z. B. Fall 6 mit insuffizienter Ligatur der A. splenica). Gefäßverletzungen als Komplikationen medizinischer Eingriffe können durch einen fehlenden Kontrastmittelverlust in der postmortalen Angiographie ausgeschlossen werden (z. B. Fall 5, 26, 30, 43). Der Ausschluss einer Blutungskomplikation gelingt dabei sowohl bei Venen (z. B. Fall 3, 5, 6, 12) als auch bei Arterien (z. B. Fall 21, 28, 40). Auch kleinste Gefäßlecks, die vielleicht in der Obduktion übersehen werden könnten, fallen somit auf (Tabelle 8).

Allgemein ist demnach eine pmCTA-Untersuchung empfehlenswert, wenn der Eingriff direkt am Gefäßsystem erfolgt, oder eine Gefäßkomplikation durch den Eingriff vermutet wird oder ausgeschlossen werden soll, was auch aktuelle Literatur unterstreicht (Vogel et al. 2013a; Vogel et al. 2013b; Vogel et al. 2016).



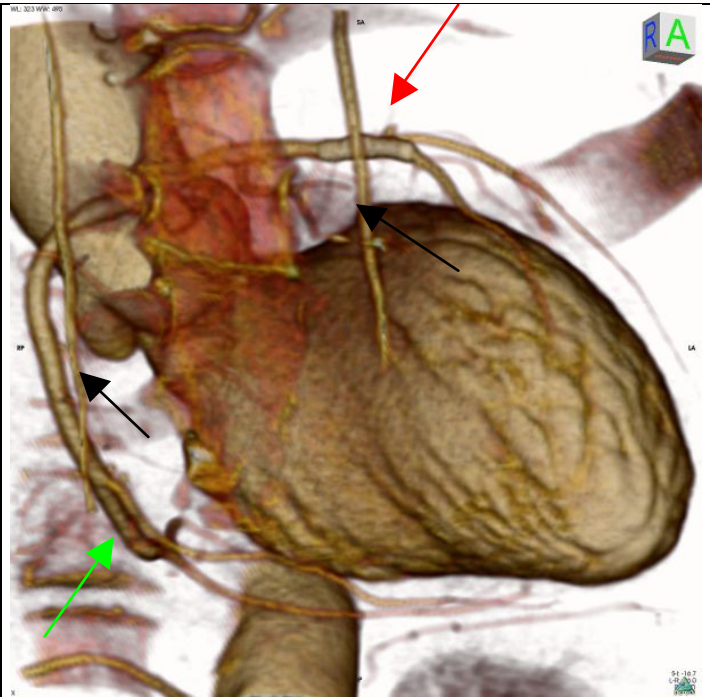
**Abbildung 73: Fall 36, pmCTA  
Kontrastmittelfüllung des RCX**

Der RCX ist vollständig KM-gefüllt und ohne Stenosen oder Kontrastmittelaussparungen wie bei einem Thrombus.



**Abbildung 75: Fall 40, pmCTA,  
Kontrastmittelfüllung der LAD**

Aus den Herzkranzgefäßen tritt kein Kontrastmittel aus.



**Abbildung 74: Fall 29, 3D-Rekonstruktion des Herzens mit  
Gefäßen**

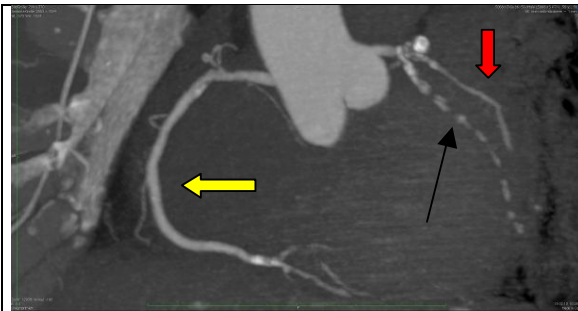
Ein Stent in der LAD (roter Pfeil), eine unauffällige RCA (grüner Pfeil) und die Aa. thoracica interna (schwarzer Pfeil) jeweils ohne Kontrastmittelverlust in der postmortalen Angiographiephase.

### 5.2.1.3 Anatomische Varianten und Umgehungskreisläufe

Die pmCTA ist bei der Beschreibung von anatomische Varianten wie einer Gefäßbifurkation der A. splenica in Fall 6 sehr hilfreich (Grabherr et al. 2007) und kann die todesursächliche Blutungsquelle somit identifizieren, die in der Sektion entgangen wäre. Die Darstellung und der Vergleich mit Normvarianten ist hierbei elegant und ein wichtiger Befund für die Kausalitätskette (Zerlauth et al. 2013). Die dargestellten Gefäßvarianten können aber auch als

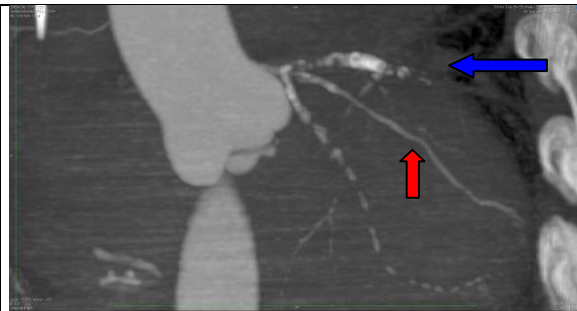
unauffällige Nebenbefunde in der pmCTA auffallen, wie in Fall 36, bei welchen zwei linken Aa. renalis dargestellt werden

Der Vorteil der pmCTA ist, dass auch die komplexe Koronararterienanatomie abgebildet wird und Anastomosen von Koronararterien visualisiert werden können (Fall 34 mit Abb. 41). Lebenswichtige Umgehungskreisläufe am Herzen sind darstellbar (Abb. 76 und Abb. 77). Diese vorteilhafte Gefäßdarstellung beschreiben auch Schweizer Forschungsgruppen (Michaud et al. 2014; Grabherr et al. 2007; Michaud et al. 2012). Umgehungskreisläufe im Abdomen (Fall 42 mit Abb. 78) und von Hirngefäßen (vgl. Fall 2 mit Aortendissektion, bei welchem in der dynamischen Phase die A. cerebri media über die A. ophtalmica und über die A. communicans anterior des Circulus arteriosus Willisi gefüllt wird), fallen zudem auf. Diese funktionellen Umgehungskreisläufe scheinen in der Sektion kaum darstellbar (Vogel et al. 2016). Deswegen scheint die pmCTA bei klinisch vorbekannten Gefäßvarianten oder bei Verdacht dieser von Vorteil und die Anwendung der pmCTA empfehlenswert (Abb. 76-78).



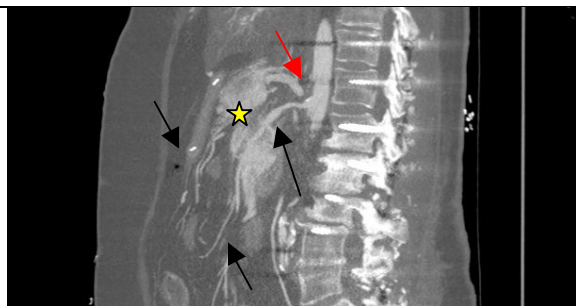
**Abbildung 76: Fall 30, pmCTA, Herzkranzgefäße**

Die RCA (gelber Pfeil) ist unauffällig und der RCX (schwarzer Pfeil) an mehreren Stellen verengt, der R intermedius (roter Pfeil) dient als Ersatzgefäß.



**Abbildung 77: Fall 30, pmCTA, Herzkranzgefäße**

Die LAD (blauer Pfeil) mit Stent, Stenosen und Verschluss, ein Ersatzkreislauf (roter Pfeil) wird in der pmCTA visualisiert.



**Abbildung 78: Fall 42, pmCTA, Pathologien der Bauchgefäße mit Umgehungskreislauf**

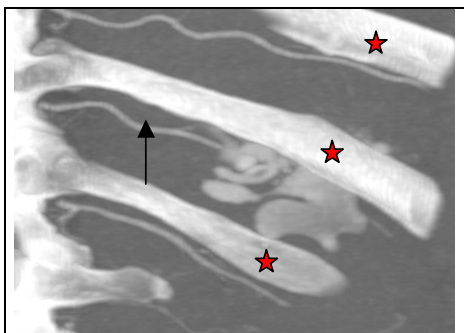
Der Abgang des Truncus coeliacus ist verschlossen (roter Pfeil), ein Kollateralkreislauf über die Gefäße im Bereich des Pankreas (schwarze Pfeile) werden bei einem ödematös verschatteten Pankreaskopf (gelber Stern) sichtbar.

## 5.2.2 Blutungen

### 5.2.2.1 Darstellung von Blutungen und Blutungsquellen

Bei Blutungsereignissen als Komplikation eines medizinischen Eingriffs erscheint die Anwendung der pmCTA eindeutig indiziert. Sowohl die Ergebnisse dieser Arbeit, als auch aktuelle Forschungsergebnisse (Christine et al. 2013; Palmiere et al. 2012; Heinemann et al. 2013) zeigen, dass die pmCTA eine Blutung genau identifizieren und vor allem auch lokalisieren kann (Abb. 79). Bezüglich der Lokalisation des genauen Ursprungs der Blutung zeigt sich sogar eine Überlegenheit gegenüber der Sektion (Tabelle 7 und 8), da in 12 von 33 Fällen (36 %) die Blutungsquelle nur in der pmCTA beschrieben wird.

Das ist vor allem der Fall, wenn es sich um Blutungen aus kleinen Gefäßen handelt (Tabelle 8), da in allen 8 Fällen mit Blutungen aus kleinen Blutgefäßen die Blutungsquelle allein durch die pmCTA identifiziert wird. Diese Überlegenheit scheint sogar im Vergleich zu klinischen CTA gegeben zu sein, da auch hier eine größere Sensitivität belegt worden ist (Palmiere et al. 2012; Grabherr et al. 2014). Es erscheint naheliegend, dass diese Überlegenheit durch die postmortal größere Invasivität –d. h. mehr Kontrastmittelvolumen und keine Strahlendosisbegrenzung (Christe et al. 2010)– bedingt ist.



**Abbildung 79: Fall 34, pmCTA, Blutung aus Interkostalarterie**

Blutung aus einer Interkostalarterie (Pfeile) zwischen den Rippen (Sternmarkierung). (Vogel et al. 2013b; Vogel et al. 2016)

Wenn Gefäße in Geweben wie z. B. der Lunge in der Sektion schwer verfolgt werden können (Fall 32) zeigt sich die pmCTA überlegen, was sich mit anderen Literaturstellen deckt (Grabherr et al. 2008a). Auch Blutungsquellen in schwer zugänglichen Körperregionen (Fall 42, Wirbelsäule) sind in der konventionellen Sektion schwer bzw. nur sehr aufwendig darzustellen (Villaverde et al. 2014).

Denn sobald in Bereichen kleinerer Gefäße oder ein Gefäßplexus präpariert wird, ist nachvollziehbar, dass diese nicht mehr suffizient darstellbar sind, um Defekte nachzuweisen (Fall 1). Hier erscheint das nichtinvasive Verfahren der pmCTA überlegen, was auch in der Literatur vermutet wurde (Christine et al. 2013; Palmiere et al. 2012). In der Sektion können starke Blutungen aus

den kleinen Gefäßen dann nur durch Hämatome, durch schwach ausgeprägten Totenflecken oder anhand blasser Organe vermutet werden (Palmiere et al. 2012). Die Erkenntnisse der pmCTA können auch genutzt werden, um den Fokus der Obduzenten auf bestimmte Stellen zu

lenken, um dort gezielt zu präparieren (Christine et al. 2013) und verstärkt nach den Gefäßrupturen zu suchen (Palmiere et al. 2013; Roberts und Traill 2014). Da die pmCTA sowohl das arterielle als auch das venöse Gefäßsystem in zwei Phasen visualisiert, kann zwischen einer arteriellen (Fall 3) und venösen (Fall 28) Blutung unterschieden werden (Heinemann et al. 2013), abhängig davon in welcher Phase Kontrastmittel austritt (Palmiere et al. 2012; Grabherr et al. 2011). Bei Antikoagulation sind multiple Blutungsquellen möglich und die pmCTA vorteilhaft (Heinemann et al. 2015).

Bei Blutungen aus großen und mittelgroßen Gefäßen liefern die pmCTA und die Sektion vergleichbar gute Ergebnisse (Tabelle 8), was daran liegen kann, dass diese in der Sektion leichter zerstörungsfrei zu präparieren sind. Eine mögliche Erklärung, warum in Fall 27 und 44 die Blutungsquelle aus einem mittelgroßen, venösen Halsgefäß nur in der Sektion beschrieben wird, ist eine unzureichende Füllung mit Kontrastmittel, auf die in 5.2.5.3 eingegangen wird.

#### 5.2.2.2 Blutungen als Komplikation medizinischer Interventionen



**Abbildung 80: Fall 26, pmCTA, Blutungsquelle aus Femoralarterie**

Am Gefäßstent in der linken A. femoralis (gelber Pfeil) tritt Kontrastmittel aus (schwarzer Pfeil).

Gefäßverletzungen mit Nachblutungen sind eine häufige Komplikation von medizinischen Interventionen (Largiadèr und Saeger 2007), besonders wenn wie z. B. in Fall 26 und 46 direkt an den Gefäßen z. B. in Form einer Katheteruntersuchung gearbeitet wird (Lapp und Krakau 2009). Ihre Beschreibung mit Identifizierung der genauen Blutungsquelle ist deswegen

von besonderer Wichtigkeit (Zerlauth et al. 2013), vor allem wenn die Blutung todesursächlich ist (Palmiere et al. 2012). Eine pmCTA ist in diesen Fällen ein starkes diagnostisches Hilfsmittel (Abb. 80), da die Blutungsquelle bereits vor der Sektion identifiziert werden kann (Zerlauth et al. 2013). Dadurch sind aufwendige Präparierschritte in der Sektion minimierbar, wie z. B. die Perfusion von Gefäßen mit Wasser (Zerlauth et al. 2013). In Fall 35 kann z. B. anhand der Hounsfield-Unit-Angaben bereits vor der Sektion ein Hämatothorax auf beiden Seiten identifiziert werden. Eine Quantifizierung der Blutung von 2,2 l in der Pleurahöhle (Fall 34) oder von 11500 ml im Abdomen (Fall 4) erfolgte dagegen nur in der Sektion. Aber Grabherr et al. (Grabherr et al. 2011) deuten an, dass anhand der Dynamik des Kontrastmittelaustritts aus Gefäßverletzungen ein Rückschluss auf die Verletzung gezogen werden kann. Wenn mehr

Erfahrung mit der pmCTA gewonnen worden ist, könnten diese Erkenntnisse in Zukunft eventuell auch für eine radiologische Quantifizierung des Blutverlustes herangezogen werden. Bei Verdacht einer Blutungskomplikation nach einer medizinischen Intervention ist eine pmCTA entsprechend der Ergebnisse dieser Arbeit immer empfehlenswert, vor allem wenn der Verdacht einer Blutung aus einem kleinen Gefäß besteht.

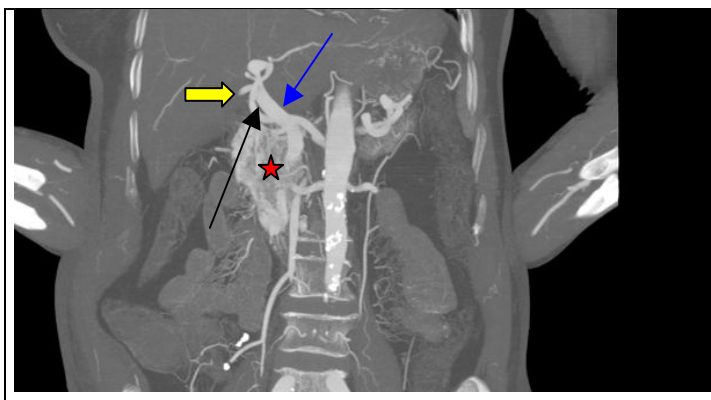
### 5.2.2.3 Aortenruptur

Kontrastmittelaustritt aus der Aorta, eine kollabierte Aorta und freies Blut in Brust- oder Bauchhöhle sprechen für eine Aortenruptur (Christe et al. 2010). Alle Todesfälle in dieser Arbeit mit Aortenruptur (Fall 16 mit Abb. 20 und 21 und Fall 39) konnten durch die pmCTA anhand dieser Kriterien eindeutig identifiziert werden. In beiden Fällen wurde direkt am Herzen oder Herznahen Gefäßen gearbeitet und eine direkte Gefäßverletzung durch die Eingriffe wurde vermutet.

Derzeit wird diskutiert (Roberts et al. 2012), ob bei Fällen, bei welchen die pmCTA die Todesursache - z. B. nach einer Aortenruptur - eindeutig identifiziert (Filograna et al. 2013), auf eine Autopsie verzichtet werden kann. Vorteilhaft wäre das vor allem bei Fällen mit Hepatitis C oder HIV infizierten Leichen (Fryer et al. 2012) oder in jüdischen und muslimischen Religionsgruppen, welche die Obduktion ablehnen (Roberts et al. 2012; Geller 1984). Die Feststellung einer solchen tödlichen Gefäßkomplikation ist auch für lebende Angehörige von Bedeutung, da z. B. das vererbare Marfan-Syndrom die Ursache sein kann (Christe et al. 2010) und nicht nur eine Komplikation eines medizinischen Eingriffs (Fall 16 und 39). Da es aber bei Todesfällen nach medizinischen Eingriffen nicht nur um die Identifizierung der Todesursache geht, sondern auch darum, Hinweise auf die auslösenden, kausalen Zusammenhänge zu sammeln (Meißner 2009; Zerlauth et al. 2013), scheint die Sektion derzeit auch bei einem eindeutigen Nachweis einer Aortenruptur nicht ersetzbar. Es mag zwar die rein juristische Frage nach Fremdverschulden zunächst mit einer pmCTA beantwortbar sein, aber keinerlei weitergehende, sich oft erst später ergebende Fragestellung ist hierüber lösbar. Daher ist solchen Ansätzen kritisch gegenüberzutreten. Die pmCTA dient aktuell der Ergänzung der gerichtsmedizinischen Obduktion und ist als Beweismittel zugelassen (Heinemann et al. 2013).

### 5.2.3 Gefäßpathologien

Kardiovaskuläre Krankheiten sind in den industrialisierten Nationen die häufigste Todesursache (Michaud et al. 2014). Auch bei Fällen nach medizinischer Intervention sind kardiovaskuläre Veränderungen von großer Wichtigkeit um den Todeshergang nachzuvollziehen, denn koronare Stenosen können genauso einen Herzinfarkt auslösen wie eine Koronarangiographie (Herold 2012). Umso mehr Erfahrungen mit diesen Gefäßpathologien gesammelt werden, umso leichter wird eine Differenzierung in Zukunft sein. Außerdem fallen manche kreislaufbelastende Gefäßveränderungen (Fall 29 mit Abb. 81, mit kreislaufbelastender AV-Fistel) teilweise nur radiologisch auf und spielen beim Todeshergang eine wichtige pathophysiologische Rolle. Bestehen klinische Vorbefunde bzgl. Gefäßpathologien, die mit dem Tod in Verbindung stehen könnten, ist eine pmCTA für deren Darstellung und zusätzliche Bewertung – auch zur Abgrenzung von Komplikationen des medizinischen Eingriffs - zu empfehlen.



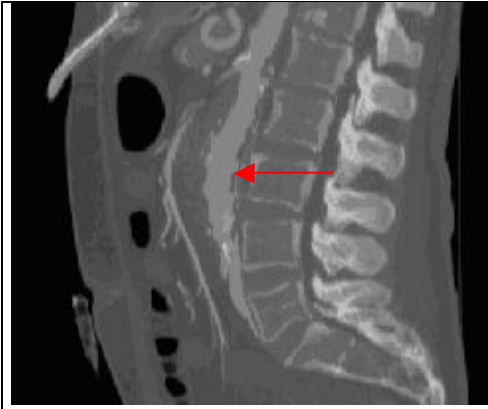
**Abbildung 81: Fall 29, pmCTA, Gefäßanomalie der Bauchgefäße**

Kreislaufbelastende Fistel (gelber Pfeil) zwischen der V. portae (blauer Pfeil) und der A. hepatica (schwarzer Pfeil) zeigt sich nur in pmCTA.  
Im Bereich des Pankreas tritt Kontrastmittel aus (roter Stern).

#### 5.2.3.1 Aneurysmata

Aneurysmata sind ähnlich wie in der klinischen Bildgebung in ihrer Lokalisation und Ausdehnung postmortal sehr genau darstellbar (Fall 16 mit Abb. 82 und Abb. 21). Das beschreiben auch andere aktuelle Arbeiten (Filograna et al. 2013). Die verschiedenen Arten von Aneurysmata sind durch die pmCTA differenzierbar: Ein Aneurysma verum in der Aorta abdominalis kurz über den Iliakalgefäßen (Fall 16), ein Aneurysma dissecans der Aorta ascendens (Fall 19) oder ein Aneurysma spurium in der Leiste (Fall 29 und 46) werden in Fällen dieser Arbeit mittels pmCTA dargestellt und differenziert. Eine tödliche Gefäßruptur- oder Dissektion eines Aneurysmas ist jederzeit - auch im Rahmen von medizinischen Eingriffen - möglich (Herold 2012) und ein Aneurysma spurium ist eine mögliche Komplikation nach einer medizinischen Gefäßpunktion (Rooke et al. 2007).





**Abbildung 82: Fall 16, pmCTA,  
Aneurysma verum der Aorta abdominalis**

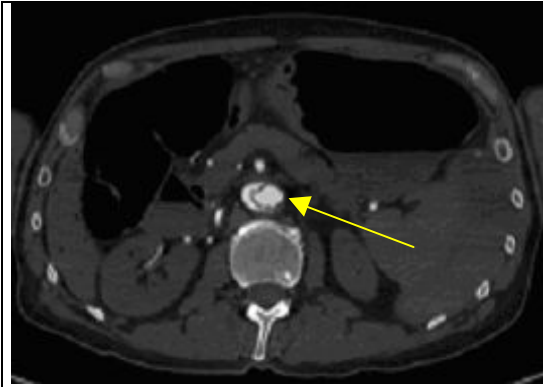
Die Bedeutung ihres einwandfreien Nachweises bei Todesfällen nach medizinischer Intervention wird somit klar. Ein Vorteil der pmCTA im Vergleich zur konventionellen Autopsie ist neben der genauen Visualisierung der großen, dilatierten Gefäße wie dem Truncus pulmonalis (wie radiologisch in Fall 4 beschrieben), die Darstellung von Aneurysmen an kleineren Gefäßen (wie intrakraniell in Fall 1) nahe einer Gefäßmissbildung. Diese können in der pmCTA besser als in der Sektion dargestellt werden (Zerlauth

et al. 2013). In Fall 1 stellt die Aneurysmadarstellung durch die pmCTA demnach einen wesentlichen Zusatzbefund dar (Tabelle 6). Bei Fragen nach Aneurysmata oder insbesondere kleinvolumigen Gefäßerweiterungen, kann die Durchführung der pmCTA aus oben genannten Gründen deswegen empfohlen werden (Heinemann et al. 2013).

Zu beachten ist jedoch, dass Gefäßdurchmesser radiologisch nur bei einem vollständig gefüllten Gefäßsystem verlässlich ausgemessen werden können, da eine unvollständige Kontrastmittelfüllung zu abgeflachten Gefäßen - vor allem der Aorta - führt (Grabherr et al. 2011). Ein bei der Beurteilung postmortaler Bilder erfahrener Radiologe ist demnach Voraussetzung um Fehldiagnosen zu vermeiden (Roberts et al. 2012).

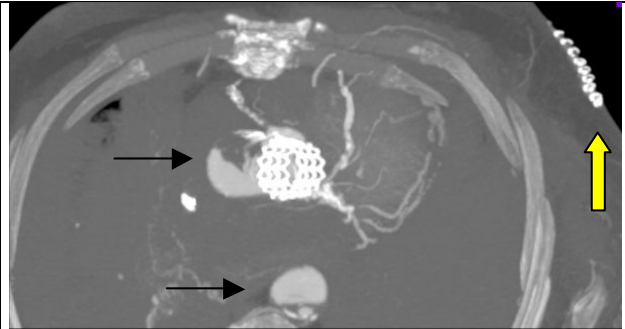
### 5.2.3.2 Aortendissektion

Die genaue Ausbreitung einer todesursächlichen Aortendissektion kann in allen Fällen dieser Arbeit dargestellt werden, bei welchen die Komplikation einer Aortendissektion vorlag (z. B. Fall 2, 19 und 25). Anhand der Bilder kann zudem eine Klassifikation des Dissektionstyp nach Stanford erfolgen (Herold 2012; Berger et al. 2013). In Fall 2 wird die Verlegung von Gefäßabgängen durch eine fehlende Kontrastierung postmortal sogar genauer als in der Sektion visualisiert und es können somit wichtige Hinweise auf die Schwere der Dissektion gewonnen werden. Die postmortale Bildgebung kann demnach eine gute Ergänzung bei der Darstellung einer Aortendissektion sein, es treten jedoch auch Artefakte auf. In Fall 26 (Abb. 83) wird z. B. der radiologische Verdacht einer Aortendissektion in der Sektion nicht bestätigt. In der Literatur wird diskutiert, ob eine starke Arteriosklerose zu radiologischen Fehleinschätzungen führen kann (Lardi et al. 2014).



**Abbildung 84: Fall 25, pmCTA,  
Bauchhorizontalschnitt, Aortendissektion**

Dissektionsmembran in der arteriellen Phase gut darstellbar (gelber Pfeil).



**Abbildung 83: Fall 26, Thoraxhorizontalschnitt  
pmCTA, postmortale Gefäßablagerungen**

Radiologischer Verdacht auf eine Aortendissektion (schwarzer Pfeil) wird in der Sektion nicht bestätigt. Chirurgische Klammern (gelber Pfeil) wie nach einer Thorakotomie.

Zudem sinkt nach dem Herzkreislaufstillstand das Blut in den Gefäßen ab (Dettmeyer und Verhoff 2011) und Leichengerinnsel (Cruor) können sich durch den fehlenden Blutfluss bilden (Gedigk 2013). In großen Gefäßen wie der Aorta kann sich das Kontrastmittel vor allem in der arteriellen Phase horizontal darüber schichten und muss als artifizielle Differenzialdiagnose bei unklaren Befunden in Betracht gezogen werden (Bruguier et al. 2013). Die Identifizierung von Artefakten erscheint vor allem erfahrungsabhängig (Fall 25 mit Abb. 84 und Fall 26 mit Abb. 83). Zeigt sich das Bild einer Dissektion in allen drei Angiographiephasen ist von einer tatsächlichen Dissektion auszugehen (Bruguier et al. 2013) und die mögliche Todesursache wird somit bereits vor der Sektion identifiziert. Es ist – in Zusammenschau der Befunde - zu empfehlen, weitere Erfahrungen mit der Darstellung von Gefäßdissektionen zu sammeln, um Fehlinterpretationen zu vermeiden.

### 5.2.4 Solide Organe

Eine Schwäche der Computertomographie ist der verminderte Kontrast in Weichteilen (Bolliger et al. 2008), deswegen werden Parenchymveränderungen von soliden Organen vor allem durch die rechtsmedizinische Obduktion beschrieben (Christine et al. 2013). Dies zeigt sich auch anhand einiger Fälle dieser Arbeit, denn Veränderungen an soliden Organen werden vor allem in der Sektion beschrieben (Kap. 5.2.4.1 und 5.2.4.2). Eine undifferenzierte Anwendung der pmCTA ist in Fällen mit Fragen nach primär parenchymatösen Veränderungen daher kritisch zu sehen, wie im Folgenden weiter diskutiert werden soll.

#### 5.2.4.1 Veränderungen solider Organe



**Abbildung 85: Fall 38, Leberrundherde**

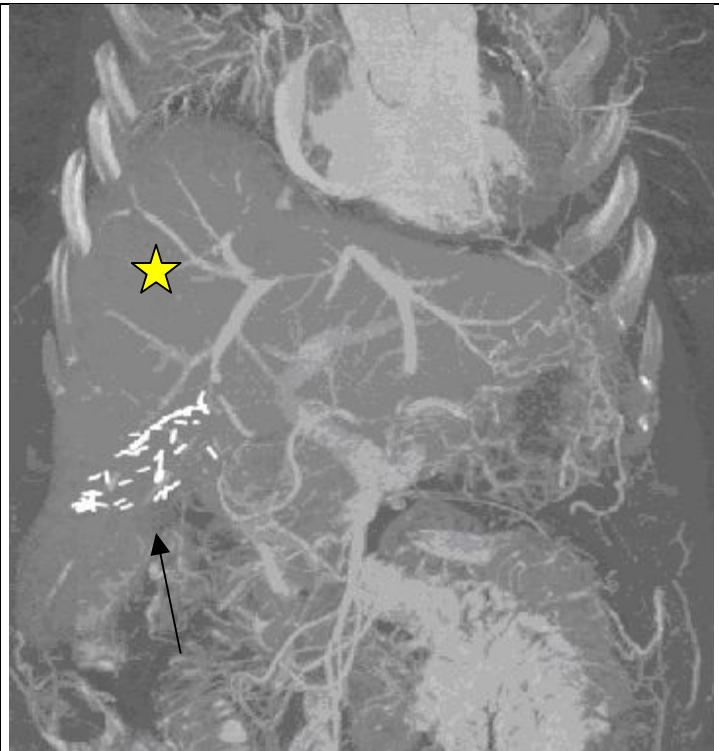
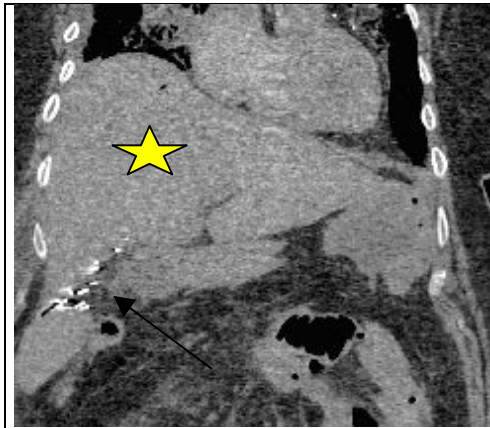
Die Leberrundherde werden in der Sektion als Zysten und nicht als Metastasen identifiziert.

Durch die Öffnung der Körperhöhlen während der Sektion (§ 87 StPO) wird eine direkte Sicht auf die Organe möglich und Verletzungen oder makroskopische Parenchymveränderungen können überlegen beschrieben werden (Westphal et al. 2014).

Ob Organe nach einer Operation entzündlich verändert (Fall 44) oder nach einem Herzversagen blutgestaut (z. B. Fall 19, 29,

40, 43) oder nach einer Blutung blass (z. B. Fall 6, 12, 15, 32, 39) sind, fällt deswegen nur in der Sektion auf. Radiologische Zeichen einer Blutstauung können Lungeninfiltrate (z. B. Fall 19, 43) und eine Erweiterung des rechten Ventrikels (Herold 2012) sein, die soliden Organe sind in diesen Fällen jedoch immer unauffällig beschrieben. Nachteil ist zudem, dass der rechte Ventrikel durch den postmortalen Kreislaufstillstand erweitert sein kann (Christe et al. 2010). Ein HU-Wert unter 55 HU im rechten Vorhof ist lediglich ein Hinweis auf eine blutungsbedingte Anämie, da es durch den Hämoglobin-Abfall zu einer Dichteabnahme kommt (Christe et al. 2010). Eine Abnahme der Durchmesser der Aorta und der Vena cava sprechen radiologisch für einen starken Blutverlust (Sogawa et al. 2014). Der Durchmesser kann sich aber auch postmortal verringern, z. B. wenn andere Organe auf die elastischen Gefäße drücken (Sogawa et al. 2014). Radiologische Veränderungen an soliden Organen nach Blutungskomplikationen sind jedoch in keinem Fall beschrieben und zeigen einen Untersuchungsbedarf für die kommenden Jahre an. Auch Schockorgane (z. B. Fall 27 und 26) fallen deswegen nur in der Sektion auf und sind radiologisch unauffällig beschrieben. Wie dargestellt, sind also die radiologischen Befunde nicht geeignet, mit der erforderlichen

Sicherheit eine relevante Blutung oder gar ein Verbluten anhand solider Organe zu diagnostizieren, da sie momentan immer nur als (wenn auch teilweise starke) Hinweise auf einen Blutverlust gewertet werden können, aber auch postmortale Artefakte dies bedingen können. Hier scheint die Sektion eindeutig überlegen.



**Abbildung 86: Fall 44, Leber (Stern) im Nativ CT (links) und in der Angiographie (rechts)**

Hyperdense Operationsklips in der Gallenloge (schwarzer Pfeil) nach Gallenblasenentfernung darstellbar, kein KM Austritt in diesem Bereich. Der Kontrast ist trotz des Kontrastmittels nicht ausreichend angehoben um genaue Aussagen über das Leberparenchym zu treffen.

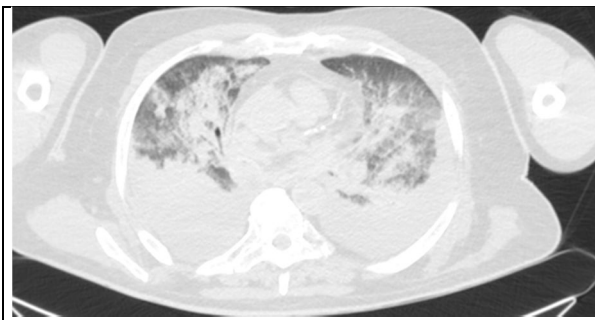
Wenn Organveränderungen im CT auffallen, sind diese jedoch teilweise schwer zu differenzieren. Die Leberumrundherde in Fall 38 (Abb. 85), können erstaunlicherweise erst in der Autopsie als Zysten identifiziert werden. Hier ist allerdings zu hinterfragen, wie profunde die Befundung durchgeführt wurde, wobei beschrieben ist, dass der Nachweis von kleinen Metastase durch die pmCTA fast unmöglich ist (Wichmann et al. 2014). Der Leberkapselriss in Fall 40 und die Leberuptur in Fall 8 werden durch die pmCTA unpräziser beschrieben wie in der Sektion. Das Problem der pmCTA besteht darin, dass es offenbar nicht möglich ist, den Organparenchymkontrast mit Kontrastmittel so zu erhöhen (Abb. 86), dass alle Pathologien zufriedenstellend darzustellen sind (Christine et al. 2013). Auch der Ausschluss einer Endokarditis gelingt deswegen in Fall 14 in der Sektion überlegen.

Einige morphologische Organveränderungen - wie Pankreasverkalkungen als Zeichen einer chronischen Pankreatitis (Herold 2012) – fallen auch computertomographisch auf (z. B. Fall 10, 12, 17), wie auch in der Literatur beschrieben (Westphal et al. 2014). Die operative Organentfernung, wie die Milz (Fall 6), kann durch die postmortale Bildgebung dokumentiert

werden. Die Visualisierung der Lungentumorausdehnung (Fall 37) ist zudem eine Stärke der pm-Computertomographie (Fryer et al. 2012). Die Ausdehnung eines Larynxkarzinoms hingegen gelingt radiologisch unterlegen (Tabelle 6). Wichmann et al. (Wichmann et al. 2014) beschrieben eine allgemeine Überlegenheit der Autopsie bei der Beschreibung von Tumoren. Zur besseren Darstellung von Organparenchym-Veränderungen wird die Anwendung der postmortalen Magnet-Resonanztomographie (MRT) diskutiert, welche jedoch vielen rechtsmedizinischen Instituten nicht zur Verfügung steht (Christine et al. 2013).

#### 5.2.4.2 Myokardinfarkt

Die pmCTA unterliegt bei Todesfällen nach Myokardinfarkt bei Fällen dieser Arbeit immer der Sektion (Kap. 4.2 und 4.3). Das deckt sich mit Ergebnissen in der Literatur, denn der direkte Nachweis einer Myokardnekrose durch Ischämie gelingt allein in der Sektion (Michaud et al. 2014), da sich diese computertomographisch nicht dargestellt (Charlier et al. 2012).



**Abbildung 87: Fall 21, Nativ-CT, Lungenfenster**

Pleuraergüsse und Lungenverscattungen wie bei einem Lungenödem nach Herzinfarkt.

Erste Forschungsergebnisse berichten zwar, dass ein myokardiales Kontrastmittel-Enhancement (Hounsfield-Einheit (HE) >100) in der pmCTA mit den Regionen eines Myokardinfarktes übereinstimmen (Michaud et al. 2012; Palmiere et al. 2013; Vogel et al. 2013a). Bei Fällen aus München und Berichten dieser Arbeit sind diese Enhancements jedoch nicht beschrieben.

Insofern sind diese Ergebnisse vorerst zurückhaltend zu bewerten. Radiologische Hinweise auf einen Herzinfarkt sind vielmehr Koronarstenosen- und verschlüsse (z. B. Fall 21, 30, 31) (Vogel et al. 2013b), wobei ein Verschluss durchaus auch als Todesursache diskutiert werden kann. Indirekte Zeichen einer kardialen Schädigung sind Lungeninfiltrate wie bei einer Lungenstauung oder Pleuraergüsse (Herold 2012), die bereits im nativen CT diagnostizierbar sind (Abb. 87). Auch eine Septum- oder Ventrikelruptur mit Hämoperikard können Folge einer Myokardischämie sein (Westphal et al. 2014) und sind in der pmCTA gut darstellbar (Fall 21 mit Abb. 26).

Aber das Alter von Infarktarealen, welches für die gerichtsmedizinische Untersuchung oft von großem Interesse ist, kann - wie in Fall 21 - nur autoptisch und histologisch eingeschätzt werden (Michaud et al. 2012). Auch scheint der Ausschluss eines zurückliegenden Myokardinfarktes lediglich in der gerichtsmedizinischen Sektion zu gelingen (Fall 18). Da wie oben dargestellt

von der pmCTA keine Zusatzbefunde bei Todesfällen nach einer Myokardischämie zu erwarten sind, ist in Abwägung der Kosten-Nutzen-Analyse (vgl. Kap. 5.2.6) von ihrer Anwendung abzuraten.

#### 5.2.4.3 Weichteile

Einige Weichteilveränderungen lassen sich bei Fällen dieser Arbeit computertomographisch relativ gut dokumentieren: Weichteilverletzungen nach medizinischen Eingriffen können durch Lufteinlagerung oder Gewebedefekte dargestellt werden (Fall 35 mit Abb. 43). Auffällig wird ein Hautemphysem radiologisch durch Lufteinlagerungen im Gewebe (z. B. in Fall 31 nach Anlage einer Bülow-Drainage), ein Gewebeödem durch eine Flüssigkeitseinlagerung (Fall 13) und Weichteilhämatome durch eine Infiltration von blutdichter Flüssigkeit (Fall 26 und 39). Hilfreich ist dabei die Dichtemessung nach Hounsfield um die Identität der Gewebeveränderung einzukreisen (Vogl et al. 2011). Eine hohe Sensitivität der pmCTA bei der Darstellung von Gewebehämatomen wird in der Literatur beschrieben (Christine et al. 2013). Ein Mediastinalshift im Sinne eines Spannungsthorax - wie in Fall 25 und 28 - kann nur in der pmCT dargestellt werden (Heinemann et al. 2015). Das Nativ-CT kann die Befunde der Sektion unterstreichen, wesentliche Befunde bzgl. Weichteilveränderungen sind jedoch meist nur im Obduktionsbericht beschrieben und auch das Kontrastmittel führt nicht zu einer besseren radiologischen Beurteilung der Weichteile (Abb. 86, Kap. 5.2.4.1). Dieses Wissen ist elementar um Fehldiagnosen bzgl. Weichteilveränderungen nach medizinischen Eingriffen zu vermeiden.

#### 5.2.5 Artefakte

Das Auftreten und die Bewertung von Artefakten in der pmCTA soll im Folgenden beschrieben werden. Die Autopsie ist dabei von besonderer Wichtigkeit um Fehldiagnosen durch Artefakte der pmCTA auszuschließen (Berger et al. 2013). Da aber immer mehr Erfahrungen mit Artefakten gesammelt werden und die bekannten Artefakte an gleichen Stellen reproduzierbar sind, wird ihre Interpretation – und somit die Anwendung der pmCTA - in Zukunft immer sicherer werden (Bruguier et al. 2013).

##### 5.2.5.1 Luftembolien

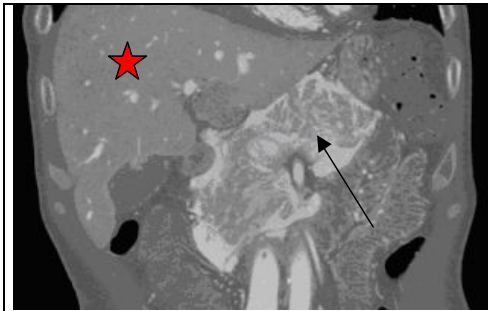
Der große Vorteil der postmortalen CT im Vergleich zur konventionellen Autopsie ist generell die Darstellung von Luft (Egger et al. 2012a). Der Nachweis von Luft z. B. im Herzbeutel bedarf in der Autopsie einer besonders aufwendigen Untersuchungstechnik, bei der zunächst –

ohne Verletzung großer Gefäße - das Herz präpariert und das Perikard mit Wasser gefüllt wird und dann auf Luftblasenaustritt bei Ventrikelpunktion geachtet wird (Egger et al. 2012b). Der Versuch ist kaum zu wiederholen, bei kleineren Gefäßen zudem schwer zu realisieren und auch eine Quantifizierung der Luftmenge ist autoptisch nicht möglich. Auf CT-Bildern sind Gasansammlungen aufgrund des hervorragenden Kontrastes (Bolliger et al. 2008) auch bei Fällen dieser Arbeit sicher und problemlos darstellbar. Allerdings ist anzumerken, dass der Nachweis von Luft bereits im nativen CT gelingt (Vogel et al. 2013a).

Der Ursprung einer Luftembolie ist vor allem nach medizinischen Eingriffen durch die postmortale Bildgebung nicht immer leicht zu identifizieren: Bei Luft im Gefäßsystem stellt sich die Frage, ob diese antemortal z. B. durch eine medizinische Katheterintervention (Fall 30), eine vermeintliche Gefäßpunktion (Fall 8 oder 24), eine Gefäßverletzung (Fall 31) oder durch Wiederbelebensmaßnahmen (Gebhart et al. 2012) entstanden sind. Oder ob es zu postmortaler Gasbildung durch Fäulnisprozesse (Gebhart et al. 2012; Christe et al. 2010) wie in Fall 13 gekommen ist. Luftembolien können auch durch die pmCTA entstehen (Grabherr et al. 2007). Die Unterscheidung fällt in vielen Fällen noch schwer, ist jedoch Thema vieler Forschungsgruppen, die versuchen antemortale und postmortale Luftbildung zu differenzieren: Fäulnisbedingte Gasentstehung zeigt sich in Arterien und Venen gleichermaßen (Egger et al. 2012b) und manifestiert sich meist zuerst in großen Gefäßen (Christe et al. 2010), im rechten Herzen und in der Leber (Egger et al. 2012b). Asymmetrische Gasverteilung spricht eher für Gefäßverletzungen (Gebhart et al. 2012). Der Ursprung von Gas in Koronararterien ist a. e. eine Gefäßverletzung oder eine Katheterintervention (Vogel et al. 2013a). Ein radiologischer Verwesungsindex, der den Verwesungsgrad anhand von Gasbildung in Geweben und Gefäßen angibt (Egger et al. 2012a), kann neben der Gaslokalisationen (Egger et al. 2012b) und unter Berücksichtigung der klinischen Fallangaben (Gebhart et al. 2012) helfen, Rückschlüsse auf die Entstehung der Luftembolie zu ziehen. Die Erfassung dieser Gasverteilung ist – wie dargestellt - autoptisch dagegen nicht möglich. Damit es in Fällen nach medizinischen Interventionen zu einer richtigen Befundinterpretation von Luft kommt, ist das differenzierte Wissen um die oben beschriebenen Ergebnisse elementar. Bei Verdacht auf iatrogene Luftembolien wird wegen des guten Nachweises eine postmortale Bildgebung aktuell empfohlen (Heinemann et al. 2013).

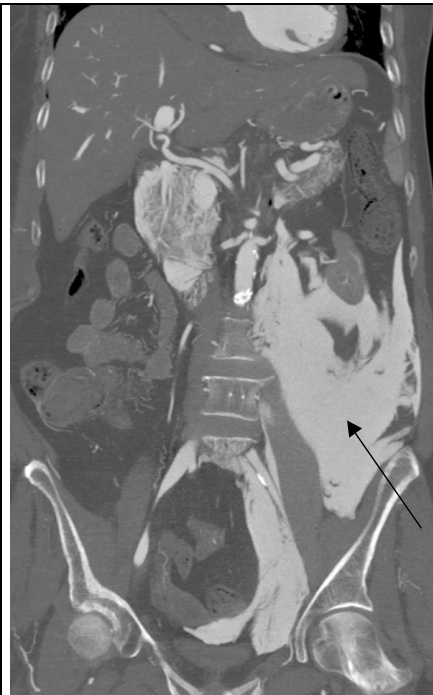
### 5.2.5.2 Verwesungsbedingte Kontrastmittelaustritte

In 13 der 46 Fällen<sup>1</sup> (28 %) kommt es im Rahmen der postmortalen Angiographie zum Kontrastmittelaustritt im Bereich des Pankreas, der Milz, der Nieren, des Darms oder des Magens (Abb. 88-90). In der Literatur ist ein fäulnisbedingter KM-Verlust vor allem im Abflussgebiet der mesenterialen und portalen Venen, am Darm, Pankreas und den Nebennieren beschrieben (Charlier et al. 2012).



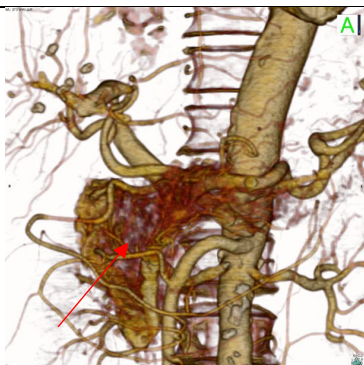
**Abbildung 88: Fall 20, pmCTA, peripankreatischer Kontrastmittelverlust**

Kontrastmittelansammlung in der Pankreasloge (schwarzer Pfeil), die Leber zeigt sich unauffällig (Stern).



**Abbildung 89: Fall 29, pmCTA, Kontrastmittelverlust aus Nierengefäß**

Kontrastmittelaustritt im Bereich der linken Niere (schwarzer Pfeil).



**Abbildung 90: Fall 29, 3D Rekonstruktion von Blutgefäßen im Bereich des Pankreas**

Im Bereich um das Pankreas tritt KM aus dem Gefäßsystem (roter Pfeil).

Eine Erklärung ist die fäulnisbedingte, gesteigerte Gefäßpermeabilität und die autolytischen Organveränderungsprozesse (Chevallier et al. 2013). In manchen Fällen (Fall 17) sind die Organe im rechtsmedizinischen Bericht auch autolytisch oder fäulnisverändert beschrieben, was diese Theorie unterstreicht.

<sup>1</sup> Fall: 1, 9, 13, 17, 20, 21, 26, 28, 29, 31, 37, 40, 42



Die verwesungsbedingten Artefakte erschweren eine forensische Beurteilung (Fall 31) oder machen diese durch Infiltrate (Fall 17) teilweise unmöglich. Fäulnisbedingte Luftansammlung in den Gefäßen sind differenziert zu beurteilen (Fall 13 und Kap.5.2.5.1). Eine vorsichtige Befundinterpretation durch die Radiologen ist deswegen geboten (Egger et al. 2012a) und toxikologische Proben bei vorangeschrittener Fäulnis aus dem Magen vor der pmCTA zu entnehmen (Bruguier et al. 2013).

Als mögliche Lösung des Problems wird eine Viskositätserhöhung des Angiographie-Kontrastmittels diskutiert (Chevallier et al. 2013). Durch eine hohe Viskosität kommt es in den Kapillaren, welche zuerst von postmortalen Veränderungen mit Gefäßdefekten betroffen sind, zu fettigen Mikroembolien, was Kontrastmittelaustritte verhindert (Grabherr et al. 2008a). So kann das postmortale Intervall, in dem kein Kontrastmittel aus den Gefäßen austritt, verlängert werden (Grabherr et al. 2008a). Über arteriovenöse Gefäßshunts kann das venöse Gefäßsystem trotzdem durch das arterielle gefüllt werden (Grabherr et al. 2012). Wird das röntgendichte Kontrastmittel dagegen stärker verdünnt, tritt das Kontrastmittel auch in kleine Gefäße wie Kapillaren und kontrastiert deren Lumen (Grabherr et al. 2008b). Der obere Gastrointestinale Trakt ist häufiger von den fäulnisbedingten Veränderungen betroffen und ein alleiniger Kontrastmittelaustritt in der Angiographie ohne Hinweise auf eine Blutung im Nativ-CT in diesen Bereichen ist als Artefakt zu werten (Bruguier et al. 2013). Bei starker Fäulnis sollten diese Artefakte beachtet werden oder auf eine pmCTA verzichtet werden, um Fehldiagnosen zu vermeiden.

### 5.2.5.3 Kontrastmittelfüllungsfehler

In 22 der 46 Fälle<sup>2</sup> (48 %) ist eine unvollständige Kontrastmittelfüllung des Gefäßsystems dokumentiert. Betroffen sind vor allem Venen (z. B. Fall 8, 9, 10), intrakranielle Gefäße (Abb. 92-95), Lungengefäße (vgl. auch Kap. 5.3.8.4) und Koronararterien (z. B. Fall 6, 12, 24, 37). Diese Lokalisationen decken sich auch mit den in der Literatur genannten Gefäßen, welche oft schlecht kontrastiert sind (Bruguier et al. 2013; Grabherr et al. 2011).

Hierfür sind folgende mögliche Ursachen zu diskutieren: Große Gefäßrupturen mit massiven Kontrastmittelaustritten wie bei einer Aortenruptur (Fall 16 oder 39), können zu Füllungsfehlern führen (Michaud et al. 2012), da durch den Austritt von Kontrastmittel in den nachgeschalteten Gefäßen scheinbar kein ausreichender Perfusionsdruck mehr realisierbar ist.

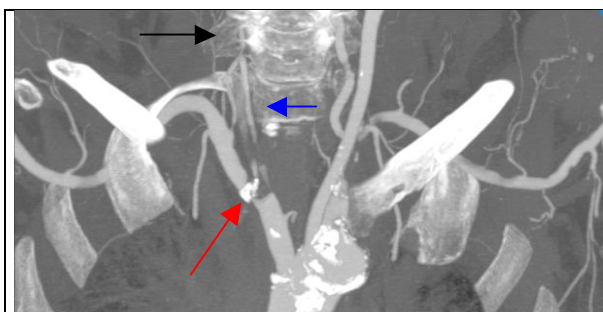
---

<sup>2</sup> Fall: 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 17, 21, 24, 27, 31, 32, 34, 37, 38, 41, 42, 44, 45

Das Kontrastmittel geht in die Körperhöhlen verloren (Christe et al. 2010) und fehlt dann um z. B. die kranialen Gefäße zu füllen. Aber auch kleinere Gefäßrisse können offenbar zu Füllungsfehlern von distalen Gefäßen führen: In Fall 7 ist die A. carotis externa sinistra verletzt und die A. carotis interna links zeigt eine insuffiziente Kontrastierung. Auffällig ist in diesem Fall weiterhin, dass es darüber hinaus auch zu einer unvollständigen Darstellung von Hirnvenen gekommen ist. Dies kann hierbei ggf. durch den hier im Bereich der Tonsillen durchgeführten operativen Eingriff erklärt werden, bei dem zahlreiche Gefäße ligiert wurden (Fall7).

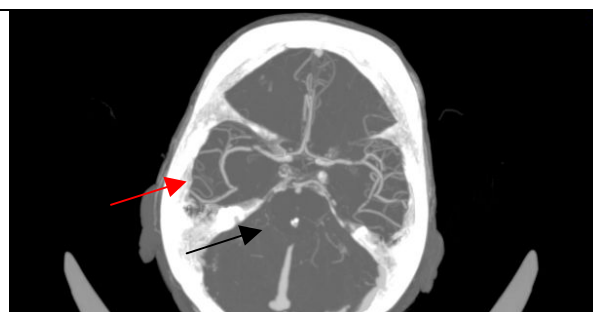
Im Rahmen von Gefäßstenosen kann das Gefäßvolumen nicht vollständig kontrastiert sein und auch nach dem stenosierten Gefäß kann es durch den verminderten KM-Fluss zur Minderkontrastierung kommen (Abb. 91). Gefäßstenosen müssen immer in verschiedenen Aufnahmeebenen verifiziert (Baenkler 2001) und derartige KM-Aussparungen differenziert beurteilt werden. Nach einer ersten, systematischen Befundung in mehreren Ebenen und Phasen wird eine sekundäre Überprüfung der Prädilektionsstellen empfohlen, um falsch positive oder negative Befunde zu vermeiden (Alkadhi et al. 2013) und um Gefäßstenosen von anderen Ursachen wie von Kontrastmittelfüllungsfehlern abzugrenzen.

Auch eine Aortendissektion (Kap. 5.2.3.2) kann zur Verlegung von Gefäßabgängen führen, diese Gefäße sind dann nicht oder insuffizient mit KM gefüllt (Fall 2).



**Abbildung 91: Fall 44, pmCTA, Füllungsfehler thorakaler Gefäße**

Stenosen des Truncus brachiocephalicus (roter Pfeil) und der A. carotis communis dextra (blauer Pfeil) sind neben Kollateralgefäßen um die A. carotis visualisiert (schwarzer Pfeil).

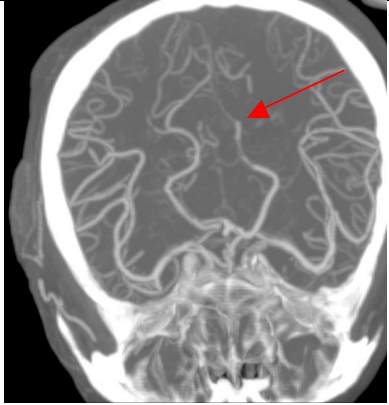




**Abbildung 92: Fall 44, pmCTA, Füllungsfehler kranialer Gefäße**

Eine unvollständige KM-Füllung der A. cerebri media (roter Pfeil) und A. cerebri posterior (schwarzer Pfeil) stellt sich dar.

In Fall 11 ist der Füllungsdefekt der Gehirngefäße eventuell auf die Abweichung vom Standardprotokoll (Grabherr et al. 2011) bei einem Kind mit geringerem Körpervolumen zu erklären, da es für Kinder bisher noch kein einheitliches pmCTA-Protokoll gab. Erste Forschungsgruppen befassen sich jedoch bereits mit diesem Problem (Chevallier et al. 2015). Auch durch einen intrakraniellen Druckanstieg (Fall 41 mit Abb. 95) scheint der

Perfusionsdruck der volumengesteuerten Virtangio-Pumpmaschine nicht auszureichen um die Gefäße ausreichend mit KM zu füllen (Heinemann et al. 2015). Somit kann auch keine Blutung durch einen KM-Verlust nachgewiesen werden (Fall 41). Dabei stellt sich die Frage, welche Drücke generell für das Befüllen des arteriellen und venösen Gefäßsystem notwendig sind, um eine befriedigende Gefäßdarstellung zu erzielen. Dies sollte Gegenstand zukünftiger Forschungen sein, um auch eine druckgesteuerte KM-Füllung und damit ggf. optimalere Darstellung zu erreichen. Eine unvollständige Kontrastmittelfüllung kann außerdem Folge eines stenosierenden, arteriosklerotischen Plaque oder eines postmortalen bzw. antemortalen Thrombus sein (Michaud et al. 2012; Palmiere et al. 2013).

		
<p><b>Abbildung 93: Fall 38, pmCTA, Füllungsfehler kranialer Gefäße</b></p> <p>Zerebrale Gefäße sind unvollständig KM gefüllt (roter Pfeil).</p>	<p><b>Abbildung 94: Fall 38, Hirnparenchym im Nativ CT</b></p> <p>Das Hirnparenchym ist bei unvollständig KM-gefüllten Hirngefäßen im Bericht jedoch unauffällig beschrieben.</p>	<p><b>Abbildung 95: Fall 41, pmCTA, Füllungsfehler kranialer Gefäße</b></p> <p>Füllungsfehler der kranialen Arterien (schwarzer Pfeil) bei einem intrakraniellen Druckanstieg.</p>

Zum Beispiel in Fall 21, 31 und 45 sind die Füllungsfehler der Koronararterien mit einer Koronarthrombose verbunden und wären somit kein Artefakt, sondern der wegweisende Befund in diesen Fällen. Ein postmortales Gerinnsel kann jedoch auch das Bild einer Stenose mit Kontrastmittelaussparung vortäuschen (Grabherr et al. 2011). Deswegen ist stets auf eine vorsichtige Befundinterpretation zu achten. Insbesondere die Befundung aller drei Phasen der pmCTA spielt hier eine Rolle, obwohl die Unterscheidung von antemortalen und postmortalen Thromben noch schwer gelingt und Inhalt aktueller Forschung ist (Bruguier et al. 2013). Trotz der niedrigen Flussgeschwindigkeit und des niedrigen Perfusionsdruckes (Michaud et al. 2012), besteht die Gefahr, dass Thromben durch Kontrastmittel verschleppt werden (Palmiere et al. 2013). Gemäß Roberts et al. (Roberts et al. 2011) zeigen sich postmortale Thromben jedoch vor allem in großen Gefäßen wie der Aorta und z. B. selten in Koronararterien. Mit diesem

Wissen ist eine Differenzierung der Füllungsfehler radiologisch leichter möglich, scheint aber auch wesentlich vom Erfahrungsgrad des Radiologen abhängig (Roberts et al. 2012). Hier ist zu fordern, dass der Radiologe über grundlegende Kenntnisse postmortaler Bildgebung und Veränderungen des Blutes verfügt (Wichmann et al. 2014).

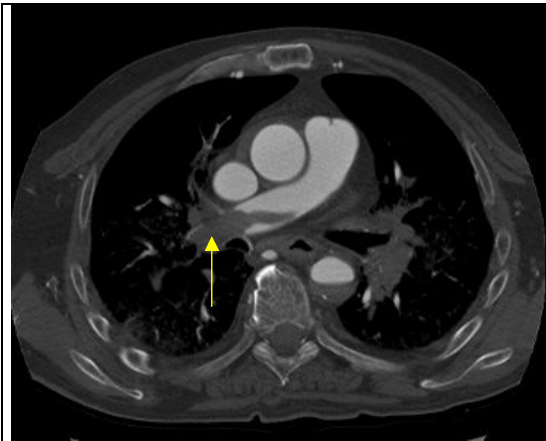
Auch die Leichenparameter scheinen einen Einfluss auf den Zustand der Gefäßfüllung zu haben, da ein hoher Body Mass Index (BMI) mit vermehrten Füllungsfehlern korreliert (Bruguier et al. 2013). In dieser Hinsicht bleibt weiter zu untersuchen, ob das Standardprotokoll von Grabherr (Grabherr et al. 2011) bei einem größeren oder auch kleineren Körpervolumen- und Gewicht anzupassen ist, um diese Artefakte zu vermeiden (Wichmann et al. 2014).

Das Blutvolumen kann abhängig vom Körpergewicht bei erwachsenen Menschen schwanken (Rein et al. 2013). Wegen dieser Variabilität des menschlichen Körpers und da noch wenig über den venösen Pool bei Leichen und das dehnungsabhängige Fassungsvermögen des arteriellen Gefäßsystem bekannt ist, sollte das Gefäßsystem mithilfe der pmCTA im Rahmen von Studien weiter untersucht werden, um aus den gewonnenen Daten die Methode zu verbessern und Artefakte zu reduzieren (Bruguier et al. 2013). Denn folgende Probleme von unvollständiger Kontrastmittelfüllung sind zu bedenken:

Nur ein vollständig gefülltes Gefäßsystem kann radiologisch verlässlich interpretiert werden, da es sonst zu Fehldiagnosen kommen kann (Grabherr et al. 2011). Blutungen aus nicht kontrastierten Gefäßen, vor allem aus kleinen Gefäßen, können sonst leicht übersehen werden (Grabherr et al. 2007). Nachteilhaft ist dies besonders dann, wenn Gefäße im Operationsgebiet, wie in Fall 32 an der Herzspitze nach einer TAVI, betroffen sind. In Fall 27 und 44 wird die Blutungsquelle aus jeweils einer Halsvene lediglich in der Sektion beschrieben, da vermutlich in beiden Fällen ein Kontrastmittelaustritt an dieser Stelle wegen Minderkontrastierung des Gefäßes radiologisch nicht aufgefallen ist.

In Fall 42 ist jedoch die Identifizierung der Blutungsquelle trotz Füllungsfehler anderer Gefäße im Operationsgebiet an der Wirbelsäule möglich. Generell wird zur Reduktion von Füllungsfehlern ein stetiges und langsames Füllen empfohlen (Grabherr et al. 2007) und daneben wird ein BMI-angepasstes Füllvolumen diskutiert (Bruguier et al. 2013). Wie oben genannt, ist über ein angepasstes, einheitliches Protokoll für Kinder bzw. für Menschen mit kleinerer Körpergröße oder vermehrter Körpermasse- oder Größe nachzudenken (Chevallier et al. 2015).

#### 5.2.5.4 Lungenarterienembolien (LAE)



**Abbildung 96: Fall 33, pmCTA, LAE**

Kontrastmittelaussparung in der A. pulmonalis rechts (gelber Pfeil), die in der Sektion als LAE bestätigt wird.

Eine tiefe Beinvenenthrombose mit Lungenarterienembolie zählt zu den allgemeinen, postoperativen Komplikationen (Largiadèr und Saeger 2007) und radiologische Hinweise auf eine LAE sind z. B. Kontrastmittelaussparungen in der A. pulmonalis (Born et al. 2006; Alves et al. 2014). Eine zentrale Gefäßerweiterung vor einem fokalen Kontrastierungsfehler deuten zudem auf einen Thrombus (Charlier et al. 2012). Die Dilatation des rechten Herzens ist ein unspezifisches, indirektes Zeichen für eine LAE (Born et al. 2006), wobei der rechte Vorhof

wegen des postmortal sistierenden Blutflusses meistens erweitert ist (Christe et al. 2010). Der sichere radiologische Nachweis einer LAE (Abb. 96) als mögliche Todesursache nach medizinischen Eingriffen ist zur späteren Beurteilung der Kausalitätskette anhand dieser Kriterien sehr relevant, die radiologischen Ergebnissen waren jedoch denen der Sektion beim Nachweis einer LAE unterlegen und gerichtsmedizinische Zusatzbefunde betrafen oft LAE (Kap. 4.2. und 4.3). Das deckt sich mit Ergebnissen einiger Forschungsgruppen, bei denen der Nachweis einer LAE durch die pmCTA unzuverlässig ist (Roberts et al. 2012; Michaud et al. 2012; Grabherr et al. 2011; Bruguier et al. 2013). Weiter Untersuchungen zur Anwendung der pmCTA bei Fällen mit Verdacht auf eine LAE sollten deswegen angestrebt werden.

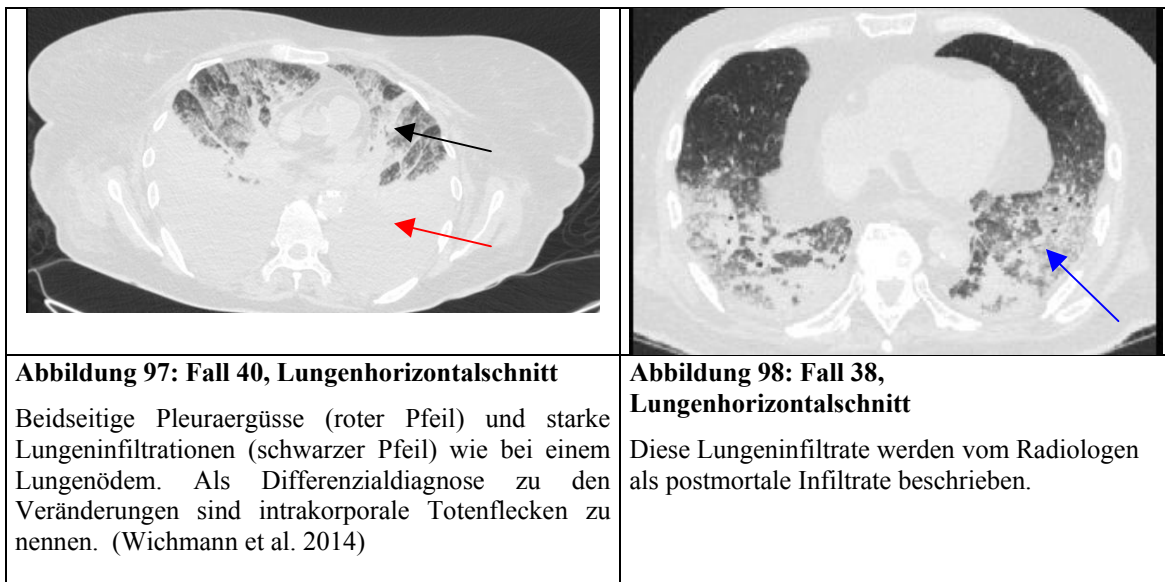
Blut sinkt nach dem Herzkreislaufstillstand in den Gefäßen ab (Dettmeyer und Verhoff 2011) und kann als vitaler Thrombus fehlinterpretiert werden (Charlier et al. 2012), was zu falsch positiven Befunden in der pmCTA führt (Fall 45 und 35). Möglich erscheint somit eine Embolisation postmortaler Gerinnsel oder eine lokale Bildung postmortaler Gerinnsel in der Lungenstrombahn (Bruguier et al. 2013; Palmiere et al. 2013). Diese Artefakte treten vor allem in Fällen mit langer Sterbephase und dann in vielen Gefäßen auf (Bruguier et al. 2013). Ein Grund für falsch negative Dokumentation von Fall 22 und Fall 23 könnte sein, dass der Thrombus als „[...] weichteildichte Struktur im pulmonalarteriellen Gefäßbaum [...]“ (Born et al. 2006, S. 220), wegen seiner Dichte radiologisch schwer zu detektiert ist. Eine Differenzierung zwischen vitalen und postmortalen Thromben, welche die Lungengefäße verschließen ist derzeit in der pmCTA noch nicht möglich (Bruguier et al. 2013; Roberts et al. 2012) und kann - wie in Fall 27 - erst in der Sektion beurteilt werden (Grabherr et al. 2011).

Eine sichere Anwendung der pmCTA bei Fragen nach einer LAE ist demnach noch nicht realisierbar.

#### 5.2.5.5 Andere postmortale Veränderungen

In dieser Arbeit wurden viele Befunde als Folge von Krankheiten oder Komplikationen dargestellt, jedoch ist dabei auch immer zu beachten, dass viele beschriebenen Pathologien auch postmortal entstanden sein können und deswegen zu Fehldiagnosen führen können (Christe et al. 2010). Ein Beispiel sind intraperitoneale Flüssigkeitsansammlungen im Rahmen von Verwesungsprozessen, die mit Blutungen verwechselt werden können (Charlier et al. 2012), die bei Fällen dieser Arbeit jedoch nicht aufgefallen sind. Folgen fäulnisbedingter Kontrastmittelaustritte sind unter Kap. 5.2.5.2 bewertet.

Totenflecke zeigen sich auch intrakorporal und manifestieren sich in der Lunge als horizontale Verschattungen abhängig von der Position der Leiche und sollten immer als Differenzialdiagnose zu einem Lungenödem, einer Pneumonie oder einer Aspiration in Betracht gezogen werden (Christe et al. 2010). Wichtig bei der radiologischen Beurteilung sind der Seitenvergleich der Verschattungen, die Aufliegefläche der Leiche (Abb. 97 und 98) (Wichmann et al. 2014).



Das Herz verändert postmortal seine Form und Größe, Organoberflächen verändern sich und es kommt zu Flüssigkeitsverschiebungen, was eine kardiale Insuffizienz vortäuschen kann (Vogel et al. 2013a; Vogel et al. 2013b). Auch die Darstellung eines Hirnödems ist als postmortale Veränderung als Differenzialdiagnose zu antemortalen Pathologien zu bedenken

(Christe et al. 2010). Es gibt erste Hinweise darauf, dass mit postmortalen, kranialen CT-scans das postmortale Intervall vorhergesagt werden kann (Hasegawa et al. 2016). Mit der Kenntnis dieser Veränderungen und die Abwägung von Differenzialdiagnosen durch den erfahrenen Radiologen (Christe et al. 2010), lassen sich Fehlbeurteilungen von Komplikationen und Todesfolgen nach medizinischen Eingriffen vermeiden.

### 5.2.6 Materialien und Methoden

Die pmCTA kann als minimal-invasive Technik bezeichnet werden (Charlier et al. 2012), da außer in der Leiste keine Gefäße direkt präpariert werden müssen (Grabherr et al. 2008a). Die Sektion ist dagegen eine invasive Technik, die Gewebe während der Untersuchung zerstört (Zerlauth et al. 2013). Der Nachteil der Sektion ist demnach, dass es zu Gefäßverletzungen bei der Präparation kommen kann, wie z. B. bei Fall 29, bei dem der blutungsursächliche Gefäßriss in der Sektion präparationsbedingt vergrößert wurde. Die Sektion ist darüber hinaus bei der Gefäßdarstellung durch eine untere Grenze der Größe von darstellbaren Gefäßen limitiert, die nicht mehr präparatorisch darstellbar sind (Kap. 5.2.2). Bei diffusen Blutungsquellen ist eine Präparation ebenfalls nicht in klassischer Art und Weise möglich, es können lediglich Blutansammlungen beschrieben werden (vgl. Fall 28 mit diffuser venöser Blutung). In diesen Fällen ist in der pmCTA die Möglichkeit gegeben auch kleine Gefäße und einen Kontrastmittelaustritt zu identifizieren, der dann auch als aktive bzw. relevante Blutung interpretiert werden kann (Kap. 5.2.2). Hier ist allerdings der Gesamtbefund der Sektion relevant, um die organbezogenen Veränderungen von großen Blutverlusten miteinbeziehen zu können (Kap. 5.2.4). Nur so scheint strafrechtlich eine hinreichende Beweissicherheit bzw. Kausalität belegbar.

Auch wenn die Daten der Fälle aus drei verschiedenen Zentren der Multicenterstudie stammen, wurden die pmCTA-Daten mit einheitlichem Material nach dem gleichen Protokoll erhoben (Grabherr et al. 2011). Anzumerken ist jedoch, dass initial nicht vom gleichen Erfahrungsgrad der Untersucher auszugehen war, da z. B. in Lausanne schon vor Beginn der Multicenterstudie postmortale Angiographieuntersuchungen z. B. zur Entwicklung des Angiographieprotokolls durchgeführt wurden (Grabherr et al. 2011). Dieser Vorsprung soll durch die Multicenterstudie und den gemeinsamen Erfahrungsaustausch bezüglich der Vorteile, Nachteile und Artefakte der neuen Methode ausgeglichen werden, um gemeinsam die Anwendungsbereiche der pmCTA wie in dieser Arbeit weiter zu untersuchen (Grabherr et al. 2014). Die Daten können zur erneuten Bewertung auch zwischen den Zentren ausgetauscht werden (Vogel et al. 2013b). Auch das verwendete Untersuchungsgut war, in Bezug auf Geschlecht, Alter,

Vorerkrankungen, vorangeschrittener Fäulnis, Größe und Gewicht sehr inhomogen (Tab. 1 und Kap. 4.1). Dies ist vorteilhaft um erste Eindrücke der pmCTA-Methode zu generieren und zu untersuchen. In Zukunft ist jedoch eine homogenere Auswahl des Untersuchungsgutes anzuraten, um auch statistisch fundierte Daten zu generieren.

#### 5.2.6.1 Lange Vorbereitungszeit und kurze Untersuchungszeit

Eine komplette pmCTA-Untersuchung dauert ca. 1-1,5 Stunden (Christine et al. 2013). Je nach logistischen Voraussetzungen auch länger, denn wenn klinische Geräte - wie in München - benutzt werden, muss die Leiche noch in die Radiologie transportiert werden und dort geht der reguläre Patientenverkehr vor (Roberts et al. 2012). Im Vergleich zur kurzen Untersuchungszeit (Egger et al. 2012a) nimmt die Vorbereitungszeit demnach teilweise viel Zeit in Anspruch. Eigene Geräte wie in Hamburg (Vogel et al. 2016 ) reduzieren diese Wartezeit, sind aber mit hohen Anschaffungskosten verbunden (Roberts et al. 2012). Die Kosten steigen durch eine pm-Angiographie um c. a. 300 Dollar pro Fall (Wichmann et al. 2014).

Der allgemeine Vorteil der Computertomographie ist, dass die Kosten für eine Untersuchung gering sind (Roberts et al. 2012; Grabherr et al. 2011). Für die Durchführung der pmCTA bedarf es jedoch besonderer Gerätschaften, wie eines CT, der Kontrastmittel-Pumpe (hier Virtangio von FUMEDICA) und speziell geschulter Mitarbeiter für die Durchführung der Angiographie (Christine et al. 2013; Michaud et al. 2014). Und auch die Radiologen, welche die postmortalen Bilder interpretieren brauchen Erfahrung (Roberts et al. 2012), damit es nicht zu radiologischen Fehleinschätzungen kommt. Nicht an jedem rechtsmedizinischem Institut sind all diese Voraussetzungen erfüllt oder stehen zur Verfügung, weswegen eine allgemeine Anwendung in der Rechtsmedizin allein aus diesen Gründen schwer realisierbar erscheint.



### 5.2.6.2 Angiographiephasen

Jede einzelne Phase ist wichtig um radiologische Fehlinterpretationen zu verhindern (Palmiere et al. 2012). Die dynamische Phase, die eine Blutzirkulation wie zu Lebzeiten (Grabherr et al. 2011) und zum Todeszeitpunkt (Vogel et al. 2016) simuliert, ist für die Füllung des gesamten Gefäßsystems und vor allem der Koronararterien von besonderer Bedeutung (Grabherr et al. 2011). Das wird im Rahmen dieser Arbeit bestätigt, da die LAD in Fall 32, alle Herzkranzgefäße in Fall 1 oder die Hirngefäße wie in Fall 19 erst in der zirkulatorischen Phase vollständig kontrastmittelgefüllt werden. Da die dynamische Phase beiträgt kleine Gefäße vollständig zu füllen, wird ihre Bedeutung für den Nachweis kleiner Blutungsquellen klar (Wichmann et al. 2014). Bleiben trotz der dynamischen Phase Gefäße unvollständig kontrastiert, sind verschiedene Differenzialdiagnosen zu diskutieren (Kap. 5.2.5.3). Artefakte (Kap. 5.2.5) können in der dynamischen Phase vom Radiologe erkannt werden, da diese nicht konstant in allen Angiographiephasen vorhanden sind und sich verändern (Grabherr et al. 2014). Artefakte müssen aber im Zweifelsfall autoptisch abgeklärt werden (Palmiere et al. 2013). Die arterielle und venöse Phase dient zur Differenzierung von arteriellen und venösen Blutungen (Kap. 5.2.2.1) und um das Gefäßsystem vollständig zu kontrastieren (Grabherr et al. 2011).

### 5.2.6.3 Materialien

Durch das Setzen des Angiographiekatheters der pmCTA kann es zu einem Kontrastmittelaustritt an der Stelle des Katheters während der Angiographie – wie nebenbefundlich in Fall 35 beobachtet - kommen. Deshalb ist vor einer Katheterisierung der Gefäße anhand der Fallangaben und einer ersten, äußeren Leichenuntersuchung zu prüfen, welches Gefäß sich am besten für die Katheterisierung eignet, um keine wichtigen Befunde zu verdecken oder zu beeinflussen (Grabherr et al. 2011). Generell sind die pm-CTA-Katheter rechts in die Leistengefäße einzubringen und ansonsten zu dokumentieren (z. B. Katheter in linken Leistengefäßen bei Fall 29,32 und 36 sowie Katheter in A. axillaris bei Fall 46).

Erste Studien (Grabherr et al. 2012) beschreiben, dass das Angiofil®-Kontrastmittel keinen Einfluss auf die gerichtsmedizinische Sektion, die Gewebehistologie oder die Zusammensetzung oder Untersuchung von z. B. Glaskörperflüssigkeit hat. Der Einfluss des Kontrastmittels auf Proben aus Blut, Muskeln und Urin sollen aber in der Zukunft weiter untersucht werden. Ein Nachteil der pmCTA ist, dass Blut aus dem Herzen vor einer Angiographie nicht gewonnen werden kann (Palmiere et al. 2014). Die Blutentnahme erfolgt vor der CT aus der Leiste (Kap. 3.2). Erfolgt diese Gefäßpunktion steril nach Hautdesinfektion

und ohne Hautschnitt, ist mit keiner zusätzlichen Probenkontamination zu rechnen (Palmiere et al. 2014). In München wurde Blut jedoch ohne derartig sterile Bedingungen gewonnen.

Am Institut für Rechtsmedizin in München zeigten sich bei einigen Mitarbeitern allergische Hautreaktionen auf das Kontrastmittel Angiofil®, weswegen der direkte Hautkontakt mit dem Kontrastmittel durch das Tragen von Schutzkleidung und Handschuhen zu vermeiden ist (Pfeiffer und Sauer 2013). Eine Abklärung der Hautreaktion war bislang nicht möglich.

Das Patientengut in dieser Arbeit zeigt ein breites Spektrum an Eingriffen und Komplikationen, was für eine erste Nutzenanalyse der pmCTA bei Todesfällen nach medizinischer Intervention oder deren – ggf. unterstellter - Unterlassung vorteilhaft ist, da ein erster Eindruck gewonnen werden konnte, bei welchen Eingriffen oder Komplikationen die Durchführung einer pmCTA sinnvoll ist (Tabelle 5 und 6). Allgemeine Stärken, Schwächen und Probleme der pmCTA haben sich im Rahmen dieser Arbeit vielfältig gezeigt (Kap. 5.2). Zusatzbefunde, die vor allem Blutungen (Kap. 5.2.2) und die Position von medizinischen Materialien (Kap. 5.1.1) betreffen, haben sich durch das Patientengut herauskristallisiert. Jedoch kann das gemischte Patientengut, aber auch die relativ geringe Fallzahl auch dazu beigetragen haben, dass die Vor- und Nachteile der pmCTA und der Sektion in Zahlen nicht so deutlich geworden sind, wie es angesichts des technischen Prinzips der Angiographie –auch vor dem Hintergrund umfangreicher klinischer Erfahrungen– zu erwarten ist. Jedoch verdeutlichen zahlreiche Einzelfälle im Abgleich mit der aktuellen Literatur, wo die spezifischen Stärken der Methode liegen, aber auch unter welchen Vorbehalten und Rahmenbedingungen das Verfahren angewendet werden sollte (Kap. 5.2). Anhand der Tabelle 5 ist zu schlussfolgern, dass die pmCTA wichtige Befunde liefern kann, um den medizinischen Eingriff, die Komplikationen und die Todesursache nachzuvollziehen und Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen der Todesursache und dem medizinischen Eingriff zu sammeln. Dabei scheint es jedoch wichtig zu sein, die Fälle stärker vorzuselektieren, da viele Komplikationen - wie eine Bakterieninfektion in Fall 5 - nur mit differenzierten Methoden der Gerichtsmedizin nachweisbar sind. Besonders vorteilhaft scheint sich die postmortale Bildgebungsmethode bei der Darstellung von Blutungskomplikationen zu erweisen (Tabelle 7 und 8), was angesichts des prinzipiellen Fokus der Methode auf das Gefäßsystem auch zu erwarten war und auch in der Literatur beschrieben ist (Zerlauth et al. 2013).



## **6. Zusammenfassung**

Die postmortale Computertomographie Angiographie (pmCTA) ist eine minimal invasive Untersuchungsmethode mit langer Vorbereitungszeit und kurzer Untersuchungszeit (Kap. 5.2.6.1), bei der das gesamte Gefäßsystem der Leiche über die Leistengefäße über ein Pumpsystem kontrastiert wird (Kap. 3.2 und 3.3). Im Rahmen der Multicenterstudie VIRTANGIO wurden in mehreren europäischen Instituten für Rechtsmedizin vor der konventionellen Sektion eine Computertomographie und ein arterieller, ein venöser und ein dynamischer Angiographiescan durchgeführt (Kap. 1.2 und 3.4). Die angefertigten Berichte der Radiologie und Rechtsmedizin wurden danach im Rahmen dieser Arbeit bei Todesfällen nach medizinischer Interventionen oder deren – ggf. unterstellter - Unterlassung ausgewertet, um die Anwendbarkeit und den Nutzen der pmCTA bei diesen Fällen zu untersuchen, und um generelle Vor- und Nachteile der neuen Methode zu beschreiben. Ziel war es vor allem zu untersuchen, inwiefern die pmCTA Hinweise auf den medizinischen Eingriff, die Komplikation oder die Todesursache erbringt und in welchen Fällen ihre Anwendung deswegen zu empfehlen ist. Denn kommt es zu einem objektiv feststellbaren Körper- oder Gesundheitsschaden mit Todesfolge bei gleichzeitig aufgetretenen Behandlungsfehler, ist es eine rechtsmedizinische Aufgabe, Hinweise auf einen ursächlichen Zusammenhang zwischen Ableben des Patienten und dem medizinischen Eingriff und/oder einem möglichen Behandlungsfehler zu finden (Kap. 1.1).

Dazu wurde für jeden der 46 Fälle ausgewertet, ob ein Hinweis oder Nachweis (N), kein Nachweis (0) oder ein überlegener Nachweis (X) (Kap. 3.6) in Bezug auf den medizinischen Eingriff, Komplikationen oder die Todesursache durch die pmCTA oder die Sektion erbracht wurde (Kap. 4.1 und 4.2). Zudem wurden wesentliche Zusatzbefunde für jeden Fall gesondert erfasst (Kap. 4.3) und die Ergebnisse bezüglich Blutungskomplikationen ausgewertet (Kap. 4.4). Aus der Gegenüberstellung von Befunden der Sektion und der pmCTA bzgl. Komplikationen und Todesursachen bei Fällen dieser Arbeit bildeten sich allgemeine Vor- und Nachteilen der pmCTA ab (Kap. 5.2), woraus sich die möglichen Anwendungsbereiche der pmCTA ergeben.

Anhand der Daten von 46 Fällen aus Lausanne, Hamburg und München (Kap. 3.1) konnte gezeigt werden, dass regelhaft mindestens ein wichtiger Hinweis auf den medizinischen Eingriff, die Komplikation oder die Todesursache durch die pmCTA in den untersuchten Fällen dokumentiert wurde und die Methode relevante Zusatzbefunde liefert (Kap. 4.3). Durch diese Hinweise kann der Kausalzusammenhang zwischen Todesursache und medizinischer Intervention von Sachverständigen vor Gericht leichter beurteilt werden. Die Anwendung der

pmCTA erweist sich vor allem bei medizinischen Eingriffen an knöchernen Strukturen als sehr vorteilhaft, da die postmortalen Bilder als 3-D Rekonstruktionen sehr gut vor Gericht vorgeführt werden können. Auch die Darstellung von Regionen, die nicht routinemäßig bei jeder Sektion untersucht werden oder nur aufwendig autoptisch darzustellen sind, ist von Vorteil (Kap. 5.1.3).

Die genaue Dokumentation der Anzahl und Beurteilung einer korrekten oder fehlerhaften Position von medizinischen Materialien oder Gefäßzugängen kommt hinzu. Dadurch wird das Vier-Augen-Prinzip der Rechtsmedizin durch die pmCTA erweitert, da eine zusätzliche Befundung oder auch Nachbefundung jederzeit möglich ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass topographische Bezüge von Befunden genau vermessen werden können. Dabei ist darauf zu achten, dass Punktionsnadeln sowie notfallmedizinische Materialien wie Katheter belassen werden, um Kontrastmittelaustritte oder andere Artefakte zuzuordnen (Kap. 5.1.1 und 5.1.2).

Der Nachweis von Komplikationen und der Todesursache gelingt durch die pmCTA besonders dann gut, wenn es sich um Blutungskomplikationen nach einem medizinischen Eingriff handelt. Im untersuchten Kollektiv wurde die Blutungsquelle bei mehr als einem Drittel der Fälle mit Blutungskomplikation allein mithilfe der pmCTA identifiziert. Die große Stärke der pmCTA ist dabei die Darstellung von Blutungen aus kleinen und sehr kleinen Gefäßen, denn bei allen Fällen mit einer Blutungskomplikation aus einem kleinen Gefäß war die pmCTA der Sektion überlegen (Kap. 4.4 und Kap. 5.2.2).

Diese Gefäße sind in der Sektion teilweise nur schwer identifizierbar oder nicht zu verfolgen, v.a. wenn sie sich in schwer präparierbaren Körperregionen oder in spezifischen Strukturen wie z. B. der Lunge befinden. Die pmCTA kann aber helfen den Fokus der Obduzenten auf diese Stellen zu lenken, um dort zusätzlich zu präparieren. Die Differenzierung zwischen arteriellen und venösen Blutungen ist zudem durch die verschiedenen Phasen der pmCTA leicht möglich (Kap. 5.2.2.1). Wasserproben sind - im Vergleich zur Beurteilung von Kontrastmittelaustritten in der pmCTA- eine aufwendige gerichtsmedizinische Untersuchungsmethode, um die Blutungsquelle zu identifizieren. Bei der radiologischen Quantifizierung der Blutung bedarf es jedoch noch weiter Forschungsarbeit, da diese derzeit vor allem in der Sektion durch Eröffnung der Körperhöhlen erfolgt (Kap. 5.2.2.2). Bei der Darstellung von Blutungskomplikationen aus mittelgroßen bis großen Gefäßen waren sowohl die Ergebnisse der pmCTA als auch die der konventionellen Obduktion zuverlässig gut. Besonders bei Blutungen aus sehr großen Gefäßen, wie bei einer Aortenruptur sind die Befunde der pmCTA sehr eindeutig und in der Literatur wird diskutiert, ob bei diesen Fällen auf eine Autopsie verzichtet werden kann. Vorteilhaft wäre das vor allem bei Hepatitis C oder HIV infizierten Leichen oder in jüdischen und muslimischen

Religionsgruppen, welche die Obduktion ablehnen. Die Sektion scheint derzeit aber auch bei einem eindeutigen Nachweis einer Aortenruptur durch die pmCTA nicht ersetzbar, da die pmCTA in der Strafprozessordnung nicht als Instrumentarium bekannt ist und bei Todesfällen nach medizinischen Eingriffen nicht nur die Todesursache identifiziert werden soll, sondern auch Hinweise auf kausale Zusammenhänge zu dem Eingriff zu dokumentieren sind (Kap. 5.2.2.3).

Die größte Stärke der pmCTA ist die Darstellung des gesamten Gefäßsystems, von Gefäßpathologien, Anomalien, Umgehungskreisläufen und von Gefäßrupturen vor allem in Körperregionen, die in der Sektion schwer zugänglich sind oder nicht routinemäßig untersucht werden (Kap. 5.2.1, 5.2.1.3, 5.2.3). Alle diese Befunde sind auch nach Jahren erneut bewertbar, da das Material anders als in der Sektion bei der Beurteilung nicht zerstört wird und die Daten einfach speicherbar sind (Kap. 5.1.1, 5.2.6). Bei Todesfällen nach medizinischen Eingriffen ist es zudem von Vorteil, Gefäßkomplikationen durch fehlende Kontrastmittelaustritte in der pmCTA auszuschließen, wobei eine komplette Gefäßdarstellung des Gefäßsystems notwendig ist (Kap. 5.2.1.2).

Die Darstellung und Klassifizierung von Aneurysmata oder Gefäßdissektionen gelingt auch bei kleinen Gefäßen mithilfe der pmCTA sehr gut. Es ist jedoch darauf zu achten, dass der Gefäßdiameter radiologisch nur bei einem vollständig gefüllten Gefäßsystem verlässlich ausgemessen werden kann und eine starke Arteriosklerose oder postmortale Stagnationsthromben mit horizontaler Kontrastmittelschichtung in der arteriellen Phase die radiologische Beurteilung erschweren. Artefakte sind jedoch meist nicht in allen drei Kontrastmittelphasen nachweisbar und damit differenzierbar (Kap. 5.2.3.1 und 5.2.3.2). Bei Komplikationen nach medizinischen Eingriffen, welche Weichteile oder solide Organe ohne Blutungsgeschehen betreffen, ist eine Überprüfung der Befunde der pmCTA zu empfehlen, da die Ergebnisse der Sektion denen der pmCTA in dieser Arbeit überlegen waren. Der Weichteilkontrast kann trotz des pmCTA-Kontrastmittels nicht so stark erhöht werden, dass Pathologien und Komplikationen immer eindeutig identifiziert werden (Kap. 5.2.4). Eine Myokardischämie kann radiologisch nicht direkt nachgewiesen werden. In der Literatur wird ein myokardiales Kontrastmittelenhancement ( $HE >100$ ) in der pmCTA im Bereich von Ischämiearealen beschrieben, dieses wurde im Rahmen dieser Arbeit jedoch in keinem der Fälle beschrieben. Radiologische Hinweise auf einen Herzinfarkt sind vielmehr Koronarstenosen- und Verschlüsse, Lungeninfiltrate wie bei einer Lungenstauung, Pleuraergüsse, sowie Septum- oder Ventrikelruptur mit Hämoperikard (Kap. 5.2.4.2). Durch die Öffnung der Körperhöhlen in der Sektion, können Schockorgane, blutgestaute oder blasse Organe, Anastomosennähte und

Nekrosen besser dokumentiert werden als durch die pmCTA. Die Beurteilung von Organverkalkungen, operative Organentfernung oder Tumorausdehnung ist dagegen auch computertomographisch möglich (Kap. 5.2.4.1). Da der Nachweis von Bakterien, Enzymen oder Entzündungsmarkern nur mit zusätzlichen gerichtsmedizinischen Untersuchungen gelingt, sollte die Anwendung der pmCTA bei Fällen bei denen eine allergische oder infektbedingte Komplikation vermutet wird, überprüft werden. Durch eine gezielte, sterile Probeentnahme erweist sich die neue Bildgebungsmethode jedoch als großes Hilfsmittel, um die forensischen Proben nach der CT-gestützten Punktion histologisch, biochemisch oder toxikologisch zu untersuchen (Kap. 5.1.4).

Artefakte der pmCTA sind bei der Bewertung von Befunden bezüglich des medizinischen Eingriffs, Komplikationen und der Todesursache zu beachten, um radiologische Fehldiagnosen zu vermeiden. Luft ist durch die pmCTA überlegen nachweisbar, deren Entstehungsursache jedoch vielseitig. Hierbei ist festzuhalten, dass dies bereits in der nativen CT gelingt und die Kontrastmittelanwendung keine Vorteile bei der Gasdarstellung zeigt. Eine asymmetrische Gasverteilung spricht für eine Gefäßverletzung, wobei auch durch den Anschluss der postmortalen Katheter Luft ins Gefäßsystem gelangen kann. Fäulnisbedingte Gasentstehung zeigt sich in Arterien und Venen gleichermaßen und manifestiert sich meist zuerst in großen Gefäßen, im rechten Herzen und in der Leber (Kap. 5.2.5.1).

Fäulnisbedingter Kontrastmittelaustritt im Abdomen, v.a. im Bereich des Pankreas und des Magens machen eine radiologische Beurteilung von Eingriffen oder Komplikationen in diesem Bereich teilweise unmöglich. Kontrastmittelaustritte durch die fäulnisbedingte, gesteigerte Gefäßpermeabilität und autolytische Organveränderungen, sind von einer echten Blutungskomplikation kaum abzugrenzen. Als Lösung des Problems wird eine Viskositätsänderung des Kontrastmittels diskutiert (Kap. 5.2.5.2). Toxikologische Proben aus dem Magen sind bei weit fortgeschrittener Fäulnis vor der pmCTA zu entnehmen oder auf die Bildgebungsmethode zu verzichten, da der Einfluss des Kontrastmittels auf verschiedene Proben derzeit im Rahmen von Studien noch erforscht wird (Kap. 5.2.6.3). Kontrastmittelfüllungsfehler in der pmCTA treten vor allem im venösen System und in den kranialen Gefäßen auf und können viele Ursachen haben: Bei Gefäßrupturen mit starkem Kontrastmittelaustritt in die Körperhöhlen und auch bei erhöhtem Hirndruck scheint der Perfusionsdruck für eine komplette Gefäßfüllung unzureichend. Gefäßstenosen, eine Aortendissektion, ein arteriosklerotisches Plaque oder ein vitaler bzw. postmortalen Thrombus sind weitere potenzielle Gründe für eine fehlerhafte Kontrastmittelfüllung (Kap. 5.2.5.3). Die Tatsache, dass es kein einheitliches Protokoll für Kinder bzw. keine Anpassung des

Standardprotokolls an die Körpergröße oder das Körpergewicht gibt, birgt weiterhin das Risiko für eine Minderkontrastierung. Wegen der starken Varianz des menschlichen Körpers und da noch wenig über Drücke oder das dehnungsabhängige Fassungsvermögen des Gefäßsystems von Leichen bekannt ist, sollte das Gefäßsystem mithilfe der pmCTA im Rahmen von Studien weiter untersucht werden, um mithilfe der gewonnenen Daten das volumengestützte Standardprotokoll von Grabherr z. B. an den Body-Mass-Index anzupassen oder gar durch ein druckgesteuertes Protokoll zu ersetzen.

Bei unvollständig gefüllten Gefäßsystem besteht die Gefahr, Blutungen aus nicht kontrastierten Gefäßen zu übersehen. Besonders problematisch ist dies, wenn Gefäße im Operationsgebiet betroffen sind und wichtige Informationen bzgl. des Todeshergangs nicht generiert werden können. Zur Reduktion von Füllungsfehler wird generell ein stetig, langsames Gefäßbefüllen empfohlen. (Kap. 5.2.5.3).

Eine häufige Fehldiagnose der pmCTA ist eine Lungenarterienembolie, da die Differenzierung von antemortalen und postmortalen Thromben radiologisch noch nicht möglich ist. Auch die Dilatation des rechten Herzens ist ein unspezifisches radiologisches Zeichen, da der rechte Vorhof auch wegen des Kreislaufstillstands erweitert sein kann. Nur in der Sektion kann bisher zwischen antemortalen Thromben bzw. Emboli und postmortalen Thromben (Cruor mortis) unterschieden werden. Bei Fällen mit Verdacht auf eine LAE als Todesursache oder Komplikation eines medizinischen Eingriffs, ist deswegen der Nutzen einer pmCTA zu überdenken und die Befunde in der Sektion zu überprüfen (Kap. 5.2.5.4).

Bei der Einschätzung von Artefakten, ist es wichtig unspezifische, postmortale Veränderungen von wirklichen Komplikationen einer medizinischen Intervention abzugrenzen, denn eine verwesungsbedingte, intraperitoneale Flüssigkeitsansammlungen darf nicht mit einer Blutung verwechselt werden oder intrakorporale Totenflecke mit Hämatomen (Kap. 5.2.5.5). Jede einzelne Phase ist wichtig um radiologische Fehlinterpretationen zu verhindern. Artefakte können in der dynamischen Phase radiologisch erkannt werden, da diese nicht konstant in allen Angiographiephasen vorhanden sind und sich verändern. Unklare Befunde müssen aber im Zweifelsfall autoptisch abgeklärt werden. Die arterielle und venöse Phase dient zur Differenzierung von arteriellen und venösen Blutungen und um das Gefäßsystem vollständig zu kontrastieren (Kap. 5.2.6.2).

Bezüglich der Materialien ist anzumerken, dass anhand der Fallangaben und einer ersten, äußeren Leichenuntersuchung zu prüfen ist, welches Gefäß sich am besten für die Katheterisierung eignet, um keine wichtigen Befunde zu verdecken oder zu beeinflussen. Auch der Einfluss des Angiofil®-Kontrastmittels auf Gewebeproben ist im Rahmen von Studien



weiter zu untersuchen, auch wenn erste Ergebnisse keine Einflüsse dokumentieren. Außerdem ist auf das Tragen von Schutzkleidung zu achten, da von allergischen Reaktionen auf das Kontrastmittel berichtet wurde (Kap. 5.2.6.3). Anhand des vielseitigen Patientengutes konnte die Nutzenanalyse der pmCTA gut anhand der Stärken und Schwächen der neuen Bildgebungsmethode durchgeführt werden und dadurch Hinweise auf ihre Anwendungsbereiche gewonnen werden. Für zukünftige Studien sollte jedoch das Fallgut weiter vorselektiert werden um die ersten, allgemeinen aber mehr deskriptiven Ergebnisse dieser Arbeit statistisch genauer untersuchen zu können. (Kap. 5.2.6.3).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die pmCTA bei Fällen nach medizinischen Maßnahmen eine gute Ergänzung zur konventionellen Autopsie darstellt, wenn eine Blutungskomplikation als Todesursache vermutet wird. Denn Blutungen nach medizinischen Eingriffen werden in der pmCTA sehr genau dargestellt und bei Blutungen aus kleinen Gefäßen ist die pmCTA der Sektion eindeutig überlegen. Der Nachweis der Blutungsquelle für die Bewertung von Blutungskomplikationen nach medizinischen Interventionen ist von essenzieller Bedeutung, um durch die retrospektive Analyse und durch Identifizierung der blutungsbedingenden, potenziellen Fehlerquelle zur Fehlervermeidung und somit zum Qualitätsmanagement und gesteigerten Patientensicherheit zu führen.

Weiterhin besteht jedoch der Bedarf, Erfahrungen mit den methodentypischen Artefakten (Kap. 5.2.5) der pmCTA zu sammeln, um Fehlinterpretationen zu vermeiden und um eine verlässlichere Anwendung auch im Routinebetrieb der Rechtsmedizin bei Fällen nach medizinischer Intervention zu garantieren. Auch bedarf es der weiteren Verbesserung der Methode, um Artefakte wie Füllungsfehler zu reduzieren. Dazu wäre ein neues Perfusionsprotokoll für Kinder vorteilhaft oder eine druckgesteuerte statt volumengesteuerte Kontrastmittelfüllung. Sehr sinnvoll ist der regelmäßige Austausch von Erfahrungen über Stärken und Schwächen der Methode, um diese laufend weiterzuentwickeln und weiter zu standardisieren. Auch ist der Entwurf von Richtlinien für die radiologische Befundung und für die Anwendbarkeit der pmCTA in der Zukunft empfehlenswert.

**7. Tabellenverzeichnis**<sup>3</sup>

Tabelle 1: Untersuchungsgut: Todesfälle nach medizinischer Intervention oder nach Unterlassung medizinischer Maßnahmen. ....	5
Tabelle 2: Gefäßfüllung in den verschiedenen Angiographiephasen.....	8
Tabelle 3: CT-Gerätinformationen der Institute in Lausanne, München und Hamburg.....	9
Tabelle 4: Bewertung der Befunde in den Fällen bzgl. des ärztlichen Eingriffs, der Komplikation und der Todesursache.....	11
Tabelle 5: Ergebnisübersicht der Befunde der pmCTA und der Sektion in Bezug auf den medizinischen Eingriff, die Komplikation und die Todesursache. ....	81
Tabelle 6: Übersicht über Zusatzbefunde der pmCTA und der konventionellen Autopsie. ....	84
Tabelle 7: Übersicht über Befunde von pmCTA und Sektion bei Fällen mit Blutungskomplikation .....	86
Tabelle 8: Zuordnung der Ergebnisse aus Tabelle 7 zur Gefäßgröße .....	88

---

<sup>3</sup> Alle Tabellen wurden von Franziska Benedikter mit Daten aus den 46 Fällen erstellt.

**8. Abbildungsverzeichnis**<sup>4</sup>

Abbildung 1: Vorbereitungen an der Leiche vor der CT .....	7
Abbildung 2: CT-Scan in vier Phasen.....	9
Abbildung 3: Fall 1, pmCTA, Kontrastmittelaustritt an einer Gefäßmissbildung.....	12
Abbildung 4: Fall 1, pmCTA Schädel-CT, Blutung .....	12
Abbildung 5: Fall 2, Aortendissektion in der pmCTA.....	13
Abbildung 6: Fall 2, pmCTA Thorax, Aortendissektion .....	14
Abbildung 7: Fall 3, pmCTA Kopf und Thorax sagittal, Blutungsquelle.....	15
Abbildung 8: Fall 6, 3D-Rekonstruktion der A. renalis-Bifurkation.....	19
Abbildung 9: Fall 6, pmCTA, Abdomen axial, Bifurkation der A. splenica .....	20
Abbildung 10: Fall 7, Horizontalschnitt Hals und Thorax in der pmCTA, KM in der Trachea .....	21
Abbildung 11: Fall 7, Thoraxhorizontalschnitt im Nativ-CT, Lungenpathologien .....	21
Abbildung 12: Fall 8, pmCTA, Blutung .....	23
Abbildung 13: Fall 9, pmCTA Thorax axial, Lungenarterienembolie.....	24
Abbildung 14: Fall 9, Schädel-CTA, Hämorrhagischer Hirninfarkt.....	25
Abbildung 15: Fall 11, Nativ-CT, Thorax axial, Dokumentation von medizinischem Material .....	27
Abbildung 16: Fall 12, pmCTA, Abdomen axial, Blutung.....	29
Abbildung 17: Fall 12, pmCTA Horizontalschnitt, Blutungsquelle .....	29
Abbildung 18: Fall 13, Thorax Nativaufnahme axial, Lungenfenster .....	30
Abbildung 19: Fall 15, pmCTA Abdomen axial, Blutung.....	33
Abbildung 20: Fall 16, pmCTA, Blutungsquelle .....	34
Abbildung 21: Fall 16, pmCTA Thorax axial, Aortenruptur. ....	34
Abbildung 22: Fall 19, pmCTA, Thorax frontal, Gefäßprothese in der Aorta .....	38
Abbildung 23: Fall 19, pmCTA, Thorax axial, Aortendissektion.....	38
Abbildung 24: Fall 20, pmCTA, Herz mit Aortenklappenverkalkung .....	40
Abbildung 25: Fall 20, pmCTA, Herz mit Koronararterienstenose.....	40
Abbildung 26: Fall 21, Thorax seitlich im Lungenfenster, Herz- und Lungenpathologien.....	41
Abbildung 27: Fall 22, Nativ-CT, Lungenfenster .....	43

<sup>4</sup> Die Verwendung von Abbildungen aus Hamburg in dieser Arbeit wurde von Prof. Dr. Heinemann genehmigt. Die Rekonstruktionen aus Lausanne sind mit freundlicher Genehmigung von Dr. Silke Grabherr verfügbar und die CT- Bilder aus München von Dr. Michael Scherr bereitgestellt. Die Beschriftung erfolgte durch Franziska Benedikter. Die Fotos der Abbildungen 1 und 2 entstanden in der Arbeitsgruppe in München. Die Bilder entstammen aus dem Pool der Multicenterstudie mit den beteiligten Instituten.

---

Abbildung 28: Fall 23, Thorax im Nativ CT, Pleuraerguss .....	44
Abbildung 29: Fall 23, pmCTA, Herz mit Aortenklappensklerose .....	44
Abbildung 30: Fall 23, pmCTA, Übersichtsaufnahme .....	45
Abbildung 31: Fall 24, pmCTA, Lunge axial, Lungenpathologien .....	46
Abbildung 32: Fall 24, pmCTA, Thorax sagittal, Lungenpathologien .....	46
Abbildung 33: Fall 25, pmCTA, Abdomen axial, Aortendissektion .....	47
Abbildung 34: Fall 26, Abdomen axial, Blutung .....	49
Abbildung 35: Fall 26, pmCTA, Aortenklappen-prothese.....	49
Abbildung 36: Fall 28, Nativ-CT, Lungenfenster, Herz- und Lungenpathologien.....	52
Abbildung 37: Fall 31, pmCTA, Abdomen axial, Blutungsquelle.....	56
Abbildung 38: Fall 31, pmCTA, frontal, Blutungsquelle .....	56
Abbildung 39: Fall 31, pmCTA Abdomen, Blutung aus der OP-Wunde nach Laparotomie ..	57
Abbildung 40: Fall 33, pmCTA, Thorax axial, LAE .....	60
Abbildung 41: Fall 34, 3D-Rekonstruktion Herz.....	61
Abbildung 42: Fall 34, pmCTA, Aortenprothese.....	62
Abbildung 43: Fall 35, Thorax axial, Nativ-CT nach Pleurapunktion.....	63
Abbildung 44: Fall 36, Nativ-CT Thorax frontal.....	64
Abbildung 45: Fall 36, pmCTA, Blutungsquelle .....	65
Abbildung 46: Fall 36, Nativ-CT Lungenfenster .....	65
Abbildung 47: Fall 36, 3D Rekonstruktion des knöchernen Thorax, Rippenserienfraktur .....	66
Abbildung 48: Fall 36, Nativ CT, Sternumfraktur .....	66
Abbildung 49: Fall 37, pmCTA, Abdomen axial, Blutung .....	67
Abbildung 50: Fall 37, Thorax axial mit Lungenpathologien in der pmCTA .....	67
Abbildung 51: Fall 37, Thorax koronar mit Lungenpathologie in der pmCTA.....	67
Abbildung 52: Fall 38, Angiographiesequenz der verbliebenen linken Niere .....	68
Abbildung 53: Fall 40, pmCTA, Herz.....	70
Abbildung 54: Fall 40, Nativ-CT, Abdomen frontal, Blutung.....	71
Abbildung 55: Fall 41, 3D-Rekonstruktion von Kopf- und Thoraxskelett.....	72
Abbildung 56: Fall 41, pmCTA sagittal (oben) und koronar (unten) bei Blutung.....	72
Abbildung 57: Fall 42, Nativ-CT und 3D-Rekonstruktion der Spondylodese.....	74
Abbildung 58: Fall 44, Nativ CT Thorax sagittal .....	76
Abbildung 59: Fall 44, Nativ-CT, Lunge axial, Lungenpathologien .....	77
Abbildung 60: Fall 22, Nativ-CT, Thorax sagittal, Operationsmaterial .....	90
Abbildung 61: Fall 22, Nativ-CT, Hals axial, Tubusfehlage .....	90

---

Abbildung 62: Fall 34, Knochenrekonstruktion, medizinische Interventionen .....	91
Abbildung 63 (Oben): Fall 36, pmCTA, Gefäßzugang.....	92
Abbildung 64 (Rechts): Fall 38, pmCTA, Gefäßzugang .....	92
Abbildung 65 (Oben): Fall 34, Nativ-CT, Knochenpathologien .....	93
Abbildung 66 (Links): Fall 20, 3D-Knochenrekonstruktion.....	93
Abbildung 67: Fall 21, pmCTA, antemortales Kontrastmittel in der Blase.....	95
Abbildung 68: Fall 30, pmCTA, Gefäßsystem .....	98
Abbildung 69: Fall 41, pmCTA, Gefäßsystem mit Arteriosklerose (roter Pfeil).....	98
Abbildung 70: Fall 23, pmCTA, Massive Arteriosklerose .....	98
Abbildung 71: Fall 37, pmCTA, Vollständige Kontrastmittelfüllung der Hirngefäße .....	99
Abbildung 72: Fall 35, pmCTA, Gefäßverlauf .....	99
Abbildung 73: Fall 36, pmCTA Kontrastmittelfüllung des RCX .....	100
Abbildung 74: Fall 29, 3D-Rekonstruktion des Herzens mit Gefäßen .....	100
Abbildung 75: Fall 40, pmCTA, Kontrastmittelfüllung der LAD .....	100
Abbildung 76: Fall 30, pmCTA, Herzkranzgefäße .....	101
Abbildung 77: Fall 30, pmCTA, Herzkranzgefäße .....	101
Abbildung 78: Fall 42, pmCTA, Pathologien der Bauchgefäße mit Umgehungskreislauf....	101
Abbildung 79: Fall 34, pmCTA, Blutung aus Interkostalarterie.....	102
Abbildung 80: Fall 26, pmCTA, Blutungsquelle aus Femoralarterie .....	103
Abbildung 81: Fall 29, pmCTA, Gefäßanomalie der Bauchgefäße.....	105
Abbildung 82: Fall 16, pmCTA, Aneurysma verum der Aorta abdominalis.....	106
Abbildung 83: Fall 26, Thoraxhorizontalschnitt pmCTA, postmortale Gefäßablagerungen.	107
Abbildung 84: Fall 25, pmCTA, Bauchhorizontalschnitt, Aortendissektion.....	107
Abbildung 85: Fall 38, Leberrundherde.....	108
Abbildung 86: Fall 44, Leber (Stern) im Nativ CT (links) und in der Angiographie (rechts)	109
Abbildung 87: Fall 21, Nativ-CT, Lungenfenster .....	110
Abbildung 88: Fall 20, pmCTA, peripankreatischer Kontrastmittelverlust.....	113
Abbildung 89: Fall 29, pmCTA, Kontrastmittelverlust aus Nierengefäß .....	113
Abbildung 90: Fall 29, 3D Rekonstruktion von Blutgefäßen im Bereich des Pankreas.....	113
Abbildung 91: Fall 44, pmCTA, Füllungsfehler thorakaler Gefäße .....	115
Abbildung 92: Fall 44, pmCTA, Füllungsfehler kranialer Gefäße .....	115
Abbildung 93: Fall 38, pmCTA, Füllungsfehler kranialer Gefäße .....	116
Abbildung 94: Fall 38, Hirnparenchym im Nativ CT .....	116
Abbildung 95: Fall 41, pmCTA, Füllungsfehler kranialer Gefäße .....	116

Abbildung 96: Fall 33, pmCTA, LAE.....	118
Abbildung 97: Fall 40, Lungenhorizontalschnitt .....	119
Abbildung 98: Fall 38, Lungenhorizontalschnitt .....	119

**9. Abkürzungen**

0	Kein Nachweis
A.	Arteria/ Arterie
Aa.	Arterien (plural)
a. e.	am ehesten
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BMI	Body-Mass-Index
BWK	Brustwirbelkörper
BWS	Brustwirbelsäule
Bzgl.	Bezüglich
ca.	Circa
CT	Computertomographie
CTA, CT-A	Computertomographie Angiographie
cCT	Kranielle Computertomographie
cCTA	Kranielle Computertomographie Angiographie
d. h.	das heißt
EKG	Elektrokardiogramm
et al.	und andere
F	weiblich
ff.	fort folgende
GG	Grundgesetz
ggf.	Gegebenenfalls
HE	Hounsfield Einheit
HDM	Herzdruckmassage
HU	Hounsfield Unit
HWK	Halswirbelkörper
HWS	Halswirbelsäule
Kap.	Kapitel
kA	konventionelle Autopsie
KHK	Koronare Herzkrankheit
KM	Kontrastmittel
L	Liter
LAE	Lungenarterienembolie
LAD	Linke Koronararterie

---

LCA	Linke Koronararterie
LIMA	Linke A. mammaria/ thoracica interna
LK	Lymphknoten
LWK	Lendenwirbelkörper
LWS	Lendenwirbelsäule
M	männlich
MI	Myokardinfarkt
ml	Milliliter
MOV	Multiorganversagen
MPMCTA	Multi Phase Multislice Computer Tomographie Angiographie
MRT	Magnetresonanztomographie
N	Hinweis oder Nachweis
Nr.	Nummer
ÖGD	Ösophagogastroduodenoskopie
PTA	Perkutane Transluminale Angioplastie
PTCA	Perkutane Transluminale Koronar Angiographie
PmCTA	postmortale Computertomographie Angiographie
RCA	Arteria coronaria dextra, rechte Koronararterie
RCX	Ramus circumflexus der linken Koronararterie
RIVA	Ramus interventricularis anterior
STEMI	ST-Hebungs Infarkt des Herzens
StGB	Strafgesetzbuch
StPO	Strafprozessordnung
TAVI	Katheter gestützter Aortenklappenersatz
TLIF	Transforaminal Lumbar Interbody Fusion
u. a.	unter Anderem
V.	Vena/Vene
Vv.	Venen (plural)
v.a.	vor allem
V.a.	Verdacht auf
VRE	Vancomycin resistente Enterokokken
WHO	World Health Organisation, Weltgesundheitsorganisation
X	Überlegener Nachweis



z. B.	zum Beispiel
Z. n.	Zustand nach
z. T.	zum Teil
ZVK	Zentral venöser Katheter
3D	Dreidimensional

## **10. Literaturverzeichnis**<sup>5</sup>**Literaturverzeichnis**

Alkadhi, H.; Leschka, S.; Stolzmann, P.; Flohr, T. (2013): Praxisbuch Herz-CT: Grundlagen – Durchführung – Befundung: Springer.

Alkadhi, Hatem (2011): Wie funktioniert CT? Eine Einführung in Physik, Funktionsweise und klinische Anwendungen der Computertomographie. In: *Wie funktioniert CT?*

ALLEX - alles fürs Examen (2012). Stuttgart, New York: Thieme.

Alves, Mikael; Bigé, Naïke; Maury, Eric; Arrivé, Lionel (2014): Pulmonary Embolism Diagnosed by Contrast-enhanced Vortopsy. In: *Am J Respir Crit Care Med* 189 (3), S. 358–359. DOI: 10.1164/rccm.201310-1814LE.

Arastéh, Keikawus; Baenkler, Hanns-Wolf (2013): Innere Medizin. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme (Duale Reihe).

Aumüller, Gerhard (2007): Anatomie. 208 Tabellen. Stuttgart: Thieme (Duale Reihe).

Baenkler, H.W; MLP-Finanzdienstleistungen AG (2001): Innere Medizin: 299 Synopsen, 611 Tabellen: Thieme.

Barthels, M. (2012): Das Gerinnungskompodium: Schnellorientierung, Befundinterpretation, klinische Konsequenzen: Thieme.

Bauch, Jürgen (Hg.) (2011): Behandlungsfehler und Haftpflicht in der Viszeralchirurgie. Heidelberg: Springer. Online verfügbar unter [http://opacplus.ub.uni-muenchen.de/InfoGuideClient.ubmsis/start.do?Login=igubm&Query=540="978-3-642-05371-9"](http://opacplus.ub.uni-muenchen.de/InfoGuideClient.ubmsis/start.do?Login=igubm&Query=540=).

Bausewein, C.; Albrecht, E. (2010): Leitfaden palliative care - Palliativmedizin und Hospizbetreuung: Elsevier, Urban & Fischer.

Berger, Nicole; Martinez, Rosita; Winklhofer, Sebastian; Flach, Patricia M.; Ross, Steffen; Ampanozi, Garyfalia et al. (2013): Pitfalls in post-mortem CT-angiography – intravascular contrast induces post-mortem pericardial effusion. In: *Legal Medicine* 15 (6), S. 315–317. DOI: 10.1016/j.legalmed.2013.07.001.

Bolliger, Stephan A.; Thali, Michael J.; Ross, Steffen; Buck, Ursula; Naether, Silvio; Vock, Peter (2008): Virtual autopsy using imaging: bridging radiologic and forensic sciences. A review of the Vortopsy and similar projects. In: *Eur Radiol* 18 (2), S. 273–282. DOI: 10.1007/s00330-007-0737-4.

Börm, W. (2009): Spinale Neurochirurgie: operatives Management von Wirbelsäulenerkrankungen ; mit 107 Tabellen: Schattauer.

Born, Christine; Kuhn, Fritz-Peter; Debus, Jürgen (2006): Radiologie. 104 Tabellen. 2. Aufl. Hg. v. Maximilian Reiser. Stuttgart: Thieme (Duale Reihe).

Bruguier, C.; Mosimann, P. J.; 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. DOI: 10.1007/s00414-013-0840-9.

Bundesärztekammer (2015): Statistische Erhebung der Gutachterkommissionen und Schlichtungsstellen für das Statistikjahr 2015. Hg. v. Bundesärztekammer. Online verfügbar unter <http://www.bundesaerztekammer.de/patienten/gutachterkommissionen->

<sup>5</sup> Das Literaturverzeichnis wurde mithilfe der Literaturverwaltungsprogramms Citavi erstellt.

schlichtungsstellen/behandlungsfehler-statistik-2015/, zuletzt aktualisiert am 2015, zuletzt geprüft am 01.09.2016.

Carus, T. (2007): Atlas Der Laparoskopischen Chirurgie: Operationsablauf - Varianten - Komplikationen: Springer.

Charlier, P.; Carlier, R.; Roffi, F.; Ezra, J.; Chaillot, P.F; Duchat, F. et al. (2012): Postmortem abdominal CT: Assessing normal cadaveric modifications and pathological processes. In: *European Journal of Radiology* 81 (4), S. 639–647. DOI: 10.1016/j.ejrad.2011.01.054.

Chevallier, Christine; Michaud, Katarzyna; Palmiere, Cristian; Alamo, Leonor; Mangin, Patrice; Grabherr, Silke (2015): Multiphase Postmortem Computed Tomography Angiography in Pediatrics: A Case Report. In: *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 36 (4), S. 239–244. DOI: 10.1097/PAF.0000000000000189.

Chevallier, Christine; Willaert, Wouter; Kawa, Emilia; Centola, Marcos; Steger, Beat; Dirnhofer, Richard et al. (2013): Postmortem circulation: A new model for testing endovascular devices and training clinicians in their use. In: *Clin. Anat.*, S. n/a. DOI: 10.1002/ca.22357.

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: *Legal Medicine* 12 (5), S. 215–222. DOI: 10.1016/j.legalmed.2010.05.005.

Christine, Chevallier; Francesco, Doenz; Paul, Vaucher; Cristian, Palmiere; Alejandro, Dominguez; Stefano, Binaghi et al. (2013): Postmortem computed tomography angiography vs. conventional autopsy: advantages and inconveniences of each method. In: *Int J Legal Med* 127 (5), S. 981–989. DOI: 10.1007/s00414-012-0814-3.

Cotran, Ramzi S.; Kumar, Vinay; Collins, Tucker; Robbins, Stanley L. (©1999): Robbins pathologic basis of disease. 6. Aufl. Philadelphia: Saunders.

Cowling, Mark G. (2007): Vascular Interventional Radiology. Angioplasty, Stenting, Thrombolysis and Thrombectomy. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Medical Radiology, Diagnostic Imaging). Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10157673>.

Debus, J.; Kuhn, F. P.; Reiser, M.; Bartenstein, P.; Beitzel, K. (2011): Duale Reihe Radiologie: Thieme.

Dettmeyer, R. B.; Verhoff, M. A. (2011): Rechtsmedizin. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch).

Döriges, V.; Byhahn, C.; Krier, C. (2009): Atemwegsmanagement: Thieme.

Egger, C.; Vaucher, P.; Doenz, F.; Palmiere, C.; Mangin, P.; Grabherr, S. (2012a): Development and validation of a postmortem radiological alteration index: the RA-Index. In: *Int J Legal Med* 126 (4), S. 559–566. DOI: 10.1007/s00414-012-0686-6.

Egger, Coraline; Bize, Pierre; Vaucher, Paul; Mosimann, Pascal; Schneider, Benjamin; Dominguez, Alejandro et al. (2012b): Distribution of artifactual gas on post-mortem multidetector computed tomography (MDCT). In: *Int J Legal Med* 126 (1), S. 3–12. DOI: 10.1007/s00414-010-0542-5.

Filograna, Laura; Hatch, Gary; Ruder, Thomas; Ross, Steffen G.; Bolliger, Stephan A.; Thali, Michael J. (2013): The role of post-mortem imaging in a case of sudden death due to ascending aorta aneurysm rupture. In: *Forensic Science International* 228 (1-3), S. e76-e80. DOI: 10.1016/j.forsciint.2013.01.039.

- Forster, Balduin; Althoff, Helmut (1986): Praxis der Rechtsmedizin für Mediziner und Juristen. Stuttgart, New York, München: Thieme; Beck.
- Fryer, E. P.; Traill, Z. C.; Benamore, R. E.; Roberts, I. S. D. (2012): High risk medicolegal autopsies: is a full postmortem examination necessary? In: *Journal of Clinical Pathology* 66 (1), S. 1–7. DOI: 10.1136/jclinpath-2012-201137.
- FUMEDICA AG (2012): Gebrauchsanweisung Virtangio am 2012.
- Gebhart, Florin T.F; Brogdon, B.G; Zech, Wolf-Dieter; Thali, Michael J.; Germerott, Tanja (2012): Gas at postmortem computed tomography – An evaluation of 73 non-putrefied trauma and non-trauma cases. In: *Forensic Science International* 222 (1-3), S. 162–169. DOI: 10.1016/j.forsciint.2012.05.020.
- Gedigk, P. (2013): Lehrbuch der Allgemeinen Pathologie und der Pathologischen Anatomie: Springer Berlin Heidelberg.
- Geller, S. A. (1984): Religious attitudes and the autopsy. In: *Arch Pathol Lab Med* 108 (6), S. 494–496.
- 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. DOI: 10.1259/bjr.20130488.
- Grabherr, Silke; Djonov, Valentin; Yen, Kathrin; Thali, Michael J.; Dirnhofer, Richard (2007): Postmortem angiography: review of former and current methods. In: *AJR Am J Roentgenol* 188 (3), S. 832–838. DOI: 10.2214/AJR.06.0787.
- Grabherr, Silke; Doenz, Francesco; Steger, Beat; Dirnhofer, Richard; Dominguez, Alejandro; Sollberger, Barbara et al. (2011): Multi-phase post-mortem CT angiography: development of a standardized protocol. In: *Int J Legal Med* 125 (6), S. 791–802. DOI: 10.1007/s00414-010-0526-5.
- Grabherr, Silke; Gygax, Erich; Sollberger, Barbara; Ross, Steffen; Oesterhelweg, Lars; Bolliger, Stephan et al. (2008a): Two-step postmortem angiography with a modified heart-lung machine: preliminary results. In: *AJR Am J Roentgenol* 190 (2), S. 345–351. DOI: 10.2214/AJR.07.2261.
- Grabherr, Silke; Hess, Andreas; Karolczak, Marek; Thali, Michael J.; Friess, Sebastian D.; Kalender, Willi A. et al. (2008b): Angiofil-mediated visualization of the vascular system by microcomputed tomography: a feasibility study. In: *Microsc Res Tech* 71 (7), S. 551–556. DOI: 10.1002/jemt.20585.
- Grabherr, Silke; Widmer, Christele; Iglesias, Katia; Sporkert, Frank; Augsburg, Marc; Mangin, Patrice; Palmiere, Cristian (2012): Postmortem biochemistry performed on vitreous humor after postmortem CT-angiography. In: *Leg Med (Tokyo)* 14 (6), S. 297–303. DOI: 10.1016/j.legalmed.2012.04.010.
- Grethler, A. (2011): Fachkunde für Kaufleute im Gesundheitswesen: Thieme.
- Hasegawa, Iwao; Shimizu, Akinobu; Saito, Atsushi; Suzuki, Hideto; Vogel, Hermann; Püschel, Klaus; Heinemann, Axel (2016): Evaluation of post-mortem lateral cerebral ventricle changes using sequential scans during post-mortem computed tomography. In: *International journal of legal medicine* 130 (5), S. 1323–1328. DOI: 10.1007/s00414-016-1327-2.
- Hecker, E. (2006): Management des Hämothorax. In: *Pneumologie* 3 (3), S. 197–208. DOI: 10.1007/s10405-006-0091-2.

- Heinemann, A.; Grabherr, S.; Vogel, H. (2013): Bildgebung zur Klärung des Behandlungsfehlervorwurfs. In: *Rechtsmedizin* 23 (3), S. 207–219. DOI: 10.1007/s00194-013-0885-6.
- Heinemann, Axel; Vogel, Hermann; Heller, Martin; Tzikas, Antonios; Püschel, Klaus (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. DOI: 10.1007/s11547-015-0574-5.
- Herold, Gerd (2012): Innere Medizin 2012. Eine vorlesungsorientierte Darstellung; unter Berücksichtigung des Gegenstandskataloges für die Ärztliche Prüfung; mit ICD 10-Schlüssel im Text und Stichwortverzeichnis. Köln: Herold.
- Herth, F.; Messmann, H.; Haverkamp, W. (2008): Internistische Intensivmedizin: Methoden - Diagnose - Therapie: Thieme.
- Kochs, E.; Bause, H.; Scholz, J. (2011): Duale Reihe Anästhesie: Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie: Thieme.
- Kretz, F.J; Teufel, F. (2006): Anästhesie und Intensivmedizin: Springer.
- Krzovska, Marija (2012): Basics Neurologie. 3. Aufl. München: Elsevier, Urban & Fischer (Basics).
- Kummer, Anne; Lhermitte, Benoit; Odman, Micaela; Grabherr, Silke; Mangin, Patrice; Palmiere, Cristian (2012): Carotid artery rupture and cervicofacial actinomycosis. In: *Leg Med (Tokyo)* 14 (6), S. 324–327. DOI: 10.1016/j.legalmed.2012.06.002.
- Lang, H. (2007): Beatmung für Einsteiger: eine Lernhilfe für Intensivpersonal: H. Lang.
- Lapp, H.; Krakau, I. (2009): Das Herzkatheterbuch: diagnostische und interventionelle Kathertertechniken ; 87 Tabellen ; [inklusive DVD]: Thieme.
- Lardi, Christelle; Lobrinus, Johannes-Alexander; Doenz, Francesco; Fracasso, Tony; Augsburg, Marc; Mangin, Patrice; Grabherr, Silke (2014): Acute Aortic Dissection With Carotid and Coronary Malperfusion. In: *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 35 (3), S. 157–162. DOI: 10.1097/PAF.0000000000000098.
- Largiadèr, Felix; Saeger, Hans-Detlev (2007): Checkliste Chirurgie. In: *Checkliste Chirurgie*.
- Larsen, R. (2012): Anästhesie und Intensivmedizin in Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie: Springer.
- Leuwer, M.; Marx, G.; Trappe, H.J; Zuzan, O. (2010): Checkliste Intensivmedizin: Thieme.
- Liehn, M.; Steinmüller, L.; Döhler, R. (2011): OP-Handbuch: Grundlagen, Instrumentarium, OP-Ablauf: Springer Berlin Heidelberg.
- Luther, B.L.P (2011): Kompaktwissen Gefäßchirurgie: Differenzierte Diagnostik und Therapie: Springer.
- Martis, Rüdiger; Winkhart-Martis, Martina (2007): Arzthaftungsrecht. Fallgruppenkommentar. 2. Aufl. Köln: O. Schmidt.
- Meißner, Christoph Johannes Friedrich (2009): Der ärztliche Behandlungsfehler; Charakteristik und Begutachtungspraxis. Lübeck: Schmidt-Römhild.
- Michaud, Katarzyna; Grabherr, Silke; Doenz, Francesco; Mangin, Patrice (2012): Evaluation of postmortem MDCT and MDCT-angiography for the investigation of sudden cardiac death related to atherosclerotic coronary artery disease. In: *Int J Cardiovasc Imaging* 28 (7), S. 1807–1822. DOI: 10.1007/s10554-012-0012-x.

- Michaud, Katarzyna; Grabherr, Silke; Jackowski, Christian; Bollmann, Marc Daniel; Doenz, Franceso; Mangin, Patrice (2014): Postmortem imaging of sudden cardiac death. In: *Int J Legal Med* 128 (1), S. 127–137. DOI: 10.1007/s00414-013-0819-6.
- Nesterenko, S. (2010): Histaminintoleranz - die unentdeckte Krankheit: Histamin, eine häufige Ursache für Allergien, Nahrungsmittelintoleranzen und vieles mehr!: Bloch.
- 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 Sci Int* 222 (1-3), S. 33–39. DOI: 10.1016/j.forsciint.2012.04.031.
- Palmiere, Cristian; Egger, Coraline; Grabherr, Silke; Jatton-Ogay, Katia; Greub, Gilbert (2014): Postmortem angiography using femoral cannulation and postmortem microbiology. In: *Int J Legal Med*. DOI: 10.1007/s00414-014-1099-5.
- Palmiere, Cristian; Lobrinus, Johannes Alexander; Mangin, Patrice; Grabherr, Silke (2013): Detection of coronary thrombosis after multi-phase postmortem CT-angiography. In: *Leg Med (Tokyo)* 15 (1), S. 12–18. DOI: 10.1016/j.legalmed.2012.08.005.
- Penning, Randolph (2006): Rechtsmedizin systematisch. 2. Aufl. Bremen: UNI-MED (Klinische Lehrbuchreihe).
- Pfeiffer, T.; Sauer, J. (2013): Arbeitsschutz von A-Z 2014: Fachwissen im praktischen Taschenformat: Haufe Lexware.
- Poulsen, Klaus; Simonsen, Jørn (2007): Computed tomography as routine in connection with medico-legal autopsies. In: *Forensic Science International* 171 (2-3), S. 190–197. DOI: 10.1016/j.forsciint.2006.05.041.
- Prokop, M.; Engelke, C. (2007): Ganzkörper-Computertomographie: Spiral- und Multislice-CT ; 328 Tabellen: Thieme.
- Rein, H.; Schmidt, R.F; Thews, G. (2013): Physiologie des Menschen: Springer Berlin Heidelberg.
- Roberts, I.S.D; Benamore, R.E; Peebles, C.; Roobottom, C.; Traill, Z.C (2011): Diagnosis of coronary artery disease using minimally invasive autopsy: evaluation of a novel method of post-mortem coronary CT angiography. In: *Clinical Radiology* 66 (7), S. 645–650. DOI: 10.1016/j.crad.2011.01.007.
- Roberts, Ian S. D.; Benamore, Rachel E.; Benbow, Emyr W.; Lee, Stephen H.; Harris, Jonathan N.; Jackson, Alan 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. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)61483-9.
- Roberts, Ian S. D.; Traill, Zoe C. (2014): Minimally invasive autopsy employing post-mortem CT and targeted coronary angiography: evaluation of its application to a routine Coronial service. In: *Histopathology* 64 (2), S. 211–217. DOI: 10.1111/his.12271.
- Roessner, Albert (2008): Allgemeine Pathologie und Grundlagen der Speziellen Pathologie. 11. Aufl. München: Urban & Fischer in Elsevier.
- Rooke, Thom W.; Sullivan, Timothy M.; Jaff, Michael R. (2007): Vascular medicine and endovascular interventions. [Malden, MA]: Blackwell Futura.
- Rump, Gerhard (2003): Transfusionsmedizin compact. 65 Tabellen. Stuttgart [u.a.]: Thieme.
- Sattler, A. M. (2007): Fallbuch Kardiologie und Angiologie: Thieme.
- Schneider, Benjamin; Chevallier, Christine; Dominguez, Alejandro; Bruguier, Christine; Elandoy, Cristèle; Mangin, Patrice; Grabherr, Silke (2012): The Forensic Radiographer. In:

- The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 33 (1), S. 30–36. DOI: 10.1097/PAF.0b013e31820c6aa3.
- Schulze, Claudia; Hoppe, Hanno; Schweitzer, Wolf; Schwendener, Nicole; Grabherr, Silke; Jackowski, Christian (2013): Rib fractures at postmortem computed tomography (PMCT) validated against the autopsy. In: *Forensic Science International* 233 (1-3), S. 90–98. DOI: 10.1016/j.forsciint.2013.08.025.
- Schumpelick, V.; Kasperk, R.; Stumpf, M. (2013): *Operationsatlas Chirurgie*: Thieme.
- Schuster, Hans-Peter; Trappe, Hans-Joachim (2009): *EKG-Kurs für Isabel*. [Lernprogramm zur EKG-Befundung]. 4. Aufl. Stuttgart, New York: Thieme.
- Secchi, A.; Ziegenfuß, T. (2009): *Checkliste Notfallmedizin*: Thieme.
- Siegenthaler, W.; Aeschlimann, A. (2005): *Siegenthalers Differenzialdiagnose: innere Krankheiten - vom Symptom zur Diagnose*; 323 Tabellen: Thieme.
- Sogawa, Nozomi; Michiue, Tomomi; Ishikawa, Takaki; Inamori-Kawamoto, Osamu; Oritani, Shigeki; Maeda, Hitoshi (2014): Postmortem CT morphometry of great vessels with regard to the cause of death for investigating terminal circulatory status in forensic autopsy. In: *Int J Legal Med*. DOI: 10.1007/s00414-014-1075-0.
- Souza-Offtermatt, Gerlind (2004): *Intensivkurs Chirurgie*. Mit 306 Tabellen. 1. Aufl. München: Elsevier, Urban und Fischer (Klinik).
- Underwood, James (2012): Post-mortem imaging and autopsy: rivals or allies? In: *The Lancet* 379 (9811), S. 100–102. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)61584-5.
- van Aken, H. (2007): *Intensivmedizin*: Thieme.
- van Aken, H.K.; Reinhart, K.; Zimpfer, M.; Welte, T. (2006): *Intensivmedizin*: Thieme.
- van den Berg, F.; Cabri, J. (2007): *Angewandte Physiologie*: Thieme (Bd. 3).
- Villaverde, Raquel Vilarino; Vanhaebost, Jessica; Grabherr, Silke; Palmiere, Cristian (2014): Pulmonary artery rupture during Swan-Ganz catheterisation: A case report. In: *Leg Med (Tokyo)* 16 (2), S. 76–80. DOI: 10.1016/j.legalmed.2013.11.003.
- Vogel, Beatrice; Heinemann, Axel; Gehl, Axel; Hasegawa, Iwao; Höpker, Wilhelm-Wolfgang; Poodendaen, Chanasom et al. (2013a): Post-mortem computed tomography (PMCT) and PMCT-angiography after transvascular cardiac interventions. In: *Archiwum medycyny sadowej i kryminologii* 63 (4), S. 255–266.
- Vogel, Beatrice; Heinemann, Axel; Gulbins, Helmut; Treede, Hendrik; Reichenspurner, Hermann; Püschel, Klaus; Vogel, Hermann (2016): Post-mortem computed tomography and post-mortem computed tomography angiography following transcatheter aortic valve implantation†. In: *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery* 49 (1), S. 228–233. DOI: 10.1093/ejcts/ezv020.
- Vogel, Beatrice; Heinemann, Axel; Tzikas, Antonios; Poodendaen, Canasorn; Gulbins, Helmut; Reichenspurner, Hermann et al. (2013b): Post-mortem computed tomography (PMCT) and PMCT-angiography after cardiac surgery. Possibilities and limits. In: *Archiwum medycyny sadowej i kryminologii* 63 (3), S. 155–171.
- Vogl, Thomas J.; Rummeny, Ernst J.; Reith, Wolfgang; Balzer, J. O. (2011): *Diagnostische und Interventionelle Radiologie*. Berlin: Springer.
- Westphal, Saskia E.; Apitzsch, Jonas C.; Penzkofer, Tobias; Kuhl, Christiane K.; Mahnken, Andreas H.; Knüchel, Ruth (2014): Contrast-enhanced postmortem computed tomography in

clinical pathology: enhanced value of 20 clinical autopsies. In: *Human Pathology* 45 (9), S. 1813–1823. DOI: 10.1016/j.humpath.2014.05.007.

Wichmann, Dominic; Heinemann, Axel; Weinberg, Clemens; Vogel, Hermann; Hoepker, Wilhelm Wolfgang; Grabherr, Silke et al. (2014): Virtual autopsy with multiphase postmortem computed tomographic angiography versus traditional medical autopsy to investigate unexpected deaths of hospitalized patients: a cohort study. In: *Annals of internal medicine* 160 (8), S. 534–541. DOI: 10.7326/M13-2211.

Zerlauth, J-B; 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 Sci Int* 225 (1-3), S. 32–41. DOI: 10.1016/j.forsciint.2012.05.013.



## **11. Eidesstattliche Erklärung**

---

Franziska Maria Benedikter

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema:

**Ein deskriptiver Vergleich der konventionellen Autopsie  
mit der postmortalen CT-Angiographie  
anhand der Todesfälle nach ärztlichem Eingriff und der Diagnostik  
im Rahmen der Multicenterstudie VIRTANGIO**

Selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Weilheim, 11.04.2018

Franziska Benedikter

---

Ort, Datum

---

Unterschrift Doktorandin