Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität Hamburg
(Direktor: Prof. Dr. med. K. Püschel)
Universitätskrankenhaus Eppendorf

Komplikationen bei Herzkathetereingriffen, zentralen Venenkathetern und Herzschrittmacherimplantationen

Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors der Medizin
dem Fachbereich Medizin der Universität Hamburg vorgelegt
von

Nicola Schulz aus Bremervörde
Hamburg 2007

Angenommen vom Fachbereich Medizin
der Universität Hamburg am: 03.12.07
Veröffentlicht mit Genehmigung des Fachbereichs
Medizin der Universität Hamburg
Prüfungsausschuss, der Vorsitzende: Prof. Dr. K. Püschel
Prüfungsausschuss: 2. Gutachter: Prof. Dr. Th. Meinertz
Prüfungsausschuss: 3. Gutachter: Prof. Dr. H.-P. Beck-Bornholdt

INHALT

1. Arbeitshypothese und Fragestellung 1

2. Einleitung 2

3. Material und Methoden 6

4. Ergebnisse 8

4.1 Herzkatheter 8

4.1.1 Herzkatheterisierungen zu diagnostischen Zwecken 10

4.1.1.1 Alters- und Geschlechterverteilung 10

4.1.1.2 Punktionsorte 11

4.1.1.3 Vorerkrankungen 11

4.1.1.4 Eindeutig nachgewiesene Komplikationen 11

4.1.1.5 Mögliche Komplikationen 14

4.1.1.6 Unbestätigte Komplikationen 14

4.1.2 Ballonkatheterdilatationen 15

4.1.2.1 Punktionsorte 15

4.1.2.2 Vorerkrankungen 15

4.1.2.3 Eindeutig nachgewiesene Komplikationen 16

4.1.2.4 Mögliche Komplikationen 16

4.1.2.5 Unbestätigte Komplikationen 16

4.1.3 Ballonkatheterdilatationen in Kombination mit Stentimplantationen 17

4.1.3.1 Punktionsorte 17

4.1.3.2 Vorerkrankungen 17

4.1.3.3 Eindeutig nachgewiesene Komplikationen 17

4.1.3.4 Mögliche Komplikationen 18

4.1.3.5 Unbestätigte Komplikationen 18

4.1.4 Herzkatheteruntersuchungen in Kombination mit Stentimplantationen 18

4.1.4.1 Punktionsorte 18

4.1.4.2 Vorerkrankungen 19

4.1.4.3 Eindeutig nachgewiesene Komplikationen 19
4.1.4.4 Mögliche Komplikationen 19
4.1.5 Diverse Maßnahmen 19
4.1.5.1 Carotisangiographie 20
4.1.5.2 Aortenangiographie 20
4.1.5.3 Herzkatheteruntersuchung in Kombination mit einer Elektroablation 20
4.1.5.4 Bypassoperation in Kombination mit einer Herzschrittmacherimplantation und einem Pulmonalarterienkatheter 21
4.2 Zentrale Venenkatheter 22
4.2.1 Alters- und Geschlechterverteilung 22
4.2.2 Punktionsorte 23
4.2.3 Vorerkrankungen 23
4.2.4 Eindeutig nachgewiesene Komplikationen 23
4.2.5 Mögliche Komplikationen 26
4.3 Herzschrittmacherimplantationen 27
4.3.1 Punktionsorte 27
4.3.2 Vorerkrankungen 27
4.3.3 Eindeutig nachgewiesene Komplikationen 27
4.3.4 Mögliche Komplikationen 28
4.3.5 Unbestätigte Komplikationen 28
4.4 Juristische Konsequenzen 29

5. Diskussion 30
5.1 Herzkathetereingriffe 30
5.2 Zentrale Venenkatheter 49
5.3 Herzschrittmacherimplantationen 64
5.4 Auswertungsprobleme 70

6. Zusammenfassung 71

Literaturverzeichnis

Danksagung

Lebenslauf

Erklärung

1. Arbeitshypothese und Fragestellung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die auftretenden Komplikationen bei Herzkatheterinterventionen, dem Legen von zentralen Venenkathetern und der Implantation von Herzschrittmachern statistisch-deskriptiv darzustellen.
Hierbei soll untersucht werden, wie sich die Komplikationshäufigkeit im Laufe des Untersuchungszeitraumes von 1983 bis 2006 verändert hat und sich die Komplikationen in Bezug auf Geschlecht und Alter verteilen.
Weiterhin stellt sich die Frage nach der Anzahl der letal verlaufenden Komplikationen und der Anzahl der Komplikation, die lediglich eine mitwirkende Todesursache in Verbindung mit anderen Todesmechanismen darstellen.
Es soll aufgezeigt werden, ob auftretende Komplikationen durch bestimmte Faktoren, z. B eine Gefäßvorschädigung im Sinne einer Arteriosklerose, begünstigt werden.
Außerdem sollen in dieser Arbeit auch Möglichkeiten effektiver Präventivmaßnahmen zur Verhinderung von Komplikationen bei oben genannten Eingriffen diskutiert werden.

2. Einleitung

Pro Jahr werden weltweit ca. acht Millionen Kathetereingriffe zur Diagnostik und Therapie von Herz-Kreislauferkrankungen durchgeführt (144).
Die Zahl diagnostischer Herzkatheter und Koronarinterventionen ist in Deutschland von 1984 bis 2003 stetig gestiegen, so dass im Jahr 2003 pro 100000 Einwohner durchschnittlich 791 diagnostische Herzkatheter und 269 Koronarinterventionen durchgeführt wurden (139).
Die Zahlen invasiver Koronarinterventionen liegen in Deutschland höher als in den europäischen Nachbarländern (21).
Zentrale Venenkatheter werden allein in den USA ca. fünf Millionen Mal pro Jahr eingesetzt (91, 140).
Zentrale Venenkatheter sind auf Intensivstationen bei 80-100% der Patienten zu finden (7).
In den letzten Jahren ist in Deutschland ein stetiger Zuwachs an Neuimplantationen von Herzschrittmachern zu verzeichnen, so dass im Jahr 2003 51904 Herzschrittmacher implantiert wurden (87).

Die erste Katheterisierung der V. cava des Menschen wurde 1905 von Bleichroder im Rahmen einer Studie über die Leberzirrhose durchgeführt. Diese Katheterisierung wurde von ihm aber zunächst als unbedeutend eingeschätzt und erst im Jahre 1912 publiziert (17).
Die erste Rechtsherzkatheteruntersuchung des Menschen wurde im Jahre 1929 von Forssmann im Selbstversuch durchgeführt. Hierbei schob er sich einen Ureterenkatheter über die linke Armvene in den rechten Vorhof (41). Erst zwölf Jahre später, im Jahr 1941, wurde die Herzkatheteruntersuchung als diagnostische Möglichkeit von Cournand und Richards erkannt. Sie führten Rechtsherzkatheteruntersuchungen durch und zeichneten erstmalig den Pulmonalarteriendruck beim Menschen auf. Forßmann, Cournand und Richards erhielten 1956 den Nobelpreis für Medizin (7, 90).
Weitere wichtige Punkte in der Geschichte der invasiven Kardiologie sind in den darauf folgenden Jahren die Einführung der Seldinger-Technik 1957 (124, 125), der selektiven Koronarangiographie durch Sones 1959 (131), später durch Judkins 1967 (58) und die Katheterüberwachung durch Swan und Ganz im Jahre 1970 (134). Die erste Koronarangioplastie wurde 1977 von Grüntzig durchgeführt (46).
In der Geschichte des Herzschrittmachers ist das Jahr 1956 zu erwähnen, als der erste extrakorporale Schrittmacher für die Daueranwendung entwickelt wurde. 1958 erfolgte der

erste transvenöse Zugang durch Furman und Robinson, das Aggregat für den Schrittmacher lag aber noch extrakorporal. Im selben Jahr wurde von Elmquist und Senning der erste Schrittmacher mit von außen aufladbarem Akkumulator implantiert. 1963 gelang es Lagergren, eine Kombination von transvenösem Zugang und subkutanem batteriebetriebenem Schrittmacher zu entwickeln (39).

Bei der Herzkatheterisierung handelt es sich um eine Sondierung der Vorhöfe und Kammern des Herzens sowie der zuführenden und ableitenden Blutgefäße. Man unterscheidet zwischen Rechtsherzkatheterisierung und Linksherzkatheterisierung. Die Rechtsherzkatheterisierung erfolgt antegrad, transvenös und dient der Untersuchung der Hohlvenen, des rechten Vorhofes, der rechten Kammer sowie der zentralen und peripheren Lungenarterien, wobei Druckwerte und Sauerstoffsättigung in diesen Gebieten bestimmt werden können. Die Linksherzkatheterisierung wird retrograd, transarteriell durchgeführt und erlaubt Aussagen über die Aorta, den linken Vorhof, die linke Kammer, die Mitral- und Aortenklappenfunktion, die linksventrikuläre Pumpfunktion und dient der angiographischen Koronararteriendarstellung mittels Röntgenkontrastmittel. Weiterhin sei noch die PTCA (Perkutane transluminale Coronarangioplastie) erwähnt, die zur Eröffnung der Koronararterien nach Einengungen und kurzstreckigen Verschlüssen mit Hilfe hochdruckbelastbarer und formstabiler Ballons genutzt wird (30, 85, 102).
Die Zugangswege für eine Herzkatheterisierung können transfemoral, transaxillär, transbrachial, transsubclavial oder transjugulär gewählt werden (102). Bei der Linksherzkatheterisierung ist der Zugang über die A. femoralis mit über 95% der häufigste (76, 128).
Der Zugang kann entweder in Judkins- oder Sones-Technik erfolgen. Beim Zugang nach Judkins wird das Gefäß mit Hilfe der Seldinger-Technik perkutan mit einer Hohlnadel punktiert. Dann wird ein weicher Führungsdraht als Führungsschiene über die Kanüle in das Gefäß eingeführt, die Kanüle entfernt und der Katheter über den Führungsdraht in das Gefäß vorgeschoben. Im Gegensatz dazu wird bei der Sones-Technik der Katheter erst über operative Freilegung des Gefäßes eingeführt.
Heutzutage wird der Zugang häufig durch perkutane Punktion in Seldinger-Technik und nur noch selten über Venotomie oder Arteriotomie in Sones-Technik gewählt (85, 90, 102).
Der zentrale Venenkatheter wird ebenfalls am häufigsten mittels Seldinger-Technik gelegt (7).

Im Pschyrembel steht unter „zentraler Venenkatheter“: „Kunststoffkatheter, der meist nach Punktion einer Vene im Bereich der oberen Körperhälfte (V. mediana cubiti, V. cephalica, V. basilica, V. jugularis externa u. V. jugularis interna, V. subclavia) in das venöse Gefäßsystem eingeführt und in die V. cava superior herznah vorgeschoben wird“ (110).
Indikationen bestehen in der Bestimmung des zentralvenösen Druckes, der Verabreichung von venenreizenden sowie kreislaufwirksamen Mitteln, der parenteralen Ernährung und der Sicherstellung eines venösen Zugangs bei Patienten mit schlechten Venen (7).
Die Herzschrittmacherimplantation erfolgt als venöse endokardiale Implantationstechnik. Zugangsorte für die Schrittmacherkabel sind V. cephalica, V. subclavia, V. jugularis externa und V. jugularis interna. Die Nutzung von V. jugularis externa und interna war besonders zu Beginn der Herzschrittmacherimplantationstechnik gebräuchlich. Durch den erhöhten chirurgischen Aufwand und erhöhte Komplikationsraten werden diese Gefäße heutzutage nicht mehr berücksichtigt (77, 89).
Der Zugang für die Elektroden wird seitdem entweder durch Venotomie der freipräparierten V. cephalica oder durch Punktion der V. subclavia mittels Seldinger-Technik geschaffen.
Die V. cephalica birgt zwar eine geringe Komplikationsrate, schränkt ihre Verwendbarkeit jedoch oft durch ihre geringe Größe und ihren atypischen Verlauf ein, so dass sich die V. subclavia zum häufigsten Zugangsort entwickelt hat (39, 77, 89, 90).
Die Elektroden des Schrittmachers werden im rechten Vorhof und in der rechten Kammer verankert. Die Schrittmachertasche wird durch einen Hautschnitt unterhalb der Clavicula im Sulcus deltoideo-pectoralis präpariert und das Schrittmacheraggregat nach Anschluss an die Elektroden in diese eingebracht (77, 89, 90).

Herzkatheterinterventionen, Herzschrittmacherimplantationen und insbesondere das Legen von zentralvenösen Kathetern sind heutzutage zu Routinemaßnahmen geworden (7, 70).
Obwohl die Zahl diagnostischer Katheterisierungen in den letzten Jahren deutlich angestiegen ist, blieb die Komplikationsrate bei Herzkatheteruntersuchungen konstant und nahm bei der Herzkathetertherapie sogar ab (50). Dies ist der zunehmenden Erfahrung der Untersucher und der verbesserten Technologie zu verdanken (50, 85).
Da es sich bei diesen Verfahren jedoch um invasive Maßnahmen handelt, können sowohl leichtere als auch schwerwiegendere Komplikationen auftreten (7)
Bei der Implantation von Herzschrittmachern unterscheidet man zwischen intraoperativ entstandenen Komplikationen, wie z. B. Blutungen, Luftembolien, Gefäß- oder

Myokardperforationen mit Herzbeuteltamponade, Herzrhythmusstörungen und postoperativ entstandenen Komplikationen, wie z. B. Infektionen und Hämatomen (39, 90).

Die Komplikationsrate sowie Komplikationsart bei dem Legen von zentralen Venenkathetern variiert und hängt stark von der Wahl des Zugangsweges ab (7, 50).

Insgesamt treten Komplikationen bei bis zu 15% aller Patienten mit zentralen Venenkathetern auf (91). Tödliche Komplikationen ereignen sich mit einer Häufigkeit von 0,1% (22).

Das Risiko schwerer Komplikationen während einer Koronarangiographie beträgt weniger als 0,3% (14, 85).

Heintzen et al. beschreiben bei ihren Untersuchungen eine Komplikationsrate von 0,42% peripherer lokaler Gefäßkomplikationen bei Herzkatheterisierungen (50).

3. Material und Methoden

Die Protokolle aller in den Jahren 1983 bis einschließlich 2006 durch Ärzte des Instituts für Rechtsmedizin Hamburg bzw. des Gerichtsärztlichen Dienstes der Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales der Hansestadt Hamburg durchgeführten Sektionen wurden retrospektiv auf die Frage aufgetretener Komplikationen bei Herzkatheteruntersuchungen, beim Legen zentraler Venenkatheter und bei Herzschrittmacherimplantationen analysiert. Der Verdacht aufgetretener Komplikationen bestand in 68 Sektionsfällen. In die Auswertung wurden Sektionsfälle aufgenommen, in denen die Komplikationen nach Abschluss der Obduktion bestätigt wurden. Weiterhin wurden Fälle berücksichtigt, in denen die Komplikationen den zugehörigen Maßnahmen nicht mit Sicherheit zugeordnet werden konnten, jedoch sehr wahrscheinlich erschienen. Todesfälle, in denen sich der Verdacht einer Komplikation durch die Obduktion nicht bestätigte, die Komplikationen aber in engem zeitlichen Zusammenhang mit einer der oben genannten Maßnahmen standen, wurden ebenfalls in die Untersuchung einbezogen.
Das freundliche Einverständnis der Staatsanwaltschaft Hamburg ermöglichte die Einsichtnahme in insgesamt 11 Ermittlungsakten, um einen Einblick in die strafrechtlichen Konsequenzen entstandener Komplikationen bei oben genannten Eingriffen zu gewinnen. Eine Erklärung über die Einhaltung des Datenschutzes wurde unterzeichnet.
Eine genaue Auswertung unter dem Gesichtspunkt juristischer Konsequenzen war schwierig, da nicht in allen Sektionsakten Informationen zu gutachterlichen Stellungnahmen und Todesermittlungsverfahren enthalten waren. Eine Einsichtnahme in die Ermittlungsakten der Staatsanwaltschaft war nur noch bedingt möglich, da viele Akten nach Ablauf der Aufbewahrungsfristen bereits vernichtet worden waren oder es sich z. T. um laufende Verfahren handelte.

Die Einteilung der Arteriosklerose in verschiedene Schweregrade erfolgte in Anlehnung an Stary 1995 (132). Kriterien für eine geringgradige Arteriosklerose waren lediglich vorhandene flache Fettplaques. Eine mittelgradige Arteriosklerose verlangte das Vorhandensein von bereits lichtungseinengenden Fettplaques. Die Zuordnung zu einer hochgradigen Arteriosklerose erfolgte aufgrund einer fortgeschrittenen Gefäßverkalkung.
Die Gewichtsklassifikation wurde anhand der üblichen Body-Mass-Index-Einteilung vorgenommen. Ein Untergewicht liegt ab einem BMI von weniger als 18,5 kg/m² vor. Zwischen 18,5 und 24,9 kg/m² liegt ein Normalgewicht vor. Ab 25 bis 29,9 kg/m² ist ein

Übergewicht klassifiziert. Eine Adipositas setzt Werte zwischen 30 und 39,9 kg/m² voraus. Über 40 kg/m² liegt eine schwere Adipositas vor.

4. Ergebnisse

In den Jahren 1983 bis 2006 wurden 27241 Obduktionen von Ärzten des Instituts für Rechtsmedizin der Universität bzw. von Ärzten des Gerichtsärztlichen Dienstes der Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales der Hansestadt Hamburg in deren Zulässigkeitsbereich, der Teile Niedersachsens und Schleswig-Holsteins mit einschließt, vorgenommen.

Die Anzahl der Maßnahmen sowie der Komplikationen übersteigt die der Sektionsprotokolle, da bei einigen Personen mehrere Maßnahmen, wie z. B. eine Herzkatheteruntersuchung und das Legen eines zentralen Venenkatheters durchgeführt wurden und bei einigen Patienten verschiedene Komplikationen als Folge einer einzelnen Maßnahme auftraten.

Es wurden insgesamt 68 Sektionsprotokolle mit 70 Maßnahmen und 79 Komplikationen in die Studie eingeschlossen. Diese teilen sich in 42 Herzkathetermaßnahmen mit 49 Komplikationen, 21 Zentrale Venenkatheter mit 23 Komplikationen und sieben Herzschrittmacherimplantationen mit sieben Komplikationen auf.

Die 68 Sektionen entsprechen 0.25% aller im Untersuchungszeitraum im Institut für Rechtsmedizin durchgeführten Sektionen.

Bei zwei Sektionen handelte es sich um sogenannte Verwaltungssektionen im Auftrag der Angehörigen, eine Sektion wurde privat von Angehörigen in Auftrag gegeben. Die übrigen Sektionen wurden als gerichtliche Sektionen auf staatsanwaltschaftliche Anordnung durchgeführt.

Die Komplikationen können unterteilt werden in eindeutig nachgewiesene Komplikationen, wahrscheinliche oder vermutete Komplikationen, die durch die Obduktion nicht sicher nachzuweisen waren und zunächst vermutete, jedoch nicht bestätigte Komplikationen, die in engem zeitlichem Zusammenhang mit einer Behandlungsmaßnahme standen, aber nicht ursächlich mit dieser in Verbindung zu bringen waren und daher nach Abschluss der Begutachtung nicht mehr als Komplikationen zu klassifizieren sind.

4.1 Herzkatheter

Es wurden insgesamt 42 Herzkathetermaßnahmen mit 49 Komplikationen herausgearbeitet. Darunter waren 20 rein diagnostische Prozeduren mit 22 Komplikationen, 10 Ballonkatheterdilatationen mit 13 Komplikationen, fünf

Ballonkatheterdilatationen mit Stentimplantationen mit sieben Komplikationen, drei Herzkatheteruntersuchungen mit Stentimplantationen, eine Herzkatheteruntersuchung mit Elektroablation, eine Carotisangiographie sowie eine Aortenangiographie. In einem weiteren Fall war nicht ganz klar, bei welchem Eingriff die Komplikation verursacht wurde. Bei diesem Patienten wurde ein Pulmonalarterienkatheter gelegt, ein Herzschrittmacher implantiert und eine Bypassoperation durchgeführt.

Abbildung 1 zeigt die Anzahl aller durchgeführten Sektionen der Jahre 1992 - 2006 sowie die Anzahl der Sektionen, bei denen Herzkatheter mit nachfolgenden Komplikationen beschrieben sind. Die Jahre 1983 - 1991 wurden nicht mit aufgenommen, da in diesen Jahren keine Komplikationen bei Herzkatheterdurchführungen erfasst wurden.

Der jährliche prozentuale Anteil der Sektionen, in denen Komplikationen bei Herzkatheterdurchführungen beschrieben sind, an der Anzahl aller Sektionen, schwankte zwischen 0% und 0,72%. In den Jahren 1993 und 1994 wurden keine Sektionen nach Herzkatheterkomplikationen durchgeführt. Der höchste prozentuale Anteil findet sich im Jahr 2003 mit 0.72%.

Eine allgemeine Tendenz lässt sich aus den Daten nicht ableiten.

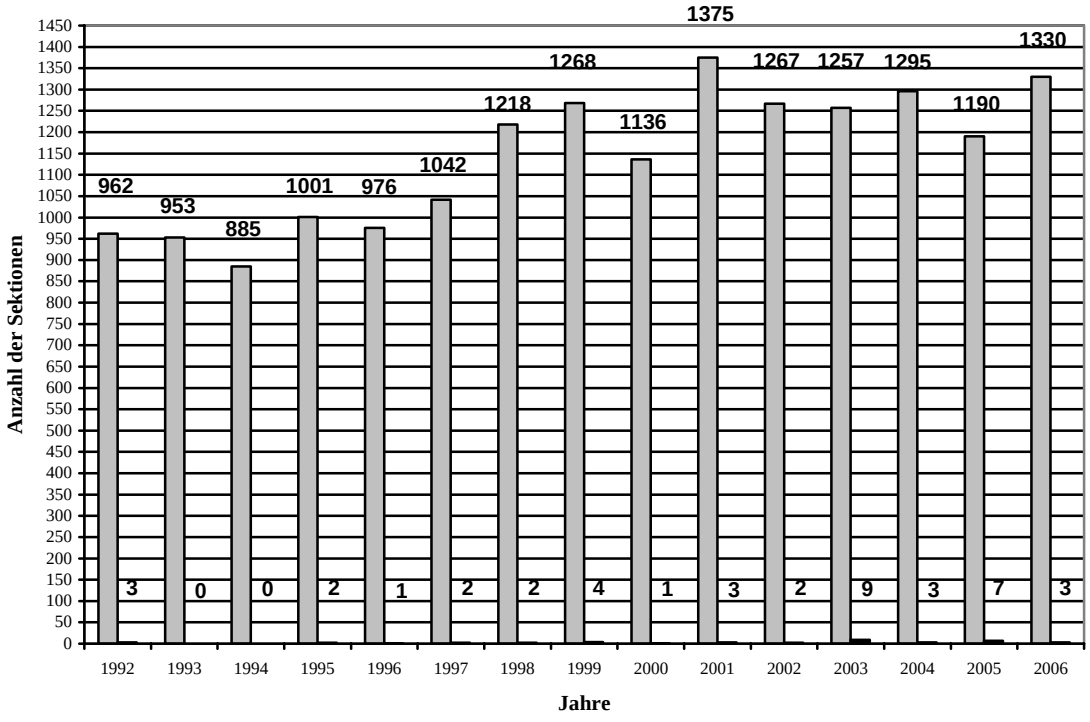

Abb. 1: Anzahl aller durchgeführten Sektionen des Instituts für Rechtsmedizin der Universität Hamburg der Jahre 1992 bis 2006 sowie Anzahl der Sektionen, in den Herzkatheterdurchführungen mit nachfolgenden Komplikationen beschrieben sind (Reihe 1: Sektionen insgesamt, Reihe 2: Sektionen bei denen Komplikationen nach Herzkatheterdurchführungen beschrieben wurden)

4.1.1 Herzkatheterisierungen zu diagnostischen Zwecken

Bei 20 durchgeführten Herzkatheteruntersuchungen kam es zu 22 Komplikationen, da in zwei Fällen jeweils zwei Komplikationen auftraten. Diese 22 Komplikationen sind in 11 eindeutig nachgewiesene und acht fragliche Komplikationen zu unterteilen. In einem Fall bestand zwischen der Herzkatheteruntersuchung und der Todesursache laut Sektionsergebnis kein Zusammenhang. Auffällig war hier nur die nahe zeitliche Verbindung. In zwei weiteren Fällen bestand sehr wahrscheinlich auch lediglich ein enger zeitlicher Zusammenhang zwischen dem Versterben der Patienten und den Herzkatheteruntersuchungen. Weitere Aussagen lassen sich nicht treffen, da es sich in beiden Fällen um Verwaltungssektionen handelte und genaue Angaben zur medizinischen Vorgeschichte fehlen.

4.1.1.1 Alters- und Geschlechterverteilung

13 Patienten waren männlichen und sieben weiblichen Geschlechts (männlich: 65%, weiblich: 35%). Alle Komplikationen traten bei Patienten im Alter zwischen 50 und 82 Jahren auf. In der Altersgruppe von null bis 49 Jahren und über 82 Jahren lagen im Untersuchungsgut keine Komplikationen durch Herzkatheteruntersuchungen vor.

Die meisten Komplikationen waren in der Altersgruppe von 70 bis 79 Jahren zu finden, wobei der Anteil des weiblichen Geschlechts höher lag als der des männlichen Geschlechts. In den anderen Altersgruppen von 50 bis 59, 60 bis 69 und 80 bis 89 überwog jedoch der Anteil des männlichen Geschlechts deutlich.

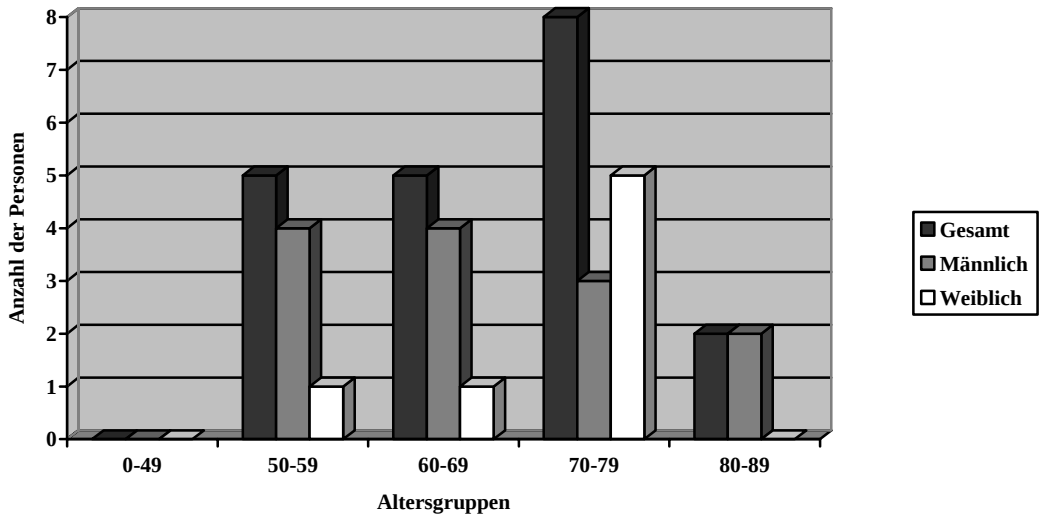

Abb. 2: Geschlechterverteilung von Patienten verschiedener Altersgruppen, die Komplikationen durch Herzkatheteruntersuchungen erlitten haben

4.1.1.2 Punktionsorte

Am häufigsten wurde die rechte A. femoralis als Punktionsort gewählt (10mal). In zwei Fällen wurden sowohl die rechte A. femoralis als auch die rechte V. femoralis punktiert, da Rechts- und Linksherzkatheteruntersuchung durchgeführt wurden. Vier mal konnte lediglich die Leiste als Punktionsort nachvollzogen werden. In weiteren vier Fällen wurde der Punktionsort nicht angegeben und konnte auch durch die äußere Leichenschau nicht identifiziert werden.

4.1.1.3 Vorerkrankungen

Das Patientenkollektiv, bei dem rein diagnostische Herzkatheterisierungen durchgeführt wurden und Komplikationen auftraten, wurde bezüglich kardiovaskulär relevanter Vorerkrankungen untersucht.

17 von 20 Patienten wiesen laut Sektionsergebnis eine hochgradige, zwei Patienten eine mittelgradige und ein Patient eine geringgradige allgemeine Arteriosklerose auf.

Eine hochgradige Koronararteriensklerose wiesen 15 von 20 Patienten auf. Drei Patienten litten an einer mittelgradigen und zwei Patienten an einer geringgradigen Koronararteriensklerose.

Alte Herzinfarktnarben ergaben sich achtmal (40%). 12mal wurde im Sektionsprotokoll kein älterer Herzinfarkt beschrieben.

Vier von 20 Patienten wiesen Bypässe auf (22%). Dabei handelte es sich um drei dreifache aortokoronare Bypässe sowie einen zweifachen aortokoronaren Venenbypass.

Bei vier Patienten bestand eine Adipositas und bei fünf Patienten ein leichtes Übergewicht. Acht Patienten wiesen ein Normalgewicht auf. Bei drei Patienten lagen keine Angaben über das Gewicht vor.

In den fünf Fällen, in denen die Komplikationen in Gefäßperforationen oder Gefäßdissektionen bestanden, waren drei auf hochgradige arteriosklerotische Gefäßveränderungen zurückzuführen. In einem Fall lag im Perforationsbereich keine krankhafte Veränderung vor. In einem weiteren Fall lagen keine Angaben zu krankhaften Veränderungen vor.

4.1.1.4 Eindeutig nachgewiesene Komplikationen

Von insgesamt 22 dokumentierten Verdachtsfällen auf Komplikationen wurden im Rahmen der Obduktion 11 eindeutig nachgewiesen (je eine Komplikation bei fünf

männlichen und fünf weiblichen Patienten, bei einer Patientin traten zwei Komplikationen auf).

Den größten Teil der Komplikationen bildeten mit je dreimal Weichteilblutungen an der Punktionsstelle in der Leistengegend und Gefäßdissektionen. Eine dieser Weichteilblutungen ist als Aneurysma spurium beschrieben. Die Dissektionen betrafen zweimal die linke Herzkranzarterie und einmal die Aorta abdominalis bis in die A. carotis communis. Am zweithäufigsten traten Perforationen auf (zweimal). Diese betrafen einmal die A. pulmonalis und die Pleura mit der Folge eines Hämato-Pneumothorax (950ml im Thorax) und einmal den vorderen absteigenden Ast sowie den umlaufenden Ast der linken Herzkranzarterie. Mit je einmal folgten eine Luftembolie, eine retroperitoneale Blutung und eine subendokardiale Blutung im linken Vorhof.

Todesursächlich waren fünf Komplikationen. Hierbei handelte es sich in einem Fall um eine Kombination von Verbluten und Ersticken als Folge einer Perforation der A. pulmonalis und der Pleura. In einem anderen Fall war die Todesursache ein kombiniertes Links- und Rechtsherzversagen infolge ausgedehnter Herzmuskelinfarzierung sowie infolge einer Luftembolie (138). In der Folge einer Dissektion des Hauptstammes der linken Herzkranzarterie kam es in einem weiteren Fall zu einer frischen Thrombose in diesem Bereich und nachfolgend zu einem tödlichen Herzinfarkt. Bei einem anderen Patienten kam es nach einer Blutung im Bereich der Punktionsstelle zu einer inneren Blutung und einer Einblutung in die Weichteile mit nachfolgendem Multiorganversagen. Im Fall der Dissektion der Aorta abdominalis bis in die A. carotis communis folgte ein tödlicher Hirninfarkt.

In drei Fällen war nicht sicher davon auszugehen, dass die eingetretene Komplikation auch todesursächlich war. In einem dieser Fälle wurde durch die Herzkatheteruntersuchung eine Dissektion des Hauptstammes der linken Herzkranzarterie hervorgerufen. Der Patient verstarb an einem ausgedehnten Herzinfarkt bei hochgradig stenosierender, teilweise vollständig verschließender Koronararteriensklerose. Ob zwischen der eingetretenen Komplikation und dem Tod ein ursächlicher Zusammenhang bestand, konnte nicht sicher geklärt werden, weil es aufgrund der schwersten vorbestehenden Gefäßveränderungen auch ohne die Dissektion jederzeit zum Auftreten eines Herzinfarktes hätte kommen können. Bei einem Patienten kam es zu einer massiven retroperitonealen Blutung. Als Todesursache wurde ein Reinfarkt bei Koronararteriensklerose und –thrombose festgestellt. Auch hier konnte nicht sicher beantwortet werden, ob die Blutung den Todeseintritt mitbestimmt hat. Eine Patientin verstarb an akutem Herzversagen infolge

eines frischen Herzinfarktes. Komplikation während der Herzkatheteruntersuchung war in diesem Fall eine Perforation des vorderen absteigenden Astes sowie des umlaufenden Astes der linken Herzkranzarterie. Inwiefern schon vor der Untersuchung Anhaltspunkte für einen Herzinfarkt vorlagen, konnte durch die Sektion nicht genau geklärt werden.

In zwei Fällen waren die Komplikationen nicht todesursächlich. Hierbei handelte es sich in einem Fall um ein dem Eingriff entsprechendes Hämatom in der Leistengegend, in einem anderen Fall um eine subendokardiale Blutung im linken Vorhof.

In einem Fall war die verursachte Komplikation eine Blutung im Leistenbereich. Dieser Blutung folgte die Verlegung auf die Intensivstation, wo sich ein akutes Abdomen entwickelte. Ob ein ursächlicher Zusammenhang bestand, wurde nicht geklärt. Die Patientin verstarb jedoch an einem Herzkreislaufversagen bei Trachealruptur in Kombination mit infektiös-toxischen Organschäden.

Die Überlebenszeit der Komplikationen, die todesursächlich waren oder möglicherweise mit dem Tod der Patienten in Zusammenhang standen, lag zwischen einigen Minuten und 22 Tagen. In zwei Fällen lagen keine Angaben vor.

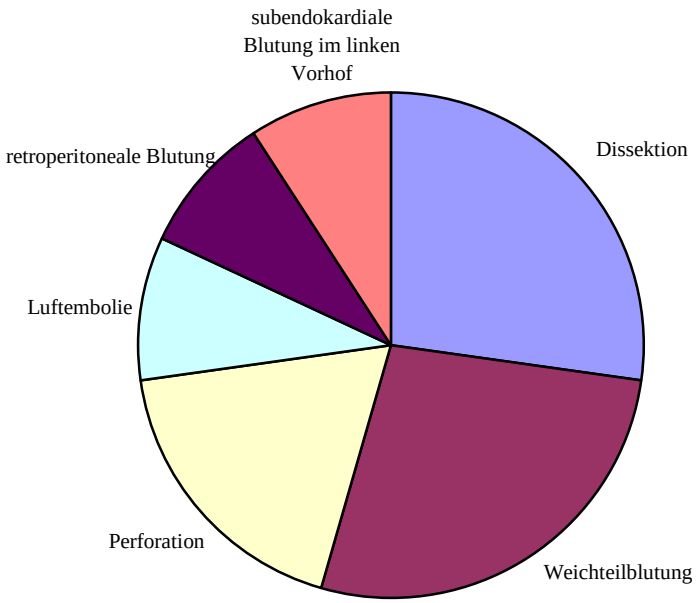

Abb. 3: Eindeutig nachgewiesene Komplikationen bei der Durchführung von Herzkatheteruntersuchungen

4.1.1.5 Mögliche Komplikationen

Bei acht von insgesamt 22 erfassten Komplikationen während Herzkatheteruntersuchungen war der Kausalzusammenhang nicht sicher nachzuweisen. Diese Komplikationen können mit den Eingriffen in direktem Zusammenhang stehen, können jedoch auch ohne deren Einwirkung entstanden sein. Sechs Patienten waren männlich, zwei weiblich (männlich: 75%, weiblich: 25%).

In vier Fällen (50%) kam es zu einem Herzinfarkt. Kammerflimmern trat in zwei Fällen auf. In einem Fall bestand die Komplikation in einer Thrombose der A. femoralis. In einem weiteren Fall trat eine Sepsis auf.

Sechs der acht möglichen Komplikationen führten zum Tod. Die Todesursache war in fünf Fällen ein Herzinfarkt. Vier dieser fünf Herzinfarkte waren Komplikation und Todesursache zugleich. In einem Fall bestand die Komplikation in Kammerflimmern, die Todesursache war ein Herzinfarkt. In einem Fall war die Todesursache Folge der Sepsis.

In einem weiteren Fall führte die Herzkatheteruntersuchung zu einer Thrombose der A. femoralis, in deren Folge das Bein amputiert werden musste. Der Patient verstarb jedoch erst 97 Tage nach der stattgefundenen Herzkatheteruntersuchung an einem Herzinfarkt. In einem anderen Fall erlitt ein Patient einen Tag nach einer Herzkatheteruntersuchung ein Kammerflimmern und verstarb. Die Todesursache konnte im Rahmen der Sektion nicht abschließend geklärt werden.

Die Überlebenszeit dieser Komplikationen bei Herzkatheteruntersuchungen lag zwischen einigen Minuten und 97 Tagen. In einem Fall lag keine Angabe vor.

4.1.1.6 Unbestätigte Komplikationen

In drei Fällen war kein ursächlicher Zusammenhang zwischen Todesursache und Herzkatheteruntersuchung festzustellen. In diesen Fällen bestand höchstwahrscheinlich nur ein zeitlicher Zusammenhang. Ein Patient verstarb drei Tage nach einer Herzkatheteruntersuchung an einer Herzbeuteltamponade bei vorbestehendem Aneurysma dissecans der Aorta. Eine Patientin verstarb eine Woche nach einer Herzkatheteruntersuchung an einer fulminanten Lungenembolie. Eine Embolіequelle wurde nicht nachgewiesen. Ein weiterer Patient erlitt eine tödliche Lungenembolie sechs Tage nach einer durchgeführten Herzkatheteruntersuchung. In diesem Fall fand sich eine Schwellung der rechtsseitigen Leistenregion mit zentralem Hämatom sowie ein 16 x 12 cm durchmessendes Hämatom an der Innenseite des rechten Oberschenkels, die auf das Unterhautfettgewebe beschränkt waren. Das inguinale Hämatom könnte die Thrombose

begünstigt haben. Mit der im Strafrecht erforderlichen Sicherheit konnte dies jedoch gutachterlich nicht bejaht werden.

4.1.2 Ballonkatheterdilatationen

Es wurden 10 Ballonkatheterdilatationen dokumentiert, bei denen insgesamt 13 Komplikationen auftraten. Sechs Patienten waren männlichen, vier weiblichen Geschlechts (männlich: 60%, weiblich: 40%)

Das Alter der Patienten lag zwischen 32 und 83 Jahren.

Unter diesen 13 Komplikationen bestand in sieben Fällen eindeutig ein Kausalzusammenhang zwischen der Ballonkatheterdilatation und der Komplikation. In fünf Fällen handelte es sich um mögliche Komplikationen. In einem Fall bestand kein ursächlicher, sondern nur ein zeitlicher Zusammenhang zwischen der Todesursache und der Ballonkatheterdilatation.

4.1.2.1 Punktionsorte

Die A. femoralis wurde in 9 Fällen als Punktionsort verwendet (siebenmal rechts, zweimal links). Einmal lag keine Angabe vor.

4.1.2.2 Vorerkrankungen

Alle 10 Patienten, die sich Ballonkatheterdilatationen unterzogen, wiesen laut Sektionsergebnis eine hochgradige allgemeine Arteriosklerose sowie eine hochgradige Koronararteriensklerose auf.

Bei sieben von 10 Patienten fanden sich bei der Sektion alte Herzinfarktnarben.

Bypässe wurden nur bei einem von 10 Patienten festgestellt. Dabei handelte es sich um eine Verpflanzung der linken A. thoracica interna zum vorderen absteigenden Ast der linken Herzkranzarterie und einen Bypass von der Aorta zur rechten Herzkranzarterie.

Bezüglich des Körpergewichts der Patienten ergab sich einmal eine massive Adipositas, einmal eine Adipositas, dreimal ein Übergewicht und einmal ein Untergewicht. Dreimal lag Normalgewicht vor. In einem Fall lag keine Angabe zum Gewicht vor.

In den sechs Fällen, in denen die Komplikationen in Gefäßperforationen, Gefäßdissektionen oder Weichteilblutungen an der Punktionsstelle bestanden, wurden vier durch vorgeschädigte Gefäße im Sinne einer Arteriosklerose begünstigt. In zwei Fällen lagen keine Angaben zu Gefäßvorschädigungen an der Perforationsstelle vor.

4.1.2.3 Eindeutig nachgewiesene Komplikationen

Es traten sieben eindeutig nachgewiesene Katheterkomplikationen auf. In drei dieser Fälle wurden Weichteilteilblutungen an der Punktionsstelle beschrieben. Je einmal traten eine Koronararterienembolie des umlaufenden Astes der linken Herzkranzarterie mit nachfolgendem Herzinfarkt, eine Dissektion des umlaufenden Astes der linken Herzkranzarterie, eine Dissektion im Abgangsbereich der A. thoracica interna aus der A. subclavia sinistra und eine Perforation der linken A. iliaca communis auf.

Die Koronararterienembolie im umlaufenden Ast der linken Herzkranzarterie führte zum Tod, da dieser ein Herzinfarkt folgte. In einem anderen Fall führte die Dissektion des umlaufenden Astes der linken Herzkranzarterie zu einer Thrombose eines Astes dieses Gefäßes mit nachfolgendem tödlichen Herzinfarkt. Die Dissektion im Abgangsbereich der A. thoracica interna aus der A. subclavia sinistra wies keine nennenswerte Blutung oder Gerinnselbildung auf. Zwei Weichteilblutungen, von denen eine chirurgisch versorgt wurde, sowie die Perforation der linken Beckenarterie, ebenfalls suffizient übernäht, standen nicht ursächlich mit dem Tod der Patienten in Verbindung.

Eine massive Weichteilblutung hat den Todeseintritt höchstwahrscheinlich mitbestimmt.

Die Überlebenszeit dieser Komplikationen nach den therapeutischen Eingriffen lag zwischen ein und zwei Tagen. In zwei Fällen lagen keine Angaben vor.

4.1.2.4 Mögliche Komplikationen

Mögliche Komplikationen nach Ballondilatationen traten fünfmal auf. In drei Fällen folgte dem Eingriff ein tödlicher Herzinfarkt. In einem Fall handelte es sich um eine Koronararterienthrombose der rechten Herzkranzarterie mit ebenfalls nachfolgendem tödlichen Herzinfarkt. In diesen Fällen ließ sich die Maßnahme jedoch nicht mit Sicherheit als Auslöser dieser Infarkte bestimmen. Der Zusammenhang ist aber denkbar. In einem Fall erlitt ein Patient eine tödliche Lungenembolie.

Die Überlebenszeit lag zwischen ein und sieben Tagen. In zwei Fällen lag keine Angabe zur Überlebenszeit vor.

4.1.2.5 Unbestätigte Komplikationen

In einem Fall bestand kein ursächlicher Zusammenhang zwischen der Ballonkatheterdilatation und der Todesursache. Der Todeseintritt und die therapeutische Maßnahme lagen lediglich in engem zeitlichen Zusammenhang. Der Patient kollabierte eine Stunde nach dem Eingriff und verstarb an einer Herzbeuteltamponade infolge eines

Herzinfarktes mit Wandruptur der Herzvorderwand. Der Herzinfarkt, der zur Herzbeuteltamponade führte, war jedoch schon etwa sieben Tage alt. Weiterhin erlitt der Patient drei Tage vor seinem Tod einen erneuten Herzinfarkt.

4.1.3 Ballonkatheterdilatationen in Kombination mit Stentimplantationen

Bei fünf (ein männlicher Patient, vier weibliche Patienten) Eingriffen traten sieben Komplikationen auf, da bei einer Patientin drei Komplikationen auftraten. Das Alter der Patienten lag zwischen 51 und 84 Jahren.

4.1.3.1 Punktionsorte

Als Punktionsort wurde dreimal die rechte A. femoralis gewählt. Zweimal lag keine Angabe vor.

4.1.3.2 Vorerkrankungen

Vier Patienten wiesen eine hochgradige und ein Patient eine geringgradige allgemeine Arteriosklerose auf.

Viermal wurde eine hochgradige und einmal eine mittelgradige Koronararteriensklerose nachgewiesen.

Die Sektion ergab bei zwei Patienten einen Zustand nach älterem Herzinfarkt.

Ein Bypass wurde bei keinem Patienten identifiziert.

Eine Adipositas, ein Übergewicht und ein Normalgewicht wurden je einmal ermittelt. In zwei Fällen lagen keine Angaben zum Gewicht vor.

Ob die Blutungen an der Punktionsstelle im Bereich der Leiste in zwei Fällen durch Gefäßvorschädigungen begünstigt wurden, wurde anhand der Sektionsprotokolle nicht ersichtlich. In einem weiteren Fall, in dem es sich um eine Perforation einer kleinen Nierenarterie handelte, wurde aus dem Sektionsprotokoll ebenfalls nicht ersichtlich, ob die Perforation durch Gefäßvorschädigungen hervorgerufen wurde. Die Patientin litt jedoch an einer hochgradigen allgemeinen Arteriosklerose.

4.1.3.3 Eindeutig nachgewiesene Komplikationen

Es wurden fünf eindeutig nachgewiesene Komplikationen dokumentiert. In einem Fall handelte es sich um einen Herzinfarkt mit tödlichem Ausgang. In einem weiteren Fall folgte dem Eingriff eine ausgedehnte Weichteilblutung, die jedoch therapiert wurde. Es besteht die Möglichkeit, dass diese Komplikation den Tod mit begünstigt hat. Die Patientin

verstarb an einem infektiös-toxischen Herzkreislaufversagen bei beidseitiger Pneumonie. In einem weiteren Fall kam es zu einer Weichteilblutung in der Leistenregion, die jedoch keine mittodesursächliche Wirkung hatte. Diese Patientin verstarb an einer Herzbeuteltamponade nach einem frischen Herzinfarkt. Die vierte eindeutig nachgewiesene Komplikation war eine Perforation einer kleinen Nierenarterie mit einer über eine Reihe von Faktoren ausgelösten tödlichen Lungenembolie. Bei der fünften Komplikation handelte es sich um eine Dissektion (Typ A nach National Heart, Lung and Blood Institute (29)) des vorderen absteigenden Astes der linken Herzkranzarterie.
Die Überlebenszeiten lagen zwischen einigen Stunden und 19 Tagen.

4.1.3.4 Mögliche Komplikationen

Eine mögliche Komplikation nach einer Stentimplantation war eine Koronararterienthrombose proximal eines eingelegten Stents der rechten Herzkranzarterie mit nachfolgendem tödlichen Herzinfarkt. Ob diese Koronarthrombose mit dem Eingriff ursächlich im Zusammenhang stand oder unabhängig von diesem auftrat, konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

4.1.3.5 Unbestätigte Komplikationen

In einem Fall bestand wahrscheinlich nur ein zeitlicher und kein ursächlicher Zusammenhang zwischen der therapeutischen Maßnahme und der Todesursache. Die Patientin verstarb an einem etwa vier Tage vor dem Tode stattgehabten Herzinfarkt. Der Eingriff fand jedoch drei Tage vor ihrem Tod statt.

4.1.4 Herzkatheteruntersuchungen in Kombination mit Stentimplantationen

Es wurden drei Fälle identifiziert, bei denen je eine Komplikation auftrat. Diese teilen sich auf in eine sichere und zwei mögliche Komplikationen.
Das Alter der Patienten lag zwischen 55 und 85 Jahren.
Es handelte sich um zwei männliche und einen weiblichen Patienten (männlich: 66,6%, weiblich: 33,3%).

4.1.4.1 Punktionsorte

Punktionsort war in zwei Fällen die rechte A. femoralis. In einem Fall lag keine Angabe vor.

4.1.4.2 Vorerkrankungen

Von den drei Patienten wies ein Patient eine mittel- bis hochgradige allgemeine Arteriosklerose auf. Zwei Patienten wiesen eine mittelgradige allgemeine Arteriosklerose auf.

Eine hochgradige Koronararteriensklerose wurde zweimal identifiziert. Einmal wurde eine mittelgradige Koronararteriensklerose nachgewiesen.

Zustände nach älteren Herzinfarkten wurden laut Sektionsergebnis zweimal gefunden.

Bypässe lagen in keinem Fall vor.

Eine Adipositas, ein Übergewicht und ein Normalgewicht wurden je einmal identifiziert.

In dem Fall, in dem die Komplikation in einer Gefäßperforation bestand, wurde die Perforation durch ein hochgradig arteriosklerotisch verändertes Gefäß begünstigt.

4.1.4.3 Eindeutig nachgewiesene Komplikationen

Eine eindeutig nachgewiesene Komplikation war eine Perforation der A. iliaca nach Schleusenzug mit nachfolgendem tödlichen Verbluten. Die Patientin verstarb noch am selben Tag.

4.1.4.4 Mögliche Komplikationen

Nicht eindeutig nachgewiesene Komplikationen waren in einem Fall ein tödlicher Herzinfarkt und in einem Fall eine Lungenembolie. Die Lungenembolie konnte durch die Sektion nicht nachgewiesen werden. In den tiefen Unterschenkelvenen fanden sich jedoch Reste eines lockeren Blutgerinnsels. Die Thrombose in den tiefen Beinvenen sowie die Lungenembolie wurden aber klinisch gesichert. Unter der Annahme, dass klinischerseits bei Verdacht auf eine Lungenembolie noch eine Lysetherapie durchgeführt wurde, sprach das Fehlen einer fulminanten Lungenembolie zum Obduktionszeitpunkt nicht zwingend gegen eine Lungenembolie als Todesursache.

Hier betrug die Überlebenszeit zwischen zwei und 10 Tagen.

4.1.5 Diverse Maßnahmen

In die Auswertung wurden zusätzlich zu den zuvor beschriebenen Herzkathetermaßnahmen noch vier weitere Eingriffe aufgenommen, namentlich eine Carotisangiographie, eine Aortenangiographie, eine Herzkatheteruntersuchung mit Elektroablation und ein Fall, in dem nicht genau ersichtlich war, bei welchem Eingriff die Komplikation verursacht worden war. Bei diesem Patienten wurde ein

Pulmonalarterienkatheter gelegt, ein Herzschrittmacher implantiert und eine Herzoperation durchgeführt.

4.1.5.1 Carotisangiographie

Es handelte sich um einen 76 Jahre alt gewordenen Mann, der an einer hochgradigen Arteriosklerose nahezu aller größeren Arterien litt. Besonders ausgeprägt waren die arteriosklerotischen Veränderungen in der Bauchaorta, den Femoralarterien, den Koronararterien sowie den Carotiden und den Cerebralarterien. Bei der Durchführung einer Carotisangiographie von der linken A. femoralis aus löste sich in einem stark arteriosklerotisch veränderten Bereich ein Gerinnsel und führte nachfolgend zu einem Hirninfarkt. Der Patient verstarb zwei Tage später.

4.1.5.2 Aortenangiographie

Es handelt sich um eine 66 Jahre alt gewordene Frau. Die Sektion ergab an Vorerkrankungen eine hochgradige allgemeine Arteriosklerose mit fortgeschrittenen geschwürigen und verkalkten Wandeinlagerungen sowie vollständigem Verschluss der Bauchaorta im Aufzweigungsgebiet. Während der Aortenangiographie trübte die Patientin laut Angaben des behandelnden Arztes ein. Sie verstarb sechs Tage später. Todesursache war ein Rechtsherzversagen in Verbindung mit einem Lungenversagen bei fortgeschrittener chronischer Bronchitis und stärkergradigem Lungenemphysem sowie Rechtsherzhypertrophie und akuter eitriger Bronchitis. Laut Sektionsergebnis bestand kein Kausalzusammenhang zwischen der Aortenangiographie und dem Tod.

4.1.5.3 Herzkatheteruntersuchung in Kombination mit einer Elektroablation

In diesem Fall handelt es sich um einen 79 Jahre alt gewordenen Mann. An Vorerkrankungen bestanden eine mittel- bis hochgradige Arteriosklerose und ein Zustand nach älterem Herzinfarkt.

Anlässlich eines wiederholten symptomatischen Vorhofflimmerns wurde bei dem Patienten eine Elektroablation mittels eines Herzkatheters durchgeführt. Am Nachmittag desselben Tages wurde der Patient leblos in seinem Zimmer aufgefunden.

Die Sektion ergab, dass es im Bereich des im Rahmen der Elektroablation gesetzten Gewebsuntergangsareals im rechten Vorhof zu einer Herzwandperforation mit nachfolgender Herzbeuteltamponade gekommen war. Eine Vorschädigung des Herzmuskels im Bereich der Perforationsstelle lag nicht vor (67).

4.1.5.4 Bypassoperation in Kombination mit einer Herzschrittmacherimplantation und einem Pulmonalarterienkatheter

Es handelt sich um einen 73 Jahre alt gewordenen Mann mit einer mittelgradigen allgemeinen Arteriosklerose.

Bei diesem Patienten wurde ein Pulmonalarterienkatheter gelegt, ein Herzschrittmacher implantiert und eine aortokoronare Venenbypassoperation durchgeführt. Die Komplikationen bestanden in einer Perforation des rechten Vorhofes und einer Perforation der Aorta ascendens. Bei welchem Eingriff diese Verletzungen entstanden sind, konnte nicht geklärt werden.

Die Todesursache konnte durch die Sektion allein nicht geklärt werden. Das klinisch angegebene Herzversagen infolge elektromechanischer Entkopplung bei starkem Blutverlust ließ sich jedoch mit den Sektionsergebnissen vereinbaren.

4.2 Zentrale Venenkatheter

In insgesamt 20 Sektionsfällen lagen Komplikationen einer zentralen Venenkatheterisierung vor. In diesen 20 Fällen wurden 21 Punktionen durchgeführt und es kam zu 23 Komplikationen, da sich bei zwei Eingriffen je zwei Komplikationen ergaben und bei einer Person zwei zentrale Venenkatheter gelegt wurden.

Der jährliche prozentuale Anteil der Sektionen, in denen Komplikationen beim Legen eines zentralen Venenkatheters beschrieben sind, an der Anzahl aller Sektionen, schwankte zwischen 0% und 0,3%. In den Jahren 1984 bis 1986, 1988 bis 1992, 1995, 1997, 2001 und 2005 wurden keine Fälle erfasst. Der höchste prozentuale Anteil findet sich im Jahr 2004 mit 0,3% (vier Fälle).

4.2.1 Alters- und Geschlechterverteilung

Sieben der Patienten waren männlichen, 13 weiblichen Geschlechts (männlich: 35 %, weiblich: 65%). Die Altersverteilung sowie die Verteilung der Geschlechter auf die Altersgruppen sind in Abb. 4 dargestellt. Die meisten Komplikationen wurden im achten Lebensjahrzehnt gefunden, wobei die Anzahl der weiblichen die der männlichen Patienten überwiegt. Die niedrigsten Komplikationszahlen fanden sich zwischen 0 und 29 Jahren sowie 40 und 49 Jahren.

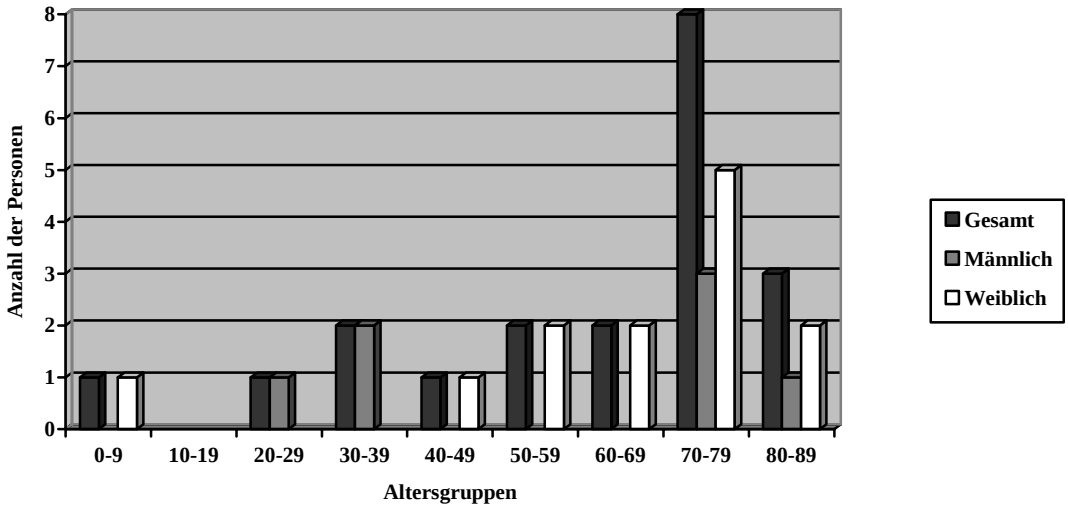

Abb. 4: Geschlechterverteilung in verschiedenen Altersgruppen, die Komplikationen beim Legen eines zentralen Venenkatheters erlitten haben

4.2.2 Punktionsorte

Die Punktionsorte teilen sich auf in V. subclavia, V. femoralis und V. jugularis, bei welcher nicht immer ersichtlich war, ob es sich um die V. jugularis interna oder die V. jugularis externa handelte. Die V. jugularis interna war dreimal Ziel der Punktion (zweimal rechts, einmal links), die V. jugularis ohne nähere Bezeichnung viermal (zweimal rechts, zweimal links). Die V. subclavia wurde 9mal verwendet (achtmal rechts, einmal links). Die rechte V. femoralis wurde einmal punktiert. In zwei Fällen wurde wahrscheinlich die linke Halsseite (ohne nähere Angaben) punktiert, in einem weiteren Fall fanden sich mehrere Punktionsstellen, genaue Angaben wurden nicht gemacht. Einmal lag keine Angabe zum Punktionsort vor.

4.2.3 Vorerkrankungen

Bei 10 Patienten, die Komplikationen bei der Anlage eines zentralen Venenkatheters erlitten, lag eine hochgradige allgemeine Arteriosklerose vor. Ein Patient wies eine mittelgradige, sieben weitere wiesen eine geringgradige allgemeine Arteriosklerose auf. Einmal lag keine Arteriosklerose vor. In einem Fall lag keine Aussage zu allgemeinen arteriosklerotischen Veränderungen vor.

Die Koronararteriensklerose war in sieben Fällen hochgradig, in vier Fällen mittelgradig und in sechs Fällen geringgradig. Dreimal lag keine Koronararteriensklerose vor.

Zustände nach älteren Herzinfarkten wurden siebenmal, ältere Bypässe einmal nachgewiesen. Hierbei handelte es sich um einen Zustand nach fünffacher Bypassoperation.

Bezüglich des Körpergewichtes lag dreimal eine Adipositas, viermal ein Übergewicht, zweimal ein Untergewicht und 9mal ein Normalgewicht vor. In zwei Fällen fehlten die Gewichtsangaben.

4.2.4 Eindeutig nachgewiesene Komplikationen

Bei 18 Sektionen fanden sich 20 Komplikationen, die durch das Legen eines zentralen Venenkatheters hervorgerufen worden waren. Bei zwei Patientinnen wurden gleichzeitig zwei Komplikationen durch dieselbe Maßnahme verursacht, bei einer anderen Patientin wurden zwei zentrale Venenkatheter gelegt, die je eine Komplikation hervorgerufen haben.

In Abb. 5 ist die Gesamtheit der eindeutig nachgewiesenen Komplikationen beim Legen eines zentralen Venenkatheters dargestellt. Insgesamt handelt es sich um 20 Komplikationen.

An erster Stelle stehen der Pneumothorax und die arterielle Fehlpunktion (je 4mal). Ein Pneumothorax trat in drei Fällen nach Punktion der V. subclavia auf (zweimal rechts und einmal links), in einem Fall wurde der Punktionsort nicht beschrieben. Die arteriellen Fehlpunktionen betrafen dreimal die A. carotis communis und einmal die A. subclavia. Den Fehlpunktionen der A. carotis communis folgten ein Hämatomediastinum, ein Hirninfarkt und zwei ausgedehnte Hämatome. Der Hirninfarkt sowie ein Hämatom resultierten aus derselben Fehlpunktion. Aus der Fehlpunktion der linken A. subclavia resultierte ein linksseitiger Hämatothorax von 2800ml. Ein weiteres ausgedehntes perivaskuläres Hämatom trat an einer Punktionsstelle auf, resultierte jedoch nicht aus einer Fehlpunktion der A. carotis. Je einmal erfolgte eine Perforation des rechten Vorhofs mit nachfolgendem Infusionsthorax von 2800ml, ein Infusionsthorax ohne bekannte Gefäßperforationstelle, eine Perforation der rechten Brusthöhle mit nachfolgendem Hämatothorax von 1050ml, eine Perforation der V. jugularis interna links und der Pleurakuppe mit nachfolgendem Hämatothorax, eine Perforation der V. brachiocephalica und der Brusthöhle mit nachfolgendem Hämatothorax von 3600ml, eine Perforation der V. subclavia mit Brusthöhleneröffnung und nachfolgendem Hämatopneumothorax, ein Lungenriss, eine Katheterfehllage im Schädel (Hochschlagen des Katheters in die V. jugularis), eine subendokardiale Blutung im rechten Vorhof und eine Herzbeuteltamponade.

Die Perforation der V. jugularis interna links sowie die Perforation der V. subclavia wurden durch eine Punktion im Bereich von Venenklappen begünstigt. In einem Fall ausgedehnter Weichteilblutungen wurden diese durch Gefäßverschlüsse und eine damit erschwerte Punktion hervorgerufen. Die Herzbeuteltamponade wurde durch eine schwere Lipomatosis cordis begünstigt.

Sicher todesursächlich waren fünf Komplikationen. Hierbei handelte es sich um ein Herzkreislaufversagen nach ausgedehntem Lungenriss, einen Hämatothorax nach Fehlpunktion und nachfolgender Perforation der A. subclavia, einen Hämatothorax nach Perforation der V. jugularis interna links und der Pleurakuppe, ein Verbluten nach Perforation der V. brachiocephalica und eine Herzbeuteltamponade (Perforation der rechten Herzkammer mit Einleitung von Infusionslösung in den Herzbeutel).

In einem Fall war die aufgetretene Komplikation in Kombination mit der Grunderkrankung des Patienten todesursächlich. Der Patient litt an einem Bronchialkarzinom und erstickte in Verbindung mit dem beim Legen eines zentralen Venenkatheters über die linke V. subclavia entstandenen Pneumothorax.

Zwei Komplikationen haben nicht wesentlich zum Tode der Patienten beigetragen, da nicht auszuschließen war, dass der Tod nicht auch ohne diese Komplikationen eingetreten wäre.
Drei Komplikationen haben indirekt zum Tod von zwei Patientinnen geführt. Während einer Kathetermaßnahme wurde die A. carotis communis fehlpunktiert. Wahrscheinlich resultierte aus dieser Fehlpunktion eine Gerinnselablösung, die die A. carotis interna verlegte und so zu einem Hirninfarkt führte. Diese Gerinnselabscheidung erfolgte in einem Bereich, der durch ein Aneurysma vorgeschädigt war. Weiterhin wies die Patientin eine krankheitsbedingte Neigung zu Blutgerinnseln auf. Die außerdem durch die Maßnahme hervorgerufene ausgedehnte Weichteilblutung im Bereich des Halses dürfte weiterhin zur Blutgerinnselabscheidung beigetragen haben. Durch einen Infusionsthorax fiel eine Patientin in einen Schockzustand mit Ausbildung einer Schocklunge und zusätzlicher zeitweiser Pilzinfektion, so dass es 16 Tage nach dem Vorfall zu einem Versagen zahlreicher innerer Organe kam.
In einem Fall wurde ein bei der Punktion der V. subclavia verursachter Pneumothorax behandelt und zunächst einen Tag überlebt. Den Todeseintritt löste wahrscheinlich ein septisches Krankheitsgeschehen aus.
Sechs Komplikationen waren weder todesursächlich noch haben sie den Todeseintritt mitbestimmt.
In zwei Komplikationsfällen wurde die Todesursache durch die Sektion nicht abschließend geklärt.
Die Überlebenszeit der Komplikationen, die todesursächlich waren oder mit dem Tod der Patienten in Zusammenhang standen, lag zwischen einigen Stunden und 16 Tagen. In sieben Fällen wurden keine Angaben zur Überlebenszeit gemacht.
Analysiert man die Situationen, in denen die zentralen Venenkatheter gelegt wurden, so ergeben sich 10 Komplikationen, die in Standardsituationen, z. B. einer Operationsvorbereitung oder einer Infusionstherapie, auftraten. Vier Komplikationen traten während Notfallsituationen auf. Zu sechs Komplikationsvorfällen wurden keine Angaben gemacht oder diese waren nicht eindeutig.

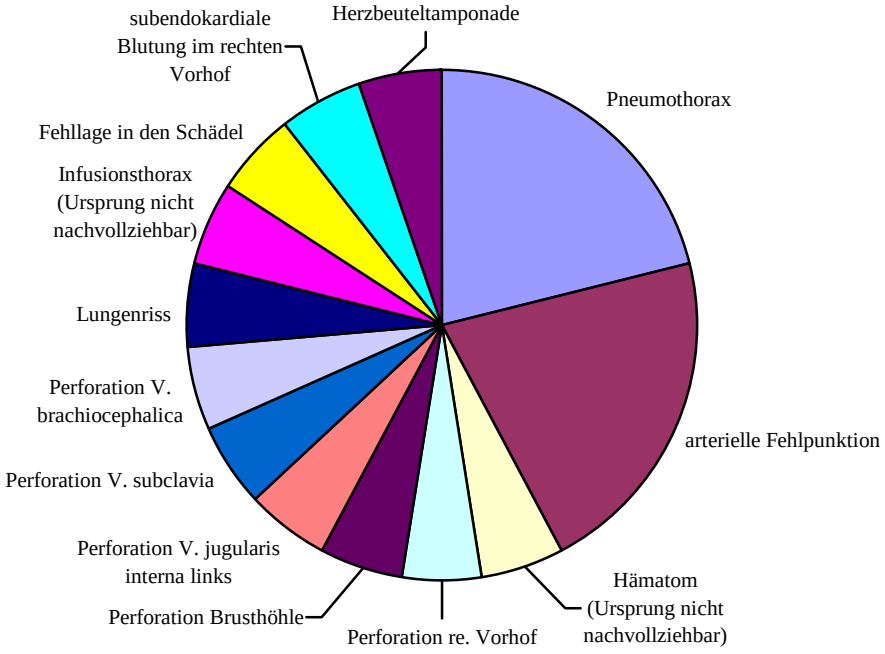

Abb. 5: Eindeutig nachgewiesene Komplikationen beim Legen zentraler Venenkatheter

4.2.5 Mögliche Komplikationen

Es wurden drei mögliche Komplikationen beschrieben. Diesen Komplikationen konnte die Behandlungsmaßnahme nicht eindeutig als Ursache zugewiesen werden, war aber sehr wahrscheinlich.

Die aufgetretenen Komplikationen waren je einmal eine Luftembolie, eine Sepsis und eine Perforation des rechten Vorhofs.

Die Lungenembolie und die Sepsis wurden als sicher todesursächlich eingestuft. Ob die Perforation des rechten Vorhofs eine todesursächliche oder mit todesursächliche Bedeutung hatte, ist nicht geklärt.

Die Überlebenszeit zweier dieser Komplikationen lag bei zwei Tagen. Im Fall der Sepsis war die Überlebenszeit nicht ersichtlich.

Ein zentraler Venenkatheter wurde in einer Standardsituation im Rahmen einer Chemotherapie gelegt. Zu den anderen beiden Fällen lagen keine Angaben vor.

4.3 Herzschrittmacherimplantationen

Identifiziert wurden insgesamt sieben Schrittmacherimplantationen, wobei zuvor jeweils eine Komplikation vermutet wurde. Diese sieben Komplikationen teilen sich auf in vier eindeutig nachgewiesene Komplikationen, eine Komplikation, die der Herzschrittmacherimplantation nicht eindeutig zugeordnet werden konnte und zwei Komplikation, die durch die Sektion nicht bestätigt wurden.

Es handelte sich um vier männliche und drei weibliche Patienten (männlich: 57,1%, weiblich: 42,9%).

Das Alter der Patienten lag zwischen 65 und 86 Jahren.

4.3.1 Punktionsorte

Punktionsort war in fünf Fällen die V. subclavia (zweimal rechts, dreimal links). In einem Fall wurde die rechte V. femoralis verwendet. In einem weiteren Fall lag keine Angabe über den Punktionsort vor.

4.3.2 Vorerkrankungen

Eine hochgradige allgemeine Arteriosklerose lag in allen sieben Fällen vor.

Sechs Patienten wiesen eine hochgradige, ein Patient wies eine geringgradige Koronarsklerose auf.

Die Sektionen ergaben in fünf Fällen Zustände nach älteren Herzinfarkten. Länger zurückliegende angelegte Bypässe fanden sich nicht.

Eine Adipositas und ein Normalgewicht lagen je dreimal vor. In einem Fall lag keine Gewichtsangabe vor.

4.3.3 Eindeutig nachgewiesene Komplikationen

Es wurden vier eindeutig nachgewiesene Komplikationen beschrieben. In einem dieser Fälle wurde die A. subclavia fehlpunktiert und das Rippenfell verletzt. Die Punktionsstelle wies eine starke Arteriosklerose auf. Die Patientin verstarb an einem Herz-Kreislaufversagen nach Blutung in die rechte Brusthöhle bei vorbestehendem chronischen Herzleiden. Eine weitere sichere Komplikation bestand in der mehrmaligen Fehlpunktion der A. subclavia. Auch hier wies die Punktionsstelle starke arteriosklerotische Veränderungen auf. Diese Patientin verstarb ebenfalls an Herz-Kreislaufversagen bei massivem Blutverlust. Bei einem anderen Patienten trat eine Perforation der rechten Herzkammer mit anschließender Herzbeuteltamponade auf, welche die führende, aber

nicht alleinige Todesursache war. Die vierte sichere Komplikation war eine Perforation des rechten Herzohres und Herzblattes mit nachfolgender Herzbeuteltamponade von 90 ml. Dieser Patient verstarb an einem Herzinfarkt. Die Herzbeuteltamponade war nicht allein todesursächlich, sondern könnte den Herzinfarkt mit begünstigt haben.
Alle vier Patienten verstarben am Tag des Eingriffes.

4.3.4 Mögliche Komplikationen

Mögliche Komplikationen wurden einmal beschrieben. In diesem Fall handelte es sich um eine Dissektion des Truncus brachiocephalicus. Hier konnte nicht eindeutig nachgewiesen werden, ob diese Dissektion im Rahmen des Herzschrittmachereingriffes oder im Rahmen der Wiederbelebungsmaßnahmen aufgetreten war. Die Dissektion befand sich in einem stark arteriosklerotisch veränderten Bereich.
Die Überlebenszeit lag bei zwei Tagen.

4.3.5 Unbestätigte Komplikationen

In einem Fall wurde von klinischer Seite eine Herzschrittmacherfehllage vermutet. In der Sektion wurde diese Vermutung nicht bestätigt. Todesursache war ein frischer Herzinfarkt bei frischer lichtungsverschließender Koronararterienthrombose.
In einem weiteren Fall trat eine Lungenembolie auf. Diese Lungenembolie stand in engem zeitlichen Zusammenhang mit der Herzschrittmacherimplantation. In der Sektion wurde als Ausgangspunkt eine Thrombose der linksseitigen Wadenvenen gefunden.

4.4 Juristische Konsequenzen

In 36 Fällen konnte der Verdacht eines schuldhaft verursachten ärztlichen Handelns allein durch die Sektion ausgeräumt werden.

Rechtsmedizinische Zusatzgutachten wurden in 15 Fällen angefertigt. Auch hierzu wurden schuldhaft verursachte Fehler verneint.

In 19 Fällen wurde nach der Sektion eine Einsicht in die jeweiligen Krankenunterlagen empfohlen. Klinische Zusatzgutachten wurden 12mal empfohlen und viermal in den Unterlagen identifiziert.

Die beteiligten Staatsanwaltschaften genehmigten in 11 Fällen eine Akteneinsicht.

Längere Zeit zurück liegende Vorgänge entzogen sich der Analyse, da die Unterlagen bei der Staatsanwaltschaft bereits vernichtet worden waren.

Soweit nachvollziehbar, wurden 27 Todesermittlungsverfahren eingeleitet. 26 wurden nach § 170 StVO (mangelnder Tatverdacht) eingestellt.

In nur einem Fall, bei dem es sich um eine Luftembolie bei einer Koronarangiographie handelte, kam es zu einer Verurteilung. Das Todesermittlungsverfahren endete in diesem Fall mit der Verurteilung des die Koronarangiographie durchführenden Arztes und der assistierenden Katheterschwester nach §222 StGB wegen fahrlässiger Tötung.

Die beiden Personen wurden nach § 40 StGB zu einer Geldstrafe in Tagessätzen verurteilt. Dem Arzt wurden 120 Tagessätze zu je 200 Euro, der Katheterschwester 90 Tagessätze zu je 50 Euro auferlegt.

5. Diskussion

5.1 Herzkathetereingriffe

Die Grundlage dieser Diskussion bilden 42 Herzkathetermaßnahmen mit insgesamt 49 zunächst vermuteten Komplikationen. Dabei wurden Komplikationen in die Auswertung aufgenommen, die durch die durchgeführten Sektionen bestätigt wurden, sowie Komplikationen, die der zugehörigen Maßnahme nicht mit Sicherheit zugeordnet werden konnten. Ebenfalls aufgenommen wurden Komplikationen, die nur in einem zeitlichen, nicht aber in einem kausalen Zusammenhang mit der durchgeführten Maßnahme zu sehen waren. Die 42 Herzkathetermaßnahmen setzen sich aus 20 rein diagnostischen Maßnahmen mit 22 Komplikationen, 10 Ballondilatationen mit 13 Komplikationen, fünf Ballondilatationen in Verbindung mit Stentimplantationen mit insgesamt sieben Komplikationen und drei Herzkatheteruntersuchungen in Verbindung mit Stentimplantationen zusammen. Weiterhin wurden eine Herzkatheteruntersuchung in Verbindung mit einer Elektroablation, eine Carotisangiographie, eine Aortenangiographie und ein Fall, bei dem ein Pulmonalarterienkatheter gelegt, ein Herzschrittmacher implantiert sowie eine Bypassoperation durchgeführt wurden, aufgenommen.

Die Rate diagnostischer und interventioneller Herzkathetermaßnahmen lag in Deutschland im Jahr 2001 mit 7237 und 2194 pro eine Million Einwohner deutlich höher als in den benachbarten europäischen Ländern (21).

Die Rate diagnostischer Herzkatheter und Koronarinterventionen ist in Deutschland in den letzten Jahren stetig gestiegen. Wurden im Jahr 1984 noch 56797 diagnostische Herzkatheter und 2809 Koronarinterventionen durchgeführt, so stiegen die Zahlen bis zum Jahr 2003 auf 652781 diagnostische Herzkatheter und 221867 Koronarinterventionen (139).

In den einzelnen Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland besteht ein deutlicher Unterschied in der Anzahl der durchgeführten diagnostischen Herzkatheter sowie der Koronarinterventionen. Im Durchschnitt wurden im Jahr 2003 in Deutschland pro 100000 Einwohner 791 diagnostische Herzkatheter und 269 Koronarinterventionen durchgeführt. Hamburg lag mit 1460 diagnostischen Herzkathetern pro 100000 Einwohner stark über diesem Durchschnitt und außerdem an der Spitze aller Bundesländer. Im Bereich der Koronarinterventionen lag Hamburg mit 489 pro 100000 Einwohner ebenfalls deutlich

über dem deutschen Durchschnitt, im Verhältnis zu den anderen Bundesländern aber in diesem Fall auf dem zweiten Platz (139).

Indikationen für eine Koronarangiographie sind pektanginöse Beschwerden, Ischämiezeichen bei einem Belastungs-EKG, ein akutes Koronarsyndrom, ein Z. n. Myokardinfarkt, komplexe Herzrhythmusstörungen, die Klärung der Koronaranatomie vor einer Klappenoperation, eine unklare Verschlechterung der linksventrikulären Funktion sowie die Kontrolle nach PTCA (14, 72).

Indikationen zur PTCA bestehen bei chronisch-stabiler Angina pectoris, die medikamentös nicht therapierbar ist. Weiterhin besteht eine eindeutige Indikation bei instabiler Angina pectoris, soweit die linksventrikuläre Funktion ausreichend ist und eine Koronararterienstenose von mehr als 50% vorliegt (90).

Ziele einer perkutanen koronaren Intervention sind die Verbesserung der Prognose des Patienten, Beschwerdenbesserung, Wiedererlangung der körperlichen Leistung und Vorbeugung ischämischer Komplikationen (118).

Angiographische Voraussetzungen sind ein Gefäßdurchmesser von mindestens 2,5mm sowie funktionstüchtiges oder revitalisierbares Myokard im Bereich des Einsatzortes. Angiographische Kontraindikationen stellen eine Hauptstammstenose und eine Drei-Gefäßerkrankung dar (51). Bei diffusen peripheren Gefäßveränderungen und irreversibel geschädigtem Myokard ist eine perkutane koronare Intervention nicht sinnvoll (118).

Die Stentimplantation ist bei starken Knickbildungen, starken Verkalkungen und ausgedehnten Dissektionen nicht anwendbar. Bei gegebenen Voraussetzungen liegt die Erfolgsrate einer korrekten Stentplatzierung jedoch bei 95-97% (51). Die Restenoserate liegt bei 20-30% (40, 126, 127). Stentrestenosierungen treten häufig in kleinen Gefäßen, bei langen Engen sowie in Ostiumnähe der Gefäße auf (118). Rezidivstenosen in Stents entstehen fast ausschließlich durch Hyperplasien der glatten Intimamuskulatur (72, 118).

Zur Vorbereitung eines Herzkathetereingriffs gehört unter anderem das Aufklärungsgespräch, das spätestens einen Tag vor einem elektiven Eingriff stattfinden sollte. Eine Einwilligung des Patienten auf dem Operationstisch ist als Kunstfehler anzusehen und hat vor Gericht keinen Bestand (64, 98). Bei speziellen Vordrucken für eine Koronarangiographie und PTCA sollte der Arzt wichtige Gesprächspunkte handschriftlich auf diesen Bögen festhalten. Das Aufklärungsgespräch muss eine Verlaufserklärung sowie eine Risikoaufklärung über den Eingriff enthalten (72).

Die Vorbereitung dieses Eingriffs sollten eine ausführliche Anamnese und körperliche Untersuchung sowie technische Untersuchungen, zu denen ein aktuelles EKG, ein Röntgen-Thorax und aktuelles Labor mit Gerinnungswerten, Thrombozyten, Serumelektrolyten, kleinem Blutbild, Kreatinin und Schilddrüsenwerten zählen, komplettieren (72).

Bei Hochrisikopatienten mit z. B. akutem koronaren Syndrom, schwerer Herzinsuffizienz, Lungenödem durch myokardiale Ischämie, Hauptstammstenose, Drei-Gefäßerkrankung oder schwerer linksventrikulärer Funktionsstörung bei Herzklappenerkrankungen sollte der Eingriff nur bei Vorhandensein einer kardiochirurgischen Abteilung durchgeführt werden, um bei Komplikationen dementsprechend eingreifen zu können (13).
In einem vorliegenden Fall wurde ein Hochrisikopatient in einer kardiologischen Praxis einer PTCA unterzogen. Unter diesen Umständen hätte präinterventionell die Überlegung erfolgen sollen, ob der Eingriff nicht nur in einer Einrichtung mit Anbindung an eine kardiochirurgische Abteilung durchzuführen ist.

Hauptzugangsweg sowohl für die Linksherzdiagnostik als auch für die Intervention ist die A. femoralis communis (30, 72). Sie wird in mehr als 95% der Fälle verwendet (76, 128). Auch Heintzen et al. berichten von einer über 90%igen Verwendung der A. femoralis in Judkins-Technik in 27387 Herzkathetermaßnahmen (50). Alternativen zur A. femoralis sind A. brachialis und A. radialis (30, 72). Diese Zugänge sollten laut Mathey aber nur verwendet werden, wenn die A. femoralis aus wichtigen Gründen nicht genutzt werden könne, da die Komplikationsrate bei diesen Gefäßen höher und die Erfolgsrate geringer sei (90). Triftige Gründe sind eine anamnestisch bekannte periphere arterielle Verschlusskrankheit, ein bekanntes Bauchaortenaneurysma, eine starke Schlängelung der Iliakalgefäße oder der Aorta (Kinking), ein Femoralisgraft oder entzündliche oder vernarbte Veränderungen im Punktionsgebiet. Weitere Gründe, auf eine Punktion im Leistenbereich zu verzichten, sind nur schwach vorhandene Leistenpulse oder nicht vorhandene Fußpulse (72).
Prull et al. berichten 2005 hingegen über die Vorteile der Verwendung der A. radialis. Diese seien der anatomische Verlauf am Unterarm, bei dem keine Nerven in der Umgebung der Arterie verliefen. Weiterhin ermögliche der oberflächliche Verlauf eine gute manuelle Kompression. Ein weiterer Vorteil zum Beispiel gegenüber der A. brachialis sei, dass die A. radialis keine Endarterie sei, da die A. ulnaris eine kollaterale Perfusion des

Versorgungsgebietes gewährleiste. Aus ihren Beobachtungen schlussfolgerten sie, dass alle gängigen Interventionen an den Koronarien über diesen Zugang möglich und vaskuläre Komplikationen an der Punktionsstelle selten und im Vergleich zur A. femoralis harmlos seien. Weitere Vorteile seien die schnelle Mobilisation des Patienten nach dem Eingriff und die damit geringeren Risiken von Pneumonien, Thrombosen und Lungenembolien. Sie räumen jedoch ein, dass dieser Zugangsweg anspruchvoller sei als die anderen Zugänge (109).
Kontraindikationen für die Verwendung der A. radialis sind ein pathologischer Allen-Test, ein Raynaudphänomen bei bekannter Kollagenose, eine funktionsgestörte kontralaterale Hand oder Berufe, die auf eine uneingeschränkte Handmotorik angewiesen sind (109).
In den hier vorliegenden 42 Herzkatheterisierungen wurde in 27 Fällen die A. femoralis punktiert (24mal rechts, dreimal links). Sechsmal war lediglich die Leiste als Punktionsort nachvollziehbar. In 9 Fällen wurde die Punktionsstelle nicht angegeben.

Die Punktion der A. femoralis erfolgt nach einer kleinen Inzision unterhalb des Leistenbandes. Diese Lokalisation ist besonders wichtig, da eine Kompression bei hoher Punktion oberhalb des Leistenbandes schwierig ist (72, 90).
Verwendung finden heute überwiegend 5F und 6F-Katheter (72, 90). Ein F entspricht 1/3mm (14). Früher wurden bevorzugt 8F-Katheter eingesetzt. 7F-Katheter werden nur bei besonderen Voraussetzungen wie einem Kinking der Iliakalgefäße und der Aorta, einer dilatierten Aorta thorakalis, hohen Flussgeschwindigkeiten in den Koronararterien, einer Adipositas oder einem Emphysemthorax eingesetzt (72).

Komplikationen von Herzkatheterdiagnostik und Intervention können in lokale, die Punktionsstelle betreffende, kardiovaskuläre, cerebrovaskuläre und kontrastmittelassoziierte Komplikationen aufgeteilt werden (72).
In den vorliegenden Fällen wurden keine kontrastmittelassoziierten Komplikationen beschrieben. Die übrigen Komplikationen konnten identifiziert werden. Einige Komplikationen konnten der zugehörigen Maßnahme jedoch nicht immer mit Sicherheit zugewiesen werden, da es schwierig war festzustellen, ob z. B. ein Herzinfarkt aufgrund des Eingriffes oder unabhängig von diesem entstanden ist.

Die Rate tödlicher Komplikationen einer Koronarangiographie wird in einigen Quellen zwischen 0,03% und 0,11% angegeben (56, 57, 115). Sie ist besonders bei Risikopatienten

erhöht (11, 79). Bei elektiven Eingriffen stabiler Patienten ist sie hingegen sehr niedrig (72).
Mathey berichtet von einer 0,14%igen Sterblichkeit. Die Sterblichkeit begünstigende Faktoren sind eine Hauptstammstenose, eine eingeschränkte linksventrikuläre Funktion von weniger als 30%, eine Herzinsuffizienz im Stadium NYHA 4 sowie das Vorliegen mehrerer Herzkrankungen zum gleichen Zeitpunkt. Diese Faktoren erhöhen laut Mathey die Sterblichkeitsrate um den Faktor zehn. Eine dreifache Erhöhung der Sterblichkeit liege schon ab dem 65. Lebensjahr vor (90).
Die Letalität bei der Durchführung elektiver PTCAs wird in der Literatur mit ca. 0,4% angegeben (93, 100, 152).

Die Häufigkeit lokaler Gefäßkomplikationen beträgt 0,2-14% (14, 19, 57, 108). Dazu gehören lokale Hämatome, Blutungen, retroperitoneale Hämatome, Pseudoaneurysmen, arterio-venöse Fisteln, Nervenläsionen und periphere Embolisationen in die Beinarterien (10, 19, 50, 57, 108).
Vaskuläre Komplikationen bei Verwendung des femoralen Zuganges sind überwiegend Blutungskomplikationen, bei Verwendung der A. brachialis meist thrombotische Verschlüsse (51).
Heintzen et al. geben eine Gesamtkomplikationsrate an der arteriellen Punktionsstelle von 0,42% an. In reine Diagnostik und Interventionen aufgeteilt, ergeben sich 0,3% und 0,72%. Die Rate lokaler Komplikationen ist also bei der Herzkatheterintervention mehr als doppelt so hoch wie bei der reinen Diagnostik (50).
In den hier vorliegenden 42 Fällen wurden insgesamt 12 Komplikationen an der Punktionsstelle identifiziert. Davon traten fünf Komplikationen bei 20 Fällen reiner Diagnostik, vier Komplikationen bei 10 Ballondilatationen, zwei Komplikationen bei fünf Ballondilatationen in Verbindung mit Stentimplantationen und eine Komplikation bei drei Herzkatheteruntersuchungen in Verbindung mit Stentimplantationen auf. Von diesen wurden acht Blutungen im Bereich der Punktionsstelle, zwei Perforationen der A. iliaca communis, eine retroperitoneale Blutung und eine Thrombose der A. femoralis identifiziert.
Eine Risikoerhöhung dieser Komplikationen erfolgt durch verschiedene Faktoren, wie großlumige Schleusen, Adipositas, wiederholte Punktion der gleichen Stelle, starke Antikoagulation, hochgradige Arteriosklerose der Aa. femorales und iliacae, hohes Alter,

lange Liegedauer der Schleuse, mangelnde Bettruhe und mangelnde Ruhigstellung der Extremität (15, 55, 63, 96).
In fünf vorliegenden Fällen hatte eine hochgradige Arteriosklerose im Bereich der Punktionsstelle begünstigenden Einfluss auf die Komplikationen. Dabei handelte es sich um drei Blutungen im Bereich der Punktionsstelle, eine Verletzung der A. iliaca communis und eine Thrombose der A. femoralis. In den übrigen sieben Fällen wurden keine die Komplikationen begünstigenden arteriosklerotischen Veränderungen beschrieben.
In drei der hier vorliegenden 12 Fälle lag eine Adipositas vor. Hierbei handelte es sich um zwei Blutungen im Bereich der Punktionsstelle und eine retroperitoneale Blutung.
Die übrigen Patienten wiesen entweder Normal- oder lediglich Übergewicht auf.
Die Art der Herzkathetermaßnahme hat ebenfalls einen Einfluss auf die Komplikationsrate. Bei Verwendung kleiner Schleusen in der Diagnostik werden Komplikationshäufigkeiten von 0,2-0,6% in der Literatur beschrieben (23, 95, 129). Die Nutzung mittelgroßer Schleusen in der Kathetertherapie zieht eine 0,9-2,6%ige Komplikationsrate nach sich (96, 129). Besonders hohe Komplikationszahlen ergibt die Nutzung großer Schleusen, z. B. bei der Stentimplantation. In der Literatur sind Zahlen bis zu 14% beschrieben (3, 96, 129).

Heintzen et al. beobachteten bei Frauen eine höhere Rate lokaler Gefäßkomplikationen als bei Männern. Bei weiblichen Patienten wurde eine Rate von 0,85%, bei männlichen Patienten eine Rate von 0,29% beschrieben (50). Auch Bach und Schieffer beschreiben eine höhere Rate von Gefäßkomplikationen an der Punktionsstelle bei Frauen. Sie unterscheiden zwischen „major“ und „minor complications“. „Major complications“ umfassen alle Komplikationen, die eine chirurgische Revision erforderten oder einen anhaltenden Funktionsverlust oder gar den Tod des Patienten zur Folge hatten. In dieser Kategorie betrug die Komplikationsrate bei rein diagnostischer Maßnahme bei Frauen 1% und bei Männern 0,3%. Bei der PTCA betrug die Komplikationsrate bei Frauen ebenfalls 1% und bei Männern 0,7%. „Minor complications“ beschreiben alle flächenhaft auftretenden Hämatome. Auch hier war die Komplikationsrate beim weiblichen Geschlecht gegenüber dem männlichen deutlich höher. Nach rein diagnostischer Maßnahme wiesen 22,3% der Frauen und 12,8% der Männer, nach PTCA 34,3% der Frauen und 26% der Männer derartige Komplikationen auf (10).
Die Ursache für die erhöhte Rate lokaler Gefäßkomplikationen bei Frauen gegenüber Männern stellt der schmalere Gefäßbau dar (92).

Niebauer et al. untersuchten das peri-interventionelle Risiko von Herzkatheteruntersuchungen bei über 80-jährigen Patienten. Sie beschrieben eine vaskuläre Komplikationsrate an der Punktionsstelle von 3,6% bei 936 diagnostischen Herzkatheteruntersuchungen und 12,1% bei 438 perkutanen Koronarinterventionen (PCI). An Risikofaktoren wies fast die Hälfte der Patienten Übergewicht, Hypertonie, Diabetes mellitus, eine peripheren arterielle Verschlusskrankheit oder eine cerebrale Gefäßerkrankung auf. Die höhere Komplikationsrate der PCI erklärten die Autoren ebenfalls durch eine längere Untersuchungsdauer, größere Schleusen und eine stärkere Antikoagulation gegenüber der diagnostischen Herzkatheteruntersuchung.
Insgesamt schlussfolgerten sie aus ihren Daten, dass Herzkathetereingriffe auch in diesem Alter noch mit einem vertretbaren Risiko einhergehen (101).

Blutungen und Hämatome stellen die häufigste Komplikation nach arterieller Punktion dar (10). Heintzen et al. beschreiben ein 0,12%iges Auftreten relevanter Hämatome. Eine Patientin mit einem bedeutsamen Hämatom verstarb während der operativen Revision an einem akuten Myokardinfarkt (50). Niebauer et al. beschreiben eine Leistenhämatomrate in 1,4% der diagnostischen Herzkatheter und 4,8% der PCI bei über 80jährigen Patienten (101).
In acht der 12 vorliegenden Fälle lokaler Komplikationen an der Punktionsstelle handelt es sich um Blutungen im Bereich der Punktionsstelle in der Leiste. Vier dieser Fälle machten eine chirurgische Versorgung erforderlich. Eine dieser Blutungskomplikationen führte durch ein durch die massive Blutung ausgelöstes Multiorganversagen zum Tod des Patienten.
Die Therapie von Hämatomen umfasst erneute Kompression und je nach Ausdehnung Bluttransfusionen und gefäßchirurgische Maßnahmen (72), wie in den oben genannten vier vorliegenden Fällen. Bei größeren Hämatomen sollte eine Farbdopplersonographie durchgeführt werden, um ein Aneurysma spurium auszuschließen. In einem der acht vorliegenden Blutungskomplikationen an der Punktionsstelle wurde klinisch die Diagnose eines Aneurysma spurium gestellt.
Symptome eines Aneurysma spurium sind Leistenschwellung und anhaltende Schmerzen (72). Durch diese starken Beschwerden ist ein Aneurysma spurium klinisch von einem einfachen Hämatom zu unterscheiden (114). Hörbar auskultatorisch ist ein systolisches Strömungsgeräusch (72). In seltenen Fällen kann man die Pulsation allein mit dem Auge verfolgen (10).

Zweimal wurde in den vorliegenden Fällen eine Perforation der A. iliaca communis identifiziert. In einem dieser Fälle wurde die Verletzungsstelle erfolgreich chirurgisch versorgt. In dem anderen Fall trat die Blutung durch das Ziehen der Schleuse auf, da diese im Bereich einer stark vorspringenden Wandverkalkungszone der A. iliaca communis die Gefäßwand perforierte. Die Blutung konnte nicht gestoppt werden, die Patientin verstarb infolge der starken Blutung in die Bauchhöhle.

In einem weiteren Fall bestand die Komplikation in einer retroperitonealen Blutung mit einer Gesamtblutmenge von ca. zwei Liter. Ein möglicher Therapieversuch war aus dem Sektionsprotokoll nicht ersichtlich. Weitere Unterlagen lagen nicht vor. Die Todesursache war ein rezidivierender Herzinfarkt. Die Frage nach Mitbeeinflussung des Todeseintritts durch diese Komplikation konnte allein durch die Sektion nicht beantwortet werden.

Ursache einer retroperitonealen Blutung ist meist eine zu hohe Punktion der A. femoralis oberhalb des Leistenbandes (54, 61, 72) und Antikoagulation (72). In dem vorliegenden Fall konnte jedoch im Rahmen der Sektion keine Gefäßverletzung identifiziert werden.

Symptome sind diffuse abdominelle Schmerzen und Rückenschmerzen. Die Diagnose erfolgt mittels Sonographie oder Computertomographie (10, 72).

Bei dem letzten der 12 vorliegenden Fälle handelte es sich um eine Thrombose der A. femoralis. Der Patient wies eine starke Arteriosklerose im Bereich der Iliakalgefäße auf. Klinisch wurde die Diagnose eines Gefäßverschlusses nach einer durchgeführten Herzkatheterunteruntersuchung gestellt. Folge war die Amputation des Oberschenkels.

Unterschieden werden Verschlüsse an und distal der Punktionsstelle. Verschlüsse an der Punktionsstelle entstehen häufiger durch Fehler bei der Kompression als durch Punktionsfehler. Durch die Punktion ausgelöste Verschlüsse können durch lokale Dissektionen hervorgerufen werden. Sie bilden sich erst mit Entfernung der Schleuse aus, da die Dissektion zuvor durch die Schleuse stabilisiert wird. Verschlüsse distal der Punktionsstelle weisen oft eine schlechte Prognose auf. Sie entstehen ebenfalls durch Entfernen der Schleuse, jedoch wird in diesem Fall ein an der Spitze der Schleuse haftender Thrombus beim Herausziehen abgestreift (33). Dieser Thrombembolie folgen meist schnell einsetzende Beschwerden des Patienten (45). Die Folge dieser Komplikation kann die Amputation der Gliedmaße sein (10). In dem vorliegenden Fall erfolgte die Amputation des Beines erst nach 51 Tagen. Eine genaue Thrombenentstehung ist in diesem Fall nicht beschrieben. Es wurde jedoch ein Zusammenhang der Thrombose der A. femoralis mit der durchgeführten Herzkatheteruntersuchung klinisch sowie nach der Sektion vermutet. Todesursache war in diesem Fall ein rezidivierender Herzinfarkt.

Eine weitere Komplikation der Gefäßpunktion ist die arteriovenöse Fistel, die jedoch in keinem der vorliegenden Fälle identifiziert wurde. Heintzen et al. beobachteten eine Komplikationsrate von 0,02% in der Diagnostik und 0,08% in der Intervention (50). Voraussetzung für die Entstehung ist die gleichzeitig gewünschte oder unerwünschte Punktion von Arterie und Vene (6).

Gefäßdissektionen können entweder subintimal oder submedial verlaufen (34). Bei 20-45% der Koronarangioplastien treten Dissektionen auf (16, 28). Die rechte Herzkranzarterie ist häufiger von Dissektionen betroffen als die linke Herzkranzarterie (95). Durch die PTCA werden Adventitia und Media gedehnt, die nicht-elastischen Bereiche der Intima und die arteriosklerotischen Veränderungen reißen ein (28). Koronare Dissektionen werden nach dem National Heart, Lung and Blood Institute folgendermaßen eingeteilt (29):

Typ A: lokaler Füllungsdefekt während der Kontrastmittelgabe
Typ B: Doppellumen
Typ C: Kontrastmittelstreifen außerhalb des Gefäßlumens
Typ D: spiralige Dissektion
Typ E: neuer intraluminaler Füllungsdefekt (oft Thrombus)
Typ F: kompletter Verschluss

Typ A- und B-Dissektionen sind meist ungefährlich. Die Typen C bis E ziehen sehr oft schwerwiegende Komplikationen nach sich (52).

Erhöhte Risiken für Dissektionen sind ulzerierte Plaques, Stenosen in stärkeren Gefäßbiegungen, Bifurkationsstenosen, Stenosen mit einer Länge von mehr als einem Zentimeter und Stenosen von Gefäßen, die in der AV-Grube liegen (90).

Dissektionen sind besonders schwerwiegend, wenn sie bei Dilatation der rechten Herzkranzarterie spiralig bis zur Herzspitze oder bei Dilatation des vorderen absteigenden Astes retrograd zum Hauptstamm der linken Herzkranzarterie ziehen (29, 31, 47, 143).

Wagdi et al. berichten von einem Fall, bei dem es durch eine Ballondilatation zu einer Dissektion des rechtskoronaren Ostiums und der Aortenwurzel kam. Therapeutisch wurden zwei sich überlappende Stents gelegt und nach einiger Zeit eine elektive Bypassoperation durchgeführt. Die Autoren zeigen unter anderem mit diesem Fall die Grenzen der PTCA bei brüchigen, diffus veränderten Koronararterien auf (147).

Bolte et al. untersuchten 1997 die Vorteile der koronaren Stentimplantation ohne Vordehnung mittels eines Ballons. Sie wählten diese Methode, da eine PTCA mit erst später erfolgender Stentimplantation immer wieder schwerwiegende Dissektionen nach sich ziehe. Ihre Methode habe den Vorteil, dass der auf den Ballon vormontierte Stent die

entstehende Dissektion sofort verschließen könne. Weitere Vorteile seien eine Verkürzung der Durchleuchtungs- und Untersuchungszeit sowie eine Kostenersparnis. Voraussetzung für dieses Verfahren seien jedoch geeignete Patienten. Ausschlusskriterien seien eine Hauptstammstenose von mehr als 25%, mehrere, hintereinander liegende Stenosen, Bifurkationsstenosen, ein chronischer Verschluss des Gefäßes, eine deutliche Verkalkung der Stenose sowie Kontraindikationen gegen ASS oder Ticlopidin. Die Autoren haben bei 98 Einsätzen keine gefährdende Gefäßdissektion beobachtet (20).

Die hier vorliegenden sechs Dissektionen betrafen zweimal den Hauptstamm der linken Herzkranzarterie, einmal den vorderen absteigenden Ast, einmal den umlaufenden Ast der linken Herzkranzarterie, einmal die Aorta abdominalis bis in die A. carotis und einmal die A. thoracica interna und die A. subclavia. Vier dieser Dissektionen wurden durch arteriosklerotische Gefäßwandveränderungen begünstigt.

Die Dissektion des umlaufenden Astes war arteriosklerotisch begünstigt, ereignete sich bei einer Ballondilatation und hatte eine Koronararterienthrombose mit nachfolgendem Herzinfarkt zur Folge. Ein in diesem Fall erfolgloser Therapieversuch war die Anlage von Bypässen sowie die Einbringung einer Kunstherzpumpe.

Ebenfalls Komplikation einer Ballondilatation war die Dissektion der A. thoracica interna und der A. subclavia. Es lag in diesem Bereich jedoch keine nennenswerte Blutung oder ein Gerinnsel vor. Die Patientin verstarb höchstwahrscheinlich an einem rezidivierten, von der Komplikation unabhängig aufgetretenen Herzinfarkt.

Die Dissektion des vorderen absteigenden Astes der linken Herzkranzarterie ereignete sich bei einer Stentimplantation und wurde klinisch mit einer Dissektion vom Typ A klassifiziert. Es wurden zwei weitere Stents eingebracht. Diese waren laut Sektionsprotokoll frei durchgängig und regelrecht eingebracht. Die Patientin verstarb an einer Herzbeuteltamponade nach frischem Herzinfarkt.

Die beiden Dissektionen des Hauptstammes der linken Herzkranzarterie traten bei diagnostischen Maßnahmen auf und wurden durch arteriosklerotische Veränderungen begünstigt. In dem einen Fall folgte der Dissektion therapeutisch eine Stentimplantation. Im Stent bildete sich durch Austritt gerinnungsfördernden Materials aus der Verletzung eine Thrombose, welche wiederum zu einem Herzinfarkt führte. In dem anderen Fall folgte der Dissektion ebenfalls ein tödlicher Herzinfarkt. Hier bestand der Therapieversuch in der Anlage von Bypässen.

Die Dissektion der Aorta wurde auch durch eine diagnostische Herzkatheteruntersuchung hervorgerufen und durch krankhafte Gefäßveränderungen begünstigt.

Im Gegensatz zur Dissektion kommt es bei der Gefäßperforation zum kompletten Einriss der Gefäßwand. Diese Komplikation tritt häufig bei Verwendung steifer Drähte und großer Ballondurchmesser auf (37). Die Häufigkeit von Koronararterienperforationen liegt bei 0,1-3% (42, 72). Die Arbeitsgemeinschaft Leitender Kardiologischer Krankenhausärzte berichtet über eine 0,09%ige Koronararterienperforationsrate bei 13722 Stentimplantation (60).

Zur Therapie gehört die sofortige Beendigung der Antikoagulation. Weiterhin können Ballonblockaden, Stentimplantationen und Bypass-Operationen therapeutisch eingesetzt werden (42).

Die hier vorliegenden Perforationen betrafen einmal den vorderen absteigenden und den umlaufenden Ast der linken Herzkranzarterie bei einer Herzkatheteruntersuchung, einmal die A. pulmonalis und die Pleura bei einer Herzkatheteruntersuchung und einmal eine kleine Nierenarterie bei einer Ballondilatation in Verbindung mit einer Stentimplantation.

Die Perforation des vorderen absteigenden und des umlaufenden Astes der linken Herzkranzarterie wurde mit einer Stentimplantation sowie der notfallmäßigen Anlage von zwei Bypässen therapiert. Die Patientin verstarb an einem akuten Herzversagen als Folge eines frischen Herzinfarktes.

Um Pulmonalarterienperforationen oder Pulmonalarterienrupturen zu vermeiden, sollte der Katheter nur mit aufgeblasenem Ballon vorgeschoben werden. Weiterhin sollte der Einschwemmkatheter bei einer hämodynamischen Überwachung höchsten zwei Stunden im Gefäß verbleiben, um Drucknekrosen oder Gefäßobliterationen zu verhindern. Beim Rückzug des Katheters sollte der Ballon entlüftet sein (105).

Hauptsymptom einer Perforation der Lungenarterie ist die Hämoptoe (12). In dem vorliegenden Fall kam es ebenfalls zu einer massiven Hämoptoe. Die eingeleiteten Wiederbelebungsmaßnahmen blieben erfolglos. Die Patientin verstarb an einer Kombination von Verbluten und Ersticken durch Bluteinatmung.

Die Perforation einer kleinen Nierenarterie führte über eine Reihe von Faktoren zu einer tödlichen Lungenembolie. Die Patientin klagte einige Stunden nach Durchführung der Katheterintervention über Rückenschmerzen und erlitt einen Blutdruckabfall. Eine Blutbildkontrolle zeigte einen Hämoglobinabfall. Es erfolgte eine adäquate und schnelle Therapie in Form von Volumengabe bei Verdacht auf einen Volumenmangelschock durch eine Blutung unklaren Ortes. Anschließend folgte ein Angio-CT, welches eine ausgedehnte Blutung im Bereich der rechten Niere zeigte. Die Patientin wurde in ein Krankenhaus mit

gefäßchirurgischer Abteilung verlegt, starb jedoch 19 Tage nach Auftreten der Komplikation an einer Lungenembolie.

Als weitere Komplikation von Herzkathetermaßnahmen kann ein Gefäßverschluss resultieren. Die häufigste Ursache für einen akuten Gefäßverschluss nach einer Koronarangioplastie ist die Dissektion. Dabei kann der Gefäßverschluss direkt durch das gelöste Intimastück bedingt sein. Weiterhin werden durch die Gefäßverletzung vasoaktive Substanzen und Teile des Gerinnungssystems freigesetzt (72).
In einem vorliegenden Fall entstand ein Gefäßverschluss auch durch Austritt gerinnungsfördernden Materials aus einer Dissektionsstelle. Dieser entstandene Thrombus hatte einen Herzinfarkt zur Folge. In zwei Fällen handelte es sich um eine Koronararterienthrombose der rechten Herzkranzarterie mit nachfolgendem tödlichen Herzinfarkt. Der Zusammenhang mit der durchgeführten Maßnahme erschien denkbar.
75% aller plötzlichen Gefäßverschlüsse nach einer Ballondilatation ereignen sich im Herzkatheterlabor, die anderen 25% noch innerhalb der ersten 24 Stunden (118). Die Myokardinfarktrate nach einem Gefäßverschluss wird in der Literatur mit 11-54% angegeben. Die Letalität eines Gefäßverschlusses liegt bei 0-8% (1).
Als Risikofaktor für einen Gefäßverschluss gilt unter anderem eine unzureichende Thrombozytenaggregationshemmung (119).

Koronararterienembolien können thrombotischen oder arteriosklerotischen Ursprungs sein (81). Die Häufigkeit von Koronarembolien ist bei Typ C-Stenosen besonders hoch (81, 142). Koronarstenosen werden in drei Typen eingeteilt. Eine Typ A-Stenose ist weniger als einen Zentimeter lang, lediglich minimal verkalkt und weist weder Seitenastbeteiligung noch einen Thrombus auf. Eine Typ B-Stenose ist ein bis zwei Zentimeter lang, mäßig bis stark verkalkt, am Ostium oder einer Bifurkation gelegen, kann einen Thrombus aufweisen und ist bei totaler Okklusion weniger als drei Monate alt. Typ C-Stenosen sind diffuse, mehr als zwei Zentimeter lange Stenosen, bei totaler Okklusion mehr als drei Monate alt. Degenerierte Venen-Bypässe werden ebenfalls als Typ C-Stenosen klassifiziert (90).
Eine häufige Emboliequelle sind alte, degenerierte Bypässe, in denen Plaques durch das Vorschieben der Drähte oder Ballons gelöst werden (38).
In den vorliegenden Fällen konnte einmal eine Koronararterienembolie identifiziert werden. Diese ereignete sich bei einer Ballondilatation im umlaufenden Ast der linken Herzkranzarterie und zog einen Herzinfarkt nach sich.

Eine weitere Komplikation von Herzkathetermaßnahmen stellt der Myokardinfarkt dar. Das Risiko ist bei Patienten mit koronarer Herzerkrankung erhöht. Bei Patienten ohne koronare Herzerkrankung liegen die Ursachen eines durch eine Herzkathetermaßnahme ausgelösten Myokardinfarktes in Koronararteriendissektionen in Nähe des Ostiums und Koronarembolien durch Fibrinthromben oder Luft (72).

Insgesamt wurden den 42 vorliegenden Herzkathetermaßnahmen 11 Myokardinfarkte als Komplikationen zugeordnet. Zu diesen Myokardinfarkten wurden nur diejenigen gerechnet, denen kein eindeutiger Auslöser, wie z. B. eine Dissektion oder Embolie, zugewiesen wurde. Die anderen Myokardinfarkte wurden als Folge z. B. der Dissektionen gesehen und unter dieser Komplikation behandelt. Bei der Komplikation des Myokardinfarktes ist es oft schwierig, den Eingriff der Komplikation eindeutig als Ursache zuzuordnen, da häufig ausgeprägte bestehende Schädigungen der Gefäße vorhanden sind.

Mathey gibt ein Infarktrisiko von 0,07% an. Bei instabiler Angina pectoris und insulinpflichtigem Diabetes mellitus ist das Risiko mit 2,6% deutlich erhöht (90). In einer anderen Quelle wird das Auftreten eines Myokardinfarktes ebenfalls mit 0,7% angegeben (10).

Koronardissektionen, Gefäßverschlüsse im Sinne von Koronarthrombosen oder Koronarembolien und Myokardinfarkte könnten in vielen Fällen als eine Komplikation zusammengefasst werden. Einer Dissektion folgt oft ein Gefäßverschluss und dieser zieht wiederum häufig einen Myokardinfarkt nach sich.

Kammerflimmern als Komplikation von Herzkathetermaßnahmen ist in der Literatur mit einer Auftretenswahrscheinlichkeit von 0,2-0,4% beschrieben (10, 56, 57, 115). Es tritt hauptsächlich bei Sondierung der rechten Herzkranzarterie auf (10). Auslöser des Kammerflimmerns kann eine forcierte Kontrastmittelgabe in eine kleine rechte Herzkranzarterie oder einen kleinen Seitenast sein. Die Kontrastmittelinjektion in einen proximal abgehenden kleinen Ast der linken Herzkranzarterie kann ebenfalls zum Kammerflimmern führen (72). Ein weiterer Entstehungsmechanismus ist eine Kontrastmittelinjektion in ein blockiertes Gefäß, meist die rechte Herzkranzarterie. Diese Art des Kammerflimmerns ist immer durch einen Elektroschock reversibel. Kammerflimmern infolge irreversibler Ischämie des Myokards hat eine schlechtere Prognose (51).

Kammerflimmern wurde im vorliegenden Untersuchungsgut zweimal beschrieben. In einem Fall trat das Kammerflimmern vor Durchführung des Rückzuges des Katheters über

die Aortenklappe auf. Aus den Unterlagen wurde ersichtlich, dass versucht worden war die Koronargefäßdarstellung mit möglichst wenig Kontrastmittel durchzuführen, da extrem hohe Füllungsdrucke im linken Ventrikel vorlagen. Weitere Informationen zum Entstehungsmechanismus waren aus den Unterlagen nicht ersichtlich. Der Patient verstarb an einem rezidivierten Herzinfarkt. Im zweiten Fall trat das Kammerflimmern erst am Morgen nach der Herzkathetermaßnahme auf. Die eingeleitete Reanimation blieb erfolglos. Die Todesursache konnte durch die Sektion nicht eindeutig geklärt werden, da Herzrhythmusstörungen in der Regel kein durch die Sektion nachweisbares, morphologisches Korrelat besitzen.

Das Risiko zerebraler Ischämien beträgt 0,07% und bei Risikopatienten bis zu 0,2% (90). Die Entstehung ist meist embolischen Ursprungs durch thrombotisches Material von der Katheterspitze oder vom Führungsdraht sowie Luft (56, 57, 90, 115). Eine seltenere Ursache ist das Loslösen arteriosklerotischer Plaques. Vorbeugende Maßnahmen sind gründliches Spülen des Katheters, Reinigen des Führungsdrahtes und die Gabe von 2000 I.E. Heparin intravenös (90).
In einem vorliegenden Fall entstand bei Durchführung einer Carotisangiographie ein Hirninfarkt. Dieser war Folge einer hochgradigen Verkalkung der Halsschlagadern und einer durch die Katheterisierung bedingten Gerinnselabscheidung in diesem Bereich. In einem weiteren Fall kam es bei Durchführung einer Aortenangiographie zu einer cerebralen Eintrübung. Die Patientin litt an einer hochgradigen Arteriosklerose der Aorta.

Das Auftreten einer Luftembolie ist in der Literatur mit 0,1-0,3% angegeben (66). Trotz dieser sehr geringen Prozentzahl ist die massive Luftembolie mit einer hohen Letalität von 32-50% verbunden (123).
In der Literatur finden sich nur sehr wenige kasuistische Mitteilungen über das Auftreten von Luftembolien bei Herzkatheteruntersuchungen. In einem hier vorliegenden Fall kam es zum Auftreten einer Luftembolie während der Durchführung einer Koronarangiographie.
Dieser Fall wird im Folgenden etwas genauer dargestellt, da es sich um eine besonders fatale und juristisch als grob fahrlässig gewertete Komplikation handelt.

Bei dem 52 jährigen Mann wurde während eines Check-up bei seinem Hausarzt eine Ergometrie durchgeführt. Hierbei ergab sich ein mit einer hämodynamisch relevanten KHK vereinbarer Befund. Anamnestisch war der Patient beschwerdefrei.

Zur weiteren Abklärung wurde der Patient an einen Kardiologen überwiesen, der mit Hilfe einer Stressechokardiographie eine suspekte umschriebene Bewegungsstörung im Bereich des spitzennahen Septums feststellte. Aufgrund suboptimaler Schallqualität im Bereich der Seitenwand und der auffälligen Stressechokardiographie wurde der Patient, auch vor dem Hintergrund seiner positiven Familienanamnese und somit seines Risikoprofils, zur Durchführung einer Koronarangiographie weiter überwiesen.

Es wurde eine Koronarangiographie nach Judkins über die rechte A. femoralis vorgenommen. Während der Maßnahme trat eine plötzliche Asystolie auf, die sofortige Reanimationsmaßnahmen notwendig machte. Zu diesem Zeitpunkt informierte die assistierende Katheterschwester den die Katheteruntersuchung durchführenden Arzt, dass das Drucksystem von ihr noch nicht gespült worden war.

Ursächlich für die Asystolie war, dass über den Herzkatheter Luft in die linke Herzkranzarterie appliziert worden war, da das Drucksystem, welches an die im Bereich der rechten Leiste eingeführte Kanüle des Herzkathetersystems angeschlossen worden war, zuvor nicht mit Flüssigkeit durchgespült und gefüllt und damit entlüftet worden war. Die Spülung wurde sofort nachgeholt, und die darauffolgende Kontrastmittelinjektion über den Katheter in die linke Herzkranzarterie zeigte einen inkompletten Verschluss des Gefäßes mit Luft. Durch wiederholte Spülungen und Reanimation gelang zunächst eine Stabilisierung des Patienten und es erfolgte die Verlegung auf die Intensivstation.

Hier entwickelte der Patient ein septisches Krankheitsbild und wurde beatmungspflichtig. Im Verlauf kam es aus zunächst ungeklärter Ursache zu einer Lähmung der linken Körperhälfte. Nach fünf Tagen war eine Verlegung auf eine Station für Frührehabilitation möglich. Hier trat jedoch vier Tage später schwere Luftnot auf, die eine Rückverlegung auf die Intensivstation erforderlich machte. Der Patient erlitt einen Herzstillstand und verstarb nach 1 ½ vergeblicher Reanimation.

In der Literatur wird darauf hingewiesen, dass es wichtig ist, vor der Kontrastmittelinjektion Blut zu aspirieren und das Kathetersystem mit Kochsalzlösung zu spülen, um iatrogene Luftembolien zu verhindern. Weiterhin sollte der Katheter für die Aspiration von Blut und die Spülung mit Kochsalzlösung, vor dem Sondieren der linken Herzkranzarterie in der Aorta ascendens belassen werden, um eine Koronarembolie zu vermeiden (53, 66, 150).

In unserem Fall wurde von dem die Katheteruntersuchung durchführenden Arzt zwar Blut über den Katheter aspiriert, um die Durchgängigkeit des Systems zu prüfen, doch wurde

versäumt, das Drucksystem bzw. den Druckschlauch, welcher an den Katheter angeschlossen war, mit Flüssigkeit zu spülen, um ihn zu entlüften. Die assistierende Katheterschwester hatte dieses Drucksystem noch nicht gespült und der Arzt überzeugte sich vor Anstellen der Spülung über das Drucksystem nicht, dass die Schläuche des Drucksystems für die Kontrastmittelinjektion entlüftet waren. So kam es während der Spülung des Katheters zur Lufteinspritzung in die linke Koronararterie. Diese Luftembolie führte zu einem Koronararterienverschluss und nachfolgend zum Herzstillstand.

Mögliche Mechanismen der Entstehung einer Luftembolie während Koronarangiographien und Koronarangioplastien sind ungenügende Aspiration des Katheters, Ballonrupturen, Lufteinziehung während des Einführens oder Rückziehens des Katheters, Materialfehler, negative Saugwirkung selbstbelüftender Katheter außerhalb des Körpers (66) sowie in unserem Fall die unterlassene Entlüftung des Drucksystems.

Eine Luftembolie kann sich in Brustschmerzen, Bradykardie, Hypotension, Asystolie sowie Kammerflimmern manifestieren (65, 66). Der Patient in unserem Fall zeigte ebenfalls Asystolie und Kammerflimmern als Symptome der Luftembolie.

Eine optimale Behandlung der Luftembolie ist bis heute nicht etabliert, so dass die sicherste Maßnahme die Verhütung dieser Komplikation ist. Ist es jedoch zur Luftembolie gekommen, besteht die Behandlung in der Gabe von Schmerzmitteln und 100% Sauerstoff. Weiterhin müssen unmittelbar Reanimationsmaßnahmen eingeleitet werden. Durch Injektion von Kochsalzlösung sollte versucht werden, die Luftblasen ans Ende der Arterie zu spülen, um sie dann mit Hilfe des Katheters zu aspirieren (48, 66, 97). Auch im vorliegenden Fall wurden bei Auftreten der Luftembolie sofort therapeutische Maßnahmen eingeleitet, namentlich eine Herzdruckmassage und künstliche Beatmung. Weiterhin wurde die linke Herzkranzarterie wiederholt mit Kochsalzlösung gespült, um eine bessere Durchblutung zu erzielen. Dabei gelang es, die Koronarperfusion wiederherzustellen und das Herz/Kreislaufsystem zu stabilisieren.

Trotz Ausschöpfung aller therapeutischen Maßnahmen konnte jedoch die letztlich zum Tode führende Schädigung des Herzens nicht verhindert werden.

Einen ähnlichen Fall berichten Hung et al. im Jahr 2002. Die Autoren halten eine inkomplette Aspiration des Katheters in ihrem Fall für den wahrscheinlichsten Entstehungsmechanismus der Luftembolie. In diesem Fall betraf die Luftembolie allerdings die rechte Koronararterie. Auch hier resultierte trotz sofortiger Behandlungsmaßnahmen ein irreversibler Schaden des Myokards (53).

Das Todesermittlungsverfahren im vorliegenden Fall endete mit der Verurteilung des die Koronarangiographie durchführenden Arztes und der assistierenden Katheterschwester nach §222 des StGB wegen fahrlässiger Tötung. Diese Tat wird entweder mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.
Die beiden Personen wurden nach § 40 des StGB zu einer Geldstrafe in Tagessätzen verurteilt. Dem Arzt wurden 120 Tagessätze zu je 200 Euro, der Katheterschwester 90 Tagessätze zu je 50 Euro auferlegt.
Analysiert man den Verantwortungsbereich dieser Personen in Bezug auf die unterlassene Spülung des Drucksystems, so wird in der Literatur beschrieben, dass beim Ablauf einer Herzkatheteruntersuchung nicht unterschieden wird, welche Aufgaben vom untersuchenden Arzt und welche vom Assistenzpersonal durchgeführt werden, da die Arbeitsaufteilung in jeder Praxis oder Klinik unterschiedlich ist. Der Laborleiter hat jedoch den Ablauf der Tätigkeiten anzuordnen (150).
Das Personal im Herzkatheterlabor sollte aus drei bis vier Fachkräften bestehen. Diese setzen sich aus einem Operateur, einem weiteren erfahrenen Arzt und ein bis zwei Schwestern oder Pflegern zusammen (38). Der verantwortliche Betreiber das Katheterlabors muss Facharzt für Innere Medizin mit der Teilbezeichnung Kardiologie sein sowie über Fachkunde nach RöV verfügen (2, 99, 111).
In Bezug auf die Verantwortung der Entlüftung des Kathetersystems findet man in den Empfehlungen des American College of Cardiology einige Ausführungen. Es wird jedoch lediglich beschrieben, dass eine luftfreie Verbindung zwischen dem Mehrfachverteiler und dem Katheter hergestellt werden muss. Diese Aufgabe steht im Verantwortungsbereich des untersuchenden Arztes. Auf die Frage, bei wem die Verantwortung für das luftfreie Drucksystem liegt, wird nicht eingegangen. Weiterhin wird nicht beschrieben, ob sich der untersuchende Arzt vor der Durchführung der Maßnahme vom luftfreien Zustand des Drucksystems überzeugen muss (13).

Eine Herzbeuteltamponade ist eine weitere Komplikation von Herzkathetermaßnahmen. Mathey gibt eine Rate von 0,8% an (90). Perforationen treten besonders bei Verwendung steifer Katheter auf (75). Außerdem ist diese Komplikation oftmals bei schwieriger Sondierung der linken Herzkammer bei z. B. vorliegender Aortenstenose mit geradem Führungsdraht vorzufinden (72). Bei Verwendung von Kathetern mit aufgeblasenem Ballon ist eine Perforation selten zu erwarten (75).

Bei einem der vorliegenden Fälle handelt es sich auch um eine Herzbeuteltamponade. Der Patient wurde drei Tage nach einer durchgeführten Herzkatheteruntersuchung leblos in seinem Badezimmer aufgefunden. Bei dieser Herzbeuteltamponade lag jedoch eindeutig keine Komplikation des Kathetereingriffes vor. Sie war Folge eines vorbestehenden Aneurysma dissecans der gesamten Aorta.
Eine weitere Herzbeuteltamponade ereignete sich bei einer Elektroablation im Rahmen der Therapie von Vorhofflimmern. Die Perforationsstelle befand sich im rechten Vorhof. Der Patient wurde nach erfolgreich erachteter Katheterablation wenige Stunden später auf Station leblos in seinem Bett aufgefunden. Der Tod war Folge der Komplikation.

In vier vorliegenden Fällen lag eine Lungenembolie vor. Lungenembolien treten besonders häufig bei gleichzeitiger arterieller und venöser Punktion auf (45). Die Entstehung kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. Die häufigste Ursache ist eine Thrombusbildung in den benachbarten tiefen Venen durch eine Abflusshinderung. Diese wiederum kann durch eingebrachte venöse Schleusen, durch Kompression der Punktionsstelle oder zu stramme Kompressionsverbände erfolgen (10).
Die Herzkathetermaßnahmen konnten den vier hier beobachteten Lungenembolien nicht mit Sicherheit als Auslöser zugeordnet werden. Bei zwei Lungenembolien bestand nur ein zeitlicher Zusammenhang. Der zeitliche Abstand zwischen den Herzkathetermaßnahmen und Auftreten der Lungenembolien lag zwischen ein und sechs Tagen.
Embolіequelle war in zwei Fällen eine tiefe Unterschenkelvenenthrombose. In zwei Fällen konnte keine Embolіequelle identifiziert werden.
Soweit nachvollziehbar, fanden bei diesen vier Patienten jeweils nur eine arterielle und keine gleichzeitige venöse Punktion statt.

Bei einer Herzkatheteruntersuchung besteht das Risiko einer Einschwemmung von Bakterien in die Blutbahn (112). Daher sollten Maßnahmen wie eine hygienische Händedesinfektion, das Tragen steriler Handschuhe und Kittel, Mundschutz und die Abdeckung mit sterilen Tüchern penibel eingehalten werden. Weiterhin sollte die Punktionsstelle rasiert und gründlich mit Desinfektionsmittel gereinigt werden (72).
Bei Diabetikern werden lokale Infektionen mit der Ausbildung von Abzessen besonders häufig beobachtet (10).
Eine prophylaktische Antibiotikagabe wird nur bei langdauernden Prozeduren oder abwehrgeschwächten Patienten empfohlen (10). Schon Rieder et al. zeigten 1980 in einer

Studie an 145 Patienten, dass auf eine prophylaktische Antibiotikagabe verzichtet werden kann, da die Bakteriämierate nach Herzkatheteruntersuchungen sehr klein ist (112).
Eine Sepsis wurde in den vorliegenden Fällen einmal identifiziert. Die durchgeführte Herzkatheteruntersuchung kam als möglicher Auslöser dieser Sepsis in Betracht, beweisbar war dies allerdings nicht. Der Patient verstarb 12 Tage nach der Herzkatheteruntersuchung. Zuvor wurde in einer Blutkultur Staphylococcus aureus nachgewiesen.

Die Frage eines ärztlichen Behandlungsfehlers konnte in 25 der vorliegenden Fälle verneint werden. In 16 Fällen konnte diese Frage anhand des Sektionsprotokolls nicht beantwortet werden. Weitere Unterlagen lagen nicht vor. Im Fall einer koronaren Luftembolie, der zuvor ausführlich beschrieben wurde, wurde der Verdacht eines ärztlichen Behandlungsfehlers bestätigt.
In 15 Fällen konnte nachvollzogen werden, dass das zunächst eingeleitete Todesermittlungsverfahren nach § 170 StGB eingestellt wurde.

5.2 Zentrale Venenkatheter

Es liegen 20 Fälle zentraler Venenkatheterisierungen mit 21 Punktionen und insgesamt 23 zunächst vermuteten Komplikationen vor. Dabei handelt es sich um 20 gutachterlich bestätigte Komplikationen und drei Komplikationen, denen die Maßnahme als Ursache nicht eindeutig zugeordnet werden konnte.

In Deutschland werden jährlich ca. 1,9 Millionen zentrale Venenkatheter gelegt (121).
Zentrale Venenkatheter sind wichtige Maßnahmen bei der Überwachung und Therapie von Risikopatienten während Operationen, in der Intensivmedizin und in Notfallsituationen (74).
Die zentrale Venenkatheterisierung hat sich zu einem häufigen und daraus folgend routinierten Verfahren entwickelt (7). Es handelt sich aber um ein invasives Verfahren, welches trotz dieser Routine das Risiko von Komplikationen mit sich bringt. Diese können zum einen in mechanische, thrombotische und infektiöse Komplikationen (7) und zum anderen in akute und chronische Komplikationen unterteilt werden (69). Die akuten Ereignisse sind oft durch die Punktion bedingt, die chronischen durch die Liegedauer des Katheters (69). Mechanische Komplikationen treten meist direkt nach der Punktion auf, können jedoch auch erst nach einiger Zeit auftreten. Die häufigsten mechanischen Komplikationen sind arterielle Fehlpunktionen, Hämatome und Pneumothoraces (91). Thrombotische und infektiöse Komplikationen resultieren im Allgemeinen erst nach einer gewissen Liegedauer des Katheters (7).

Zugangswege sind die V. subclavia, die V. jugularis interna, die V. jugularis externa, die V. femoralis sowie die Armvenen (7, 69, 80). Die Wahl der Punktionsstelle hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie der geplanten Therapie und Diagnostik sowie der klinischen Situation, in der der zentrale Venenkatheter gelegt wird (69).
Der am häufigsten gewählte Zugangsweg ist die V. jugularis interna (7, 80). Yilmazlar et al. nutzen die V. jugularis interna in 67,9% bei 1300 Patienten. Dabei wurde die rechte V. jugularis interna erheblich öfter verwendet als die linke (154). Die Erfolgsrate beträgt bei der V. jugularis interna 95-98% (90). Die Punktion dieser Vene ist gegenüber der V. subclavia leichter und der Katheter kann bei Wahl der rechten V. jugularis interna gerade vorgeschoben werden, ohne oft in die V. brachiocephalica oder V. subclavia abzuweichen (7). In den vorliegenden Fällen wurde die Vena jugularis interna lediglich in drei von 21

Fällen verwendet. In vier Fällen wurde als Punktionsort nur allgemein die V. jugularis beschrieben. Zweimal wurde nur allgemein der Hals als Zugangsweg beschrieben.

Die V. jugularis externa verläuft oberflächlich, ist gut sichtbar und hat somit den Vorteil, dass sie leicht zu punktieren ist (7). Ein wichtiger Nachteil ist jedoch, dass der Katheter schwer zentral zu platzieren ist, weil er durch die stark gewinkelte Einmündungsstelle der V. jugularis externa in die V. subclavia leicht abweicht (7, 69). Die Erfolgsrate beträgt nur 70-80%, die Fehlplatzierungsrate 30% (90). Außerdem ist die Rate an Infektionen und thrombotischen Komplikationen höher als bei Verwendung der V. jugularis interna. Grund hierfür ist wahrscheinlich der geringere Blutfluss in der V. jugularis externa gegenüber der V. jugularis interna (80). Ein Zugang über diese beiden Venen wird von vielen wachen Patienten bei Bewegung des Halses als unangenehm empfunden (80). Die V. jugularis externa wird selten verwendet (90).

Ein weiterer Zugangsweg ist die V. subclavia. Sie wird oft gewählt, wenn eine Liegedauer des Katheters von mehr als fünf Tagen geplant ist (80). Wache Patienten empfinden einen Zugang über diese Vene angenehmer als über die Jugularvenen (7). Zudem ist das Infektionsrisiko im Gegensatz zur der V. jugularis geringer (7). In Notfallsituationen ist die V. subclavia in vielen Fällen Zugangsweg der ersten Wahl, da sie auch in schweren Hypovolämiefällen durch ihre bindegewebige Befestigung zu punktieren ist. Ein Nachteil dieses Zugangsweges ist jedoch, dass die Vene nicht sichtbar oder die zugehörige Arterie als Anhaltspunkt für die Punktion nicht tastbar ist (7). Aus diesem Grund weist die V. subclavia eine höhere Komplikationsrate auf als die anderen Zugangswege (90). Ruesch et al. führten eine Literaturrecherche bezüglich der Komplikationshäufigkeit bei der V. jugularis interna und der V. subclavia durch. Ihnen lagen 17 prospektive vergleichende Studien mit 2085 Jugular- 2428 Subclaviapunktionen vor. Es wurden mit 3% wesentlich mehr arterielle Fehlpunktionen bei Verwendung der V. jugularis interna gegenüber 0,5% bei Verwendung der V. subclavia beschrieben. Die Subclaviapunktion wies mit 9,3% gegenüber 5,3% eine deutlich höhere Fehlplatzierungsrate auf. Die Infektionsrate war bei Verwendung der V. subclavia mit 4% gegenüber 8,6% um die Hälfte geringer als bei der V. jugularis interna. Das Auftreten eines Hämato- oder Pneumothorax war mit 1,5% bei der V. subclavia gegenüber 1,3% bei der V. jugularis interna mit nur geringen Unterschieden beschrieben (117). Faktoren, die das Komplikationsrisiko bei Punktion der V. subclavia erhöhen, sind Lungenerkrankungen und eine maschinelle Beatmung des Patienten. In diesen Fällen ist die V. jugularis interna Punktionsort der ersten Wahl (69).

Bei Vorliegen einer Struma sollte auch auf die Verwendung der V. jugularis interna verzichtet werden und auf andere Zugangswege ausgewichen werden (69).
In den hier vorliegenden Fällen war die V. subclavia mit 9 Punktionen das meist genutzte Gefäß. Dabei wurde die rechte V. subclavia insgesamt achtmal, die linke V. subclavia nur einmal verwendet.
Die V. femoralis als Zugangsweg für einen zentralen Venenkatheter bietet einige Vorteile. Sie ist durch ihre anatomische Lage medial der gut tastbaren A. femoralis leicht auffindbar und somit einfach zu punktieren. Sie verläuft gerade, wodurch der Katheter gut vorgeschoben werden kann. Ein Nachteil ist die vergleichsweise tiefe Lage der Vene, wodurch es, besonders bei zu hoher Punktion oberhalb des Leistenbandes, zu schlecht diagnostizierbaren retroperitonealen Blutungen kommen kann (80). Wache Patienten empfinden einen Zugang an dieser Stelle als unangenehm und störend (80). In Reanimationssituationen oder bei Patienten, die nicht gerade gelagert werden können, wird die V. femoralis oft verwendet (80). Infektionen und Thrombosen treten bei Verwendung dieses Zugangsortes vergleichsweise häufig auf. Merrer et al. untersuchten in einer dreijährigen Studie von 1997 bis 2000 auf acht Intensivstationen in Frankreich die Komplikationshäufigkeiten bei Punktion der V. femoralis im Vergleich zur V. subclavia. Es wurden 145 Femoralpunktionen und 144 Subclaviapunktionen durchgeführt (94).
Infektionen traten mit 19,8% bei Katheterisierung der V. femoralis gegenüber 4,5% bei Katheterisierung der V. subclavia deutlich häufiger auf. Thrombotische Komplikationen ereignen sich bei der V. femoralis ebenfalls deutlich häufiger. Es wurden 21,5% gegenüber 1,9% bei der V. subclavia beschrieben (94). Die V. femoralis wurde in den hier zugrundeliegenden Fällen nur einmal genutzt.
Die Armvenen, bei denen es sich um die V. basilica, die V. brachialis und die V. cephalica handelt, bieten den Vorteil der leichten Punktion durch oberflächliche Lage und gute Palpierbarkeit. Duerksen et al. zeigten jedoch auf, dass ein Katheter über diese Zugänge nur in 60-75% eine zentrale Lage erreicht (35).
Armvenen wurden in den 21 hier beschriebenen Fällen nicht als Zugangsweg beschrieben.
In zwei Fällen war der Zugangsweg jedoch nicht nachvollziehbar.

Der Pneumothorax ist eine häufige Komplikation bei der Katheterisierung zentraler Venen. Er tritt bei Punktion der V. subclavia häufiger auf als bei der V. jugularis interna. Bei der V. subclavia sind Zahlen von 0,5-2% beschrieben, bei der V. jugularis interna Zahlen unter 1% (90). McGee und Gould führten eine Literaturrecherche durch und ermittelten die

Häufigkeit eines Pneumothorax bei Verwendung der V. subclavia mit 1,5-3.1%. Im Gegensatz dazu lag die Häufigkeit bei der V. jugularis interna unter 0,1-0,2% (91). Bei Punktion der linken V. jugularis interna tritt ein Pneumothorax häufiger auf als auf der rechten Seite, da die Pleurakuppe auf der linken Seite höher liegt (90).

Begünstigende Faktoren für das Auftreten eines Pneumothorax sind chronisch-obstruktive Lungenerkrankungen, Adipositas, Veränderungen der Wirbelsäule oder anderer knöcherner Strukturen, maschinelle Beatmung mit hohen Beatmungsspitzendrücken und hohen positiven end-exspiratorischen Drücken (104). Hierdurch sind die Lungenspitzen nach cranial ausgeweitet (80).

Wird ein zentraler Venenkatheter direkt vor einer Operation gelegt, ist zu beachten, dass ein eventuell entstandener Pneumothorax durch die maschinelle Beatmung vergrößert werden kann. Aus diesem Grund muss in diesen Situationen eine sorgfältige Überwachung stattfinden (80).

Nach einem erfolglosen Punktionsversuch auf einer Seite sollte vor Punktion der anderen Seite ein Pneumothorax ausgeschlossen werden (80). Im Allgemeinen sollte immer sofort nach der Anlage eines zentralen Venenkatheters ein Röntgenbild angefertigt werden. Zur besseren Kontrolle sollte zwischen vier und 24 Stunden später ein weiteres Röntgenbild gefertigt werden (80). Symptome eines Pneumothorax sind Atemnot, Schmerzen im Thorax, Tachykardie und trockener Husten. Auskultatorisch ist ein abgeschwächtes Atemgeräusch auf der betroffenen Seite hörbar. Die Perkussion ergibt einen hypersonoren Klopfschall. Die Therapie besteht bei allen Pneumothoraces in der Anlage einer Pleurasaugdrainage.

In den vorliegenden Fällen trat ein Pneumothorax als Komplikation eines ZVK viermal auf. Punktionsort war in drei Fällen die rechte V. subclavia, in einem Fall die linke V. subclavia. In einem dieser Fälle trat der Tod durch die Kombination eines vorbestehenden ausgedehnten Bronchialkarzinoms in Kombination mit dem bei der Anlage des zentralen Venenkatheters entstandenen Pneumothorax ein. Eine Röntgenaufnahme zur Abklärung der korrekten Lage des Katheters erfolgte *lege artis* nach dem Eingriff. Hierbei wurden keine Auffälligkeiten festgestellt. Erst in einer Folgeaufnahme zeigte sich ein Pneumothorax. Es wurde versucht, diesen mittels einer Bülaudrainage zu beheben. In einem anderen Fall wurde der Pneumothorax zunächst überlebt. Die Patientin verstarb an einem Herz- Kreislaufversagen nach septischem Schock. Ein weiterer, in den vorliegenden Fällen aufgetretener Pneumothorax war lediglich anhand der Krankenunterlagen nachvollziehbar. Es wurden nach der Anlage des zentralen Venenkatheters regelrecht

Röntgenbilder angefertigt. Zur Therapie des Pneumothorax wurde eine Thoraxsaugdrainage angelegt. Zwischen dem Auftreten und dem Todeseintritt des Patienten lagen 17 Tage. Der Patient verstarb an einem Organversagen bei kompliziertem Verlauf einer Pankreatitis. Der vierte Pneumothorax hatte keine todesursächliche Wirkung. Er wurde mittels einer Thoraxdrainage behandelt.

Arterielle Fehlpunktionen treten in Abhängigkeit des Punktionsortes unterschiedlich häufig auf. Bei der Katheterisierung der V. jugularis interna kann es zur unbeabsichtigten Punktion der A. carotis, bei der V. subclavia zur unbeabsichtigten Punktion der A. subclavia kommen (80). Yilmazlar et al. beobachteten bei 1303 zentralvenösen Katheterisierungen eine Rate arterieller Fehlpunktionen von 5,2% (154).
In einer Literaturrecherche ermittelten Ruesch et al. eine 3%ige arterielle Fehlpunktionsrate bei Verwendung der V. jugularis interna gegenüber 0,5% bei Verwendung der V. subclavia (117). McGee and Gould belegten ebenfalls anhand einer Literaturrecherche eine höhere Rate an arteriellen Fehlpunktionen bei Verwendung der V. jugularis interna mit 6,3-9,4% gegenüber 3,1-4,9% bei der V. subclavia. Am häufigsten fanden sich mit 9-15% arterielle Fehlpunktionen im Rahmen dieser Studie bei Verwendung der V. femoralis (91).
Arterielle Fehlpunktionen können weitere Komplikationen zur Folge haben. In der vorliegenden Untersuchung wurden sie viermal identifiziert. Davon betrafen drei Fehlpunktionen die A. carotis communis. Einmal wurde die A. subclavia fehlpunktiert. Diese Fehlpunktionen waren Auslöser für weitere Komplikationen, namentlich einen Hirninfarkt, eine Mediastinalblutung, zwei ausgedehnte Hämatome und einen Hämatothorax. Der Hirninfarkt sowie ein Hämatom resultierten aus derselben Fehlpunktion.
Die arterielle Fehlpunktion ist die häufigste Ursache für Hämatome an der Punktionsstelle (80). In den meisten Fällen bleiben diese Hämatome folgenlos und es ist keine spezielle Behandlung notwendig (7). Eine chirurgische Intervention ist oft nur bei Antikoagulation, schweren Gerinnungsstörungen oder Fehlpunktionen mit großen Schleusen erforderlich (80). In den hier vorliegenden drei Fällen, in denen Hämatome zu beobachten waren, waren zwei Hämatome weder ursächlich noch mitursächlich für den Tod des Patienten.
Hämatome sind nur in einigen schweren Fällen Auslöser für zerebrovaskuläre Insulte (27). Sloan et al. berichten von einem Fall, bei dem ein Hirninfarkt durch die versehentliche Punktion der A. vertebralis bei eigentlich vorgesehener Katheterisierung der V. jugularis

interna statt fand (130). Eine weitere Ursache für Hirninfarkte nach zentraler Venenkatheterisierung kann eine zu lange anhaltende äußerliche Kompression sein (27).
In einem hier vorliegenden Fall, in dem ein ausgedehntes Hämatom als Folge einer ungewollten Punktion der A. carotis interna bei Katheterisierung der V. jugularis interna vorlag, kam es zu einem Hirninfarkt. Dieser war nach gutachterlicher Einschätzung sehr wahrscheinlich als Folge des Hämatoms zu werten. Die Patientin wies ein Aneurysma der A. carotis interna auf. In diesem Bereich erfolgte auch die Gerinnselbildung. Darüber hinaus litt die Patientin an einer Thromboseneigung. Die umfangreiche Weichteilblutung war begünstigender Faktor bei der Blutgerinnselabscheidung. Die Komplikation wurde von den Ärzten schnell bemerkt. Eine sofort eingeleitete Diagnostik und Therapie erbrachte jedoch lediglich eine vorübergehende Besserung. Die Patientin verstarb sieben Tage nach Auftreten der Komplikation an einer Hirnlähmung als Folge des Hirninfarktes.
In der Literatur wird darauf hingewiesen, dass bei Patienten mit arteriosklerotischen oder anderen krankhaften Veränderungen der Halsarterien die Punktion der V. jugularis interna vermieden werden sollte, um zerebrovaskulären Schädigungen vorzubeugen (7, 80). Das Aneurysma der A. carotis interna war in dem hier vorliegenden Fall jedoch nicht bekannt. Im rechtsmedizinischen Gutachten wurde darauf hingewiesen, dass diese Erkrankung durch die üblichen Voruntersuchungen nicht zu erfassen gewesen sei und aus diesem Grund vorbeugende Maßnahmen nicht hätten durchgeführt werden können.

Weitere Komplikationen bei der Katheterisierung zentraler Venen sind der Hämatothorax, das Hämatomediastinum, der Hydrothorax sowie das Hydromediastinum. In den hier vorliegenden Fällen wurden vier Hämatothoraces, ein Hämatopneumothorax, ein Hämatomediastinum und zwei Infusionsthoraces identifiziert.
Ein Hydrothorax entsteht nach Gefäßverletzungen und Perforationen der Pleura parietalis (32, 69). Er kann demnach direkt nach der Durchführung der Katheterisierung und anschließender Fehlleitung der Infusionslösung oder auch erst nach bis zu 9 Tagen (116) durch Arrosionen der Gefäßwand auftreten (69). Die Mortalität eines Hydrothorax oder Hydromediastinums liegt bei 12% (69). Döbel und Braun berichten von einem Fall, in dem es nach Anlage eines zentralen Venenkatheters über die rechte V. subclavia zu einem bilateralen Hydrothorax und Hydromediastinum kam (32). Ein Hydrothorax wird oft erst im Rahmen einer Röntgenuntersuchung diagnostiziert, da er zu Beginn häufig keine auffälligen klinischen Symptome hervorruft (80). Tilak et al. berichten über eine

extravaskuläre Platzierung eines zentralen Venenkatheters in das Mediastinum. Punktionsort war in ihrem Fall die linke V. subclavia (136).

In einem hier vorliegenden Fall handelt es sich um einen Infusionsthorax durch eine paravasale Lage eines zentralen Venenkatheters. In diesem Fall war die Ursache der paravasalen Lage nicht eindeutig zu klären. Sie hätte sowohl direkt bei der Katheterisierung als auch erst später durch eine Wanderung des Katheters durch die Gefäßwand auftreten können. Der durchführende Arzt vermerkte in seinem Bericht, dass eine angeschlossene Infusion zwar über den Katheter floss, bei Absinken dieser Infusionsflasche aber kein Blut in den Katheter zurück lief. Die aufgetretenen Symptome wurden von den Ärzten falsch gedeutet und falsch therapiert, so dass es zu einem Herz-Atemstillstand mit nachfolgendem Multiorganversagen und daraus resultiertem Tod nach 16 Tagen kam.

Der zweite Infusionsthorax entstand nach einer Perforation des rechten Vorhofes mit einem Volumen von 2800ml. Eine sekundäre Perforation des rechten Vorhofes durch den Katheter erst nach einer Latenzzeit von wenigen Tagen wurde in diesem Fall als Entstehungsmechanismus vermutet. Diese Komplikation hat wahrscheinlich zu einer Minderdurchblutung des Herzmuskels durch die eingeschränkte Entfaltungsmöglichkeit des Herzens und folgend zu einem tödlichen Herzinfarkt geführt. Diagnostisch wurde zuvor bei Verschlechterung des Hämoglobinwertes eine Röntgenaufnahme des Brustkorbes angefertigt. Dabei fiel ein Brusthöhlenerguss auf. Wann diese Aufnahme gefertigt wurde, ist nicht genau ersichtlich. Aufgrund einer sich deutlich verschlechternden Herzfunktion und Sauerstoffsättigung des Blutes sollte einige Zeit später ein Ultraschall des Herzens durchgeführt werden. Kurz zuvor verstarb die Patientin jedoch. Über einen möglicherweise erfolgten Therapieversuch lagen keine Informationen vor.

Ein in den vorliegenden Fällen identifiziertes Hämatomediastinum und ein Hämatothorax waren jeweils Folge einer ungewollten arteriellen Punktion. Das Hämatomediastinum entstand nach Fehlpunktion der linken A. carotis communis. Die Komplikation wurde umgehend erkannt und die Blutung erfolgreich durch Kompression gestillt. Die Komplikation war nicht todesursächlich.

Die Ursache eines Hämatothorax ist häufig eine unbeabsichtigte Verletzung der A. oder V. subclavia mit nachfolgender Blutung in die Thoraxhöhle (7). Die Häufigkeit des Auftretens bei Punktion der V. subclavia liegt bei 0,4-0,6% (91). Nach Punktion der V. jugularis interna bildet sich ein Hämatothorax meist auf derselben Seite aus (122). Im Gegensatz dazu geht die Punktion der V. subclavia oftmals mit einem Hämatothorax auf der

Gegenseite einher (83). In den hier vorliegenden Fällen bildete sich der Hämatothorax jeweils auf der Seite der Gefäßverletzung aus.

Eine Folge der unbeabsichtigten Punktion der linken A. subclavia und der linken Pleurakuppe war ein linksseitiger Hämatothorax mit einem Blutvolumen von 2800ml. Im Bereich der Verletzung wies die A. subclavia eine hochgradige exulcerierende Arteriosklerose auf, die die Perforation begünstigt haben kann. Die Komplikation war todesursächlich. Informationen bezüglich eines möglicherweise erfolgten Therapieversuches lagen nicht vor.

Ein weiterer linksseitiger Hämatothorax entstand durch die Perforation der linken V. jugularis interna und der linken Pleurakuppe. Die Perforationsstelle lag im Bereich einer Venenklappe. Auch dieser Hämatothorax war todesursächlich, jedoch in Verbindung mit einer schweren chronischen Herzerkrankung des Patienten. Auf Seiten der Ärzte wurde auf die Komplikation bei Auftreten eines Blutdruckabfalls unter der Verdachtsdiagnose eines Hämatothorax sofort und adäquat reagiert.

Blutungen aus venösen Gefäßen zeigen die ersten klinischen Symptome im Gegensatz zu arteriellen Blutungen häufig erst nach einer längeren Zeit (122). Schwarzkopf et al. stellten einen Fall vor, in dem ein bilateraler Hämatothorax erst nach 48 Stunden klinisch auffällig wurde (122). In dem hier vorliegenden Fall wurde der Hämatothorax jedoch schon nach 20 Minuten klinisch auffällig.

Ein weiterer Hämatothorax aus dem vorliegenden Untersuchungsgut entstand auf der rechten Seite mit einem Blutvolumen von 1050ml nach Punktion der rechten V. subclavia und nachfolgender Perforation der rechten Brusthöhle. Todesursache war in diesem Fall nicht diese Komplikation, sondern eine Blutungskomplikation bei einer Knochenmarkspunktion.

Der vierte in der vorliegenden Untersuchung identifizierte Hämatothorax kam durch eine Perforation der rechten V. brachiocephalica und der Pleura zustande. Dieser Hämatothorax lokalisierte sich in der rechten Brusthöhle und wies ein Blutvolumen von 3600ml auf. Ausgedehnte Therapieversuche einer großräumigen Eröffnung der rechten Brusthöhle und der Gabe von insgesamt 80 Blutkonserven blieben erfolglos. Die Komplikation führte zum Tod.

Ein Hämatopneumothorax entstand durch Perforation der rechten V. subclavia und der rechten Brusthöhle. Die Perforationsstellen lagen, wie schon in einem zuvor vorgestellten Fall, im Bereich einer Venenklappe. Es wurde sofort auf die Komplikation reagiert und

mittels Drainage und Blutkonserven therapiert. Die Komplikation hat in diesem Fall laut Sektionsgutachten nicht wesentlich zum Todeseintritt beigetragen.

Die Herzbeuteltamponade ist eine schwerwiegende und oft tödliche Komplikation der Katheterisierung zentraler Venen. Die Letalität beträgt bis zu 70% (69). Diese hohe Rate ist durch die in vielen Fällen erst späte Diagnosestellung bedingt (71). Das tödliche Blutvolumen im Herzbeutel kann 100 bis 300ml betragen (80). Ursache dieser Komplikation kann sowohl die Perforation der V. cava superior im Herzbeutel als auch die der Herzwand durch die Spitze des Katheters sein (26, 71). Die Herzbeuteltamponade kann also primär direkt bei der Katheterisierung oder sekundär durch bereits liegende Katheter mit einer zeitlichen Verzögerung von bis zu zwei Wochen entstehen (59, 73). Die sekundäre Perforation entsteht durch eine Druckschädigung mit Arrosionen an der Gefäß- oder Herzwand (26, 59, 141). Der häufigste Perforationsort bei sekundär auftretenden Herzbeuteltamponaden liegt im rechten Vorhof im Bereich des Sinus venosus, da dieser der Mündungsstelle der V. cava superior direkt gegenüber liegt und der Wanddurchmesser an dieser Stelle oft lediglich 0,2-0,4mm beträgt (146). Aldridge und Jay berichten über 61 Patienten, bei denen Perikardperforationen auftraten. Die häufigste Perforationsstelle war ebenfalls der rechte Vorhof mit 49%, gefolgt von der rechten Kammer mit 34% und der V. cava superior mit 10% (4). Bewegungen des Patienten können einen Vorschub des liegenden Katheters in den rechten Vorhof verursachen. Den weitesten Vorschub mit bis zu 9cm erreichen Katheter, die über die V. basilica gelegt wurden. Katheter über die V. jugularis interna und die V. subclavia gelangen dagegen nur circa 3cm weit (36). Das Risiko einer Herzbeuteltamponade ist bei linksseitig eingeführten zentralen Venenkathetern erhöht (36). Die Symptome können Brustschmerzen, epigastrische Schmerzen, Übelkeit, Dyspnoe, Tachykardie, Hypotension oder Herzstillstand sein. Diese Symptome können auch erst mit einer zeitlichen Verzögerung auftreten (153).
König et al. berichten über eine Herzbeuteltamponade bei einer 17jährigen Patientin, die durch Anlage eines zentralen Venenkatheters über die linke V. subclavia auftrat. Während der Prozedur erlitt die Patientin einen Herzstillstand, wurde aber erfolgreich reanimiert (71).
In den hier vorliegenden Fällen wurde eine Herzbeuteltamponade einmal, eine Perforation des rechten Vorhofes zweimal identifiziert. Die Herzbeuteltamponade wurde durch eine Perforation im Bereich des rechten Ventrikels und dadurch in den Herzbeutel fehlgeleitete Infusionslösung von circa 500ml hervorgerufen. Der Katheter wurde über die rechte V.

subclavia eingeführt. Eine Lagekontrolle des Katheters durch ein Röntgenbild unterblieb. Das zunächst eingeleitete Todesermittlungsverfahren wurde eingestellt. Eine Sorgfaltspflichtverletzung konnte konkret keiner der an der Behandlung der Patientin beteiligten Personen nachgewiesen werden, da lediglich eine unzureichende Dokumentation der Abläufe vorlag. Welche Person für die nicht durchgeführte Röntgenaufnahme zuständig war, konnte aus diesem Grund nicht ermittelt werden.
Die ersten klinischen Symptome entwickelten sich nicht wie in dem Fall von König et al. unmittelbar bei der Punktion, sondern erst zwei Stunden nach Beginn einer Infusionstherapie. Sie bestanden in Tachykardie und Hypotension. Die Symptome wurden offenbar nicht richtig eingeordnet, so dass eine adäquate Therapie unterblieb. Der makroskopische und mikroskopische Befund der Perforationsstelle spricht in diesem Fall für einen primären Entstehungsmechanismus beim Einführen des Katheters. Das Herz wies im Bereich der Verletzung eine starke Lipomatosis auf und war mittelgradig vergrößert.
Eine Perforation des rechten Vorhofes verursachte einen Infusionsthorax und wurde bereits unter dieser Komplikation beschrieben. In Bezug auf die zweite Perforation des rechten Vorhofes wurde vermutet, dass sie Folge einer zentralen Venenkatheterisierung war. Bei der Patientin war zudem eine Herzkatheterintervention vorgenommen worden. Eine weitere mögliche Ursache der Perforation könnte auch der Herzkatheter gewesen sein, da das Herz ein offenes Foramen ovale aufwies und der Herzkatheter durch dieses vom linken in den rechten Vorhof gelangt sein könnte. Der Defekt im rechten Vorhof war zum Sektionszeitpunkt schon mit einem Patch gedeckt worden. Die Entstehung konnte nicht mehr eindeutig nachvollzogen werden.
Bei einer akuten Verschlechterung des Zustands des Patienten entweder bei der Anlage oder bei parenteraler Ernährung über einen zentralen Venenkatheter sollte das Vorliegen einer Herzbeuteltamponade in Betracht gezogen werden, da die Prognose stark von einer schnellen Diagnosestellung und Therapie abhängt (71).

Eine weitere schwere Komplikation der Anlage eines zentralen Venenkatheters ist die Luftembolie. Sie tritt entweder bei Anlage des Katheters, erst später bei Nutzung oder auch bei Entfernung des Katheters auf (80, 86, 106). Ursache kann die Aspiration von Luft durch einen sehr niedrigen zentralen Venendruck sein (103). Die Luftembolie ist mit einer hohen Letalität von 32-50% verbunden (123). Ein Luftvolumen von 50-100ml endet meist tödlich (107).

Dieser Komplikation kann durch eine Kopftieflage des Patienten sowohl beim Legen als auch bei der Entfernung des Katheters vorgebeugt werden (69).
In der vorliegenden Arbeit trat einmal eine Luftembolie als Komplikation eines zentralen Venenkatheters auf. Die Ursache der Luftembolie konnte jedoch nicht eindeutig identifiziert werden. Bekannt ist in diesem Fall lediglich, dass es beim „Legen und Entfernen eines Venenkatheters zu einer Notfallsituation“ gekommen ist. Röntgenologisch wurde eine Luftembolie bestätigt. Die Luftansammlungen betrafen laut dieser Untersuchung das Gehirn, das Herz und die Lunge. Die Sektion bestätigte die Luftembolie. Der Tod trat nach zwei Tagen ein. Über Therapieversuche liegen keine Informationen vor.

In einem der untersuchten Fälle kam es beim Vorschub eines Pulmonalarterienkatheters zur intraoperativen Überwachung über die rechte V. jugularis zu einer Hämoptoe und einem Herz-Kreislaufstillstand. Die Komplikation bestand in einem rechtsseitigen Lungeneinriss mit Pulmonalarterienabriss und einem Hämatothorax von 2000ml. Die Patientin verstarb während der Wiederbelebungsmaßnahmen.
Die Mortalität einer Pulmonalarterienruptur beträgt bis zu 70% (62). Hauptsymptom einer Perforation der Lungenarterie ist, wie auch in dem vorliegenden Fall aufgetreten, die Hämoptoe (12). Risikofaktoren für diese Komplikation sind ein Lebensalter über 60 Jahre, weibliches Geschlecht, Antikoagulation und eine pulmonale Hypertonie (62). In diesem Fall handelte es sich um eine 71jährige Patientin. Ob eine Antikoagulation bestand oder eine pulmonale Hypertonie vorlag, kann nicht beantwortet werden, da keine gutachterliche Wertung vorlag.

Infektiöse Komplikationen bei der zentralen Venenkatheterisierung werden in Entzündungen an der Punktionsstelle, Katheterkontamination und -kolonisation, positive quantitative Katheterkultur und katheterassoziierte Septikämie unterteilt (69). Die katheterassoziierte Septikämie tritt mit einer Häufigkeit von 1,5-10% auf (8, 9, 69, 148). Katheterkolonisationen ereignen sich in 5 bis 25% der Fälle (149). Risikofaktoren sind unter anderem eine Katheterverweildauer von mehr als vier Tagen, da ab diesem Zeitpunkt die Infektionshäufigkeit zunimmt, sowie die Wahl des Punktionsortes (69). Die geringste Infektionsrate tritt bei Verwendung der V. subclavia auf (117). Die V. femoralis weist die höchste Infektionsrate auf (94). Weiterhin ist die Infektionsrate stark abhängig von der Anzahl der Katheterlumina. Sie ist bei Mehrlumenkathetern erhöht (91, 148). Die häufigsten Erreger katheterassoziierter Infektionen sind koagulasenegative Staphylokokken

und Staphylococcus aureus (149). Haupterregerquelle sind die Hände des Personals und die Haut des Patienten (149). Eine wichtige Vorbeugemaßnahme stellt die korrekte Pflege des Katheters dar (7, 69).
Ein Fall einer Sepsis einer 71jährigen Patientin, die wahrscheinlich durch einen zentralvenösen Katheter bedingt war, wurde unter den vorliegenden Fällen identifiziert. Bei Verdacht auf eine ZVK-Sepsis erfolgte ein Wechsel des zentralen Venenkatheters. Der Ursprung der Sepsis konnte jedoch durch die Sektion nicht rekonstruiert werden, da zu diesem Zeitpunkt bereits alle Gefäßzugänge entfernt waren. Der Punktionsort konnte ebenfalls nicht nachvollzogen werden.

Eine Komplikation aus dem Untersuchungsgut betraf ein zwei Monate altes Kind, bei dem es bei der Anlage eines zentralen Venenkatheters laut eines behandelnden Arztes zu einer Fehllage gekommen sei. Der Katheter sei in den „Schädel“ vorgeschoben worden. Direkt nach der Anlage des Katheters sei wahrscheinlich keine Röntgenkontrolle erfolgt. Diese wurde erst später durchgeführt, woraufhin die Fehllage sofort korrigiert worden sei. Bei einer erneuten Katheterisierung über die rechte V. femoralis trat eine subendokardiale Blutung, wahrscheinlich durch die Katheterspitze bedingt, im Bereich des rechten Vorhofes auf. Die Todesursache konnte durch die Sektion und eine anschließende neuropathologische Untersuchung nicht geklärt werden. Bei dem Säugling wurde zuvor eine Kraniotomie bei vorliegender Kraniosynostose durchgeführt. Wirbelauer et al. berichten auch über Fehllagen bei Neugeborenen, jedoch handelt es sich in ihren Fällen um intrathekale Katheterfehllagen nach Punktion der rechten V. basilica (151). Bei Früh- und Neugeborenen werden zentrale Venenkatheter häufig als Einschwemmkatheter über periphere subkutan liegende Venen gelegt. Die Röntgenkontrolle ist durch den sehr geringen Katheterdurchmesser oft schwierig (151).

Weitere Komplikationen bei der zentralen Venenkatheterisierung, die in den vorliegenden Fällen jedoch nicht beobachtet wurden, sind Herzrhythmusstörungen, Nervenläsionen, Thrombosen, Verletzungen des Ductus thoracicus, Verletzungen der Luftwege und Horner-Syndrome (80).
Herzrhythmusstörungen können auf Vorhof- oder auf Ventrikelebene entstehen (16). Sie werden in vielen Fällen durch den Führungsdraht ausgelöst, wobei die Herzrhythmusstörungen meist nach Rückzug des Drahtes aufhören. Bei Verwendung der V. basilica kann der Katheter durch Bewegung des Armes einige Zentimeter in Richtung

des Herzens vorgeschoben werden. Auch in diesen Fällen muss der Katheter als Gegenmaßnahme zurückgezogen werden (80). Vorhofarrhythmien treten mit einer Häufigkeit von bis zu 41%, Ventrikelarrhythmien mit einer Häufigkeit von bis zu 25% auf (133). Der Grund dafür, dass trotz dieser hohen Auftretenswahrscheinlichkeit von Rhythmusstörungen in der vorliegenden Untersuchung keine Rhythmusstörungen als Komplikation einer zentralen Venenkatheterisierung identifiziert wurden, ist wahrscheinlich, dass sie nach Rückzug des Führungsdrahtes in der Regel sistieren und selten tödlich enden. Zudem können Herzrhythmusstörungen bei nicht bekannter Vorgeschichte der Detektion entgehen, da sie kein makromorphologisches Korrelat besitzen.
Die Häufigkeit von Herzrhythmusstörungen ist bei kleinen Patienten, Katheterlängen über 20cm und Anlage über die V. basilica oder die rechte V. subclavia erhöht (80).

Nervenschädigungen treten entweder direkt durch Verletzungen mit der Punktionsnadel, dem Führungsdraht oder dem Katheter oder indirekt durch Hämatombildungen und Austritt von nervenschädigenden Substanzen in das umliegende Gewebe auf (80). Verletzungen des Plexus brachialis sind besonders bei Verwendung der V. jugularis interna möglich (78).

Die Thrombosehäufigkeit ist abhängig vom Punktionsort. Die niedrigste Rate weist die V. subclavia gegenüber der V. femoralis (94) und der V. jugularis interna (137) auf. Die Prophylaxe von katheterassoziierten Thrombosen besteht in der Vermeidung von mehrfachen Punktionen, der frühestmöglichen Katheterentfernung, der Verwendung von weichen Kathetern gegenüber steifen Kathetern, regelmäßiger Katheterspülung und der Vermeidung der Verabreichung besonders reizender Substanzen (80).

Verletzungen des Ductus thoracicus können bei Punktionen der linken V. jugularis interna (90) oder der linken V. subclavia entstehen (80). Folge dieser Verletzung ist in vielen Fällen ein Chylothorax oder Chylomediastinum (7). Ein Chylothorax ist eine triglyzeridhaltige, chylomikronenhaltige Flüssigkeitsansammlung in der Thoraxhöhle (135). Schummer et al. berichten von einem Fall, in dem es nach Anlage eines zentralen Venenkatheters über die linke V. jugularis interna zu einem Chylothorax kam (120).
Das Horner-Syndrom kann bei Punktion der V. jugularis interna durch Verletzungen des Ganglion stellatum oder des Truncus sympathicus auftreten (90).

Zur Prävention von Komplikationen bei der Anlage zentraler Venenkatheter können einige Vorkehrungen getroffen werden. Die Überprüfung der korrekten Lage des Katheters direkt nach der Punktion sollte durch die Aspiration von Blut oder auch durch Abnahme einer Blutgasanalyse erfolgen (69). Die Aspiration hellroten, pulssynchron spritzenden Blutes gibt den Hinweis, dass die Kanüle intraarteriell liegt. Die Aspiration von dunkelrotem, langsam tropfendem Blut weist auf eine venöse Lage hin (68). Die durchschnittliche Einschubtiefe bei Verwendung der V. jugularis interna und der V. subclavia auf der rechten Seite beträgt 16cm, auf der linken Seite 20cm. In diesen Bereichen liegt die Katheterspitze in der V. cava superior (80). Die Standardtechnik bei Katheteranlage ist die Orientierung an anatomischen Strukturen im Bereich der genutzten Gefäße (80). Die Ableitung eines intrakardialen EKGs kann die korrekte Positionierung des Katheters jedoch erleichtern. Dabei wird die Katheterspitze soweit vorgeschoben, bis das EKG eine Erhöhung der P-Welle anzeigt. Der Katheter liegt dann im rechten Vorhof. Daraufhin wird der Katheter 3cm zurückgezogen, bis sich die P-Welle normalisiert. Die Katheterspitze befindet sich dann in korrekter Lage in der V. cava superior (25, 69, 121). Schummer et al. führten eine Studie in Bezug auf die korrekte Positionierung durch intrakardiale EKG-Ableitung durch, bei der in gleicher Anzahl die V. jugularis interna auf der rechten und der linken Seite punktiert wurde. Bei allen Kathetern wurde eine korrekte Position erreicht (121). Eine weitere Hilfe bei der Anlage zentraler Venenkatheter ist die ultraschallgesteuerte Punktion. Böck et al. führten eine Studie durch, in der sie die ultraschallgesteuerte und die anatomisch orientierte Punktion der V. jugularis interna verglichen. In ihren Untersuchungen war die ultraschallgesteuerte Punktion der anatomisch orientierten Punktion überlegen. Die erfolglose Erstpunktion lag bei ultraschallgesteuerter Punktion bei 17% gegenüber 45% bei anatomisch orientierter Punktion. Die Autoren befürworten die ultraschallgesteuerte Punktion der V. jugularis interna in Elektivsituationen (18).

Die Standardkontrolle zur Lageüberprüfung und zum Ausschluss von Komplikationen, besonders eines Pneumothorax, ist die Anfertigung eines Röntgen-Thoraxbildes. Sie muss bei allen Patienten nach der Punktion durchgeführt werden (68, 69, 80). Zur Kontrolle sollte zwischen vier und 24 Stunden später ein zweites Röntgenbild gefertigt werden (80). Diese sollte in Exspiration erfolgen, um einen möglichen Pneumothorax besser beurteilen zu können (80). Die Lage der Spitze des zentralen Venenkatheters sollte auf dem Röntgenbild außerhalb des Herzschattens in der V. cava superior liegen (24).

Die Frage eines ärztlichen Behandlungsfehlers konnte in 13 der vorliegenden Fälle verneint werden. In sechs Fällen konnte diese Frage anhand des Sektionsprotokolls nicht beantwortet werden. Weitere Unterlagen lagen nicht vor. In zwei dieser sechs Fälle wurde das Todesermittlungsverfahren jedoch nach § 170 StGB eingestellt.

In einem Fall bestand ein ärztlicher Behandlungsfehler in einer verzögerten Therapie der aufgetretenen Komplikation. In diesem Fall lagen jedoch keine Informationen zum Todesermittlungsverfahren vor.

In sechs der 20 vorliegenden Fälle konnte nachvollzogen werden, dass ein Todesermittlungsverfahren nach § 170 StGB eingestellt wurde.

5.3 Herzschrittmacherimplantationen

Zugrunde liegen sieben Herzschrittmacherimplantationen aus dem Sektionsgut von 1983 bis 2006, bei denen zunächst todesursächliche Komplikationen vermutet wurden. In vier dieser Fälle wurde der Verdacht der Komplikation bestätigt. In einem Fall konnte ein Zusammenhang nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Zweimal lag nur ein zeitlicher Zusammenhang vor, die Komplikationen wurden nicht bestätigt.

Deutschland weist eine der weltweit höchsten Implantationsraten auf. Außerdem ist die Neuimplantationsrate in Deutschland in den letzten Jahren stetig angestiegen. Im Jahr 2004 wurden 62382 Herzschrittmacher implantiert (88).

Die Indikation für eine permanente Herzschrittmacherimplantation besteht, wenn kardiale oder zerebrale Symptome als Ausdruck einer Herzrhythmusstörung auftreten und diese durch eine Schrittmachertherapie behandelt werden können (84). EKG-Indikationen sind vor allem AV- Blöcke II. und III. Grades, Sick-Sinus-Syndrom, Bradykardie-Tachykardie-Syndrom sowie bradykardes Vorhofflimmern (84, 88).

Die passagere Schrittmachertherapie, die auch in einem vorliegenden Fall durchgeführt wurde, findet eine besondere Anwendung im Rahmen von Notfallsituationen, bei Bradykardien und Rhythmusstörungen nach herzchirurgischen Eingriffen und zur Behandlung von tachykarden Herzrhythmusstörungen (5, 49).

Zur Vorbereitung einer geplanten Herzschrittmacherimplantation gehören die Aufklärung sowie das schriftliche Einverständnis des Patienten mindestens 24 Stunden vor dem Eingriff. Es muss eine ausführlichen Anamnese, die Informationen zu Begleiterkrankungen beinhaltet, erhoben werden. Weiterhin sollten ein aktuelles Thoraxröntgenbild, ein EKG und eine Laborkontrolle mit kleinem Blutbild, Gerinnungsstatus und Elektrolyten vorliegen. Der Patient muss mindestens sechs Stunden vor dem Eingriff nüchtern sein (84, 89, 90).

Herzschrittmacherimplantationen wurden 2004 zu 94% in Lokalanästhesie durchgeführt (88).

Zu den Gefäßen, die der Elektrodenimplantation dienen, gehören die V. cephalica, die V. subclavia, die V. jugularis interna und die V. jugularis externa. Die V. cephalica ist durch ihre geringe Komplikationshäufigkeit gegenüber der V. subclavia das Gefäß der ersten Wahl (89). Dieser Zugangsort scheitert jedoch oft an verschiedenen Faktoren wie einem zu kleinen Durchmesser, einem atypischen Verlauf und einem ungünstigen Winkel zur V.

axillaris, der eine Elektrodeneinführung oft nicht möglich macht. Weiterhin ist die Thrombosierungsrate sehr hoch, da die Vene oft als Infusionsweg genutzt wird (77).

Mathey schreibt 1996, dass die V. cephalica das am häufigsten genutzte Gefäß zur Elektrodenimplantation ist. Er bevorzugt jedoch die V. subclavia als primären Zugangsweg. Die Vorteile bestehen in verkürzter Operationsdauer und weniger Operationsbesteck gegenüber der V. cephalica (90).

Kronski und Haas bevorzugen die V. subclavia ebenfalls als primären Zugangsweg. Als Vorteil nennen sie ebenfalls eine kurze Operationsdauer. Zudem ist die Durchleuchtungszeit und damit die Strahlenbelastung geringer. Sie verwendeten die V. cephalica nur bei anatomischen Besonderheiten der V. subclavia oder wenn ein besonders hohes Pneumothorax-Risiko besteht, z. B. bei Bestehen einer Lungenteilresektion, bullösem Lungenemphysem oder schwerem Asthma bronchiale. In sieben Jahren betrug die Verwendungsrate der V. cephalica bei diesen Autoren nur 1,53% der Fälle (77).

Kommen V. cephalica und V. subclavia für die Elektrodenimplantation nicht in Frage, wird die V. jugularis interna punktiert. Durch den Verlauf der Elektroden über die Clavicula treten jedoch oft Kabelbrüche auf, so dass die Punktion dieses Gefäßes eigentlich vermieden werden sollte (84).

Im Jahr 2004 wurde in Deutschland die V. subclavia mit 54,3% gegenüber der V. cephalica mit 51,3% am häufigsten genutzt. Andere Gefäße wurden in 1,7% der Fälle gewählt (88).

Bei der passageren Schrittmachertherapie können V. jugularis interna, V. subclavia, V. basilica und V. femoralis als Zugangsweg verwendet werden. In Notfallsituationen werden besonders die rechte V. jugularis interna und die linke V. subclavia genutzt. Die V. femoralis ist der Zugang der Wahl im Herzkatheterlabor, da er ein einfacher und schneller Zugangsweg bei bereits vorhandenen sterilen Bedingungen ist (49). Auch in einem hier vorliegenden Fall wurde die V. femoralis als Zugangsweg für einen passageren Schrittmacher zum „anti-tachykarden Pacing“ nach einer Herzkatheteruntersuchung genutzt.

In den insgesamt sieben zugrunde liegenden Fällen wurde die V. subclavia fünfmal verwendet. In einem Fall, bei dem es sich um einen passageren Schrittmacher handelte, wurde die V. femoralis genutzt. Einmal wurde die Punktionsstelle nicht beschrieben.

Die Geschlechterverteilung bei Herzschrittmacherneuimplantationen lag im Jahr 2004 bei 51,9% männlichen und 48,1% weiblichen Patienten. Das männliche Durchschnittsalter lag bei 73,3 Jahren, das weibliche bei 77,1 Jahren (88). In den vorliegenden sieben Fällen

handelt es sich um vier männliche und drei weibliche Patienten. Das männliche Durchschnittsalter lag bei 73,8 Jahren, das weibliche bei 77,7 Jahren.

Bei der Herzschrittmacherimplantation können verschiedene Komplikationen auftreten. Sie werden in intra- und postoperative Komplikationen eingeteilt. Zu den intraoperativen Komplikationen zählen der Pneumothorax, Gefäßperforationen und -fehlpunktionen, Herzperforationen und Herzbeuteltamponaden, der Hämatothorax, Luftembolien, Herzrhythmusstörungen und Elektrodenfehllagen. Postoperative Komplikationen sind Hämatome, Thrombosen und Thrombembolien sowie Infektionen (39, 90).
Die perioperative Komplikationsrate bei Schrittmacherneuimplantationen lag laut Jahresbericht des Deutschen Herzschrittmacherregisters 2004 bei 5,4% (88).

Eine häufige Komplikation der Herzschrittmacherimplantation stellt der Pneumothorax dar. In der Literatur wird das Pneumothoraxrisiko bei guter Erfahrung des Operateurs mit 0,5% angegeben (84). Das deutsche Herzschrittmacherregister gibt im Jahr 2004 eine Häufigkeit von 0,6% bei Schrittmacherneuimplantationen an. Bei der Wahl der V. subclavia als Elektrodenimplantationsort ist das Risiko gegenüber der V. cephalica deutlich höher. Die Häufigkeit wurde bei Verwendung der V. subclavia mit 0,94%, bei der V. cephalica mit 0,17% im Jahr 2004 beschrieben (88).

Eine weitere, aber sehr seltene Komplikation ist die Luftembolie, die fast nur bei Punktion der V. subclavia auftritt (89). Zu ihrer Vermeidung kann eine Kopftieflage des Patienten beitragen. Weiterhin sollte die Einführungsschleuse nach Entfernen des Dilatators und vor Einführen der Elektrode schnell mit dem Finger zugehalten werden, um das Aspirieren von Luft zu verhindern (39, 89).

Bei zwei der in der vorliegenden Untersuchung nachgewiesenen Komplikationen handelt es sich um einen Hämatothorax. In beiden Fällen war er Folge der Fehlpunktion der A. subclavia. In einem dieser Fälle wurde zusätzlich zur Fehlpunktion der A. subclavia die Pleura rechts der mittleren Wirbelsäule verletzt, so dass es zu einer Blutung in die rechte Brusthöhle kam. Nach Beendigung der Herzschrittmacherimplantation verschlechterte sich der Zustand der Patientin. Eine Untersuchung des Brustkorbs ergab den Verdacht auf einen Hämatothorax. Im weiteren Verlauf eingeleitete Wiederbelebungsmaßnahmen blieben erfolglos. Die Patientin verstarb an den Folgen der Komplikation.

In dem anderen Fall wurde die A. subclavia mehrfach fehlpunktiert und es resultierte eine massive Blutung in die Weichteile des Halses und die Brusthöhle von ca. einem Liter. Die Patientin wurde nach dem Auftreten akuter Atemnot während der Herzschrittmacherimplantation künstlich beatmet, verstarb jedoch noch am selben Tag an den Folgen der Komplikation.
Die Häufigkeit des Auftretens eines Hämatothorax wird in der Literatur mit 0,1% angegeben (88). In Abhängigkeit vom Ort der Elektrodenimplantation fällt die Häufigkeit eines Hämatothorax unterschiedlich aus. Bei Nutzung der V. cephalica ist die Hämatothoraxhäufigkeit mit 0,04% angegeben, bei Nutzung der V. subclavia mehr als doppelt so hoch mit 0,09% (88). In den beiden dargestellten Fällen entstand der Hämatothorax nach Nutzung der V. subclavia je einmal auf der rechten und der linken Seite.
Die Fehlpunktionsstellen befanden sich in Bereichen der A. subclavia, die im Rahmen der allgemeinen Arteriosklerose stark arteriosklerotische und brüchige Wandveränderungen aufwiesen. Die dadurch verminderte oder aufgehobene Elastizität der Arterienwand verhinderte einen ausreichenden Verschluss der Wandläsion.

In zwei weiteren nachgewiesenen Komplikationsfällen traten Herzbeuteltamponaden auf. Die Herzbeuteltamponade geschah in einem Fall nach Perforation der rechten Herzkammer. Ob die Verletzung beim Legen oder beim Entfernen der Schrittmacherelektrode entstand, ließ sich nicht sicher klären. Die Tatsache jedoch, dass der Patient einen plötzlichen Blutdruckabfall ca. eine Stunde nach Entfernen der Elektrode erlitt, macht es wahrscheinlich, dass die Verletzung beim Entfernen entstanden ist. Die histologische Untersuchung ergab dagegen eine Entzündungsreaktion im Bereich der Perforationsstelle der rechten Herzkammer, die die Verletzung auf 1 bis mehrere Tage alt erscheinen ließ. Die Entfernung des Schrittmacherkabels erfolgte lediglich 4,5 Stunden vor dem Tod des Patienten. Es wurde versucht, die Herzbeuteltamponade mittels einer Drainage mit einem Pig-Tail-Katheter zu beheben. Aus der Krankenakte wurde ersichtlich, dass 200-300 ml Blut aus dem Herzbeutel abgeleitet wurden. Zum Sektionszeitpunkt fanden sich noch ca. 100 ml Blut im Herzbeutel.
Im zweiten Fall erfolgte die Herzbeuteltamponade nach Perforation des rechten Herzohres. Bei der Sektion fand sich im Herzbeutel eine Blutmenge von 90ml. Diese Blutmenge kann den frischen Herzinfarkt, an dem der Patient verstarb, begünstigt haben. Eine Reanimation blieb erfolglos.

Herzbeuteltamponaden treten bei Herzschrittmacherneuimplantationen mit einer Häufigkeit von 0,1% auf. Die Wahl des Elektrodenimplantationsortes zeigt keinen relevanten Unterschied in der Häufigkeit (88). Das Auftreten einer Herzbeuteltamponade kann durch bestimmte Faktoren, z. B. besonders dünne Vorhofwände, begünstigt werden (39). Zudem ist das Risiko bei vorgeschädigtem Ventrikel erheblich höher als bei gesundem Myokard. Bei normalem Myokard bleibt eine Perforation häufig ohne Folge, da sich die Perforationsstelle nach Elektrodenrückzug meist durch die muskuläre Elastizität wieder verschließt (5). Bei stark vorgeschädigtem, degeneriertem Myokard ist die Kontraktion der Perforationsstelle nicht mehr möglich (43). Ein weiterer begünstigender Faktor für eine Perforation kann eine Lipomatosis cordis sein. Rieße et al. berichten 1987 von einem derartigen Fall (113).

In dem vorliegenden Fall der Perforation des rechten Herzohres bestand eine Lipomatosis des rechten Ventrikels. In dem Fall der Perforation der rechten Herzkammer wurde keine Lipomatosis cordis beschrieben. Die histologische Untersuchung zeigte aber einen nicht mehr ganz frischen Infarkt (5 bis 10 Tage) der rechten Herzkammer. Die Perforation befand sich zwar in unmittelbarer Nähe, aber nicht innerhalb des infarktgeschädigten Areals. Der vorbestehende Infarkt der rechten Kammer kann die Defektbildung jedoch begünstigt haben.

Einen häufigen Perforationshinweis stellen eine synchrone Zwerchfellzuckung auf der linken Seite sowie eine Änderung der Erregungsausbreitung mit Auftreten eines Rechtsschenkelblocks dar (5).

Eine der Herzschrittmacherimplantation nicht sicher zuzuordnende Komplikation war eine Dissektion des Truncus brachiocephalicus auf der rechten Seite mit der Folge eines Hämatothorax sowie Hämatomediastinums. Es wurde zunächst eine Fehlpunktion der rechten A. subclavia im Rahmen einer Herzschrittmacherimplantation vermutet. Eine Fehlpunktion der A. subclavia konnte auf beiden Seiten nicht nachgewiesen werden. Die einzige im Rahmen der Obduktion auffindbare Blutungsquelle war eine Dissektion des Truncus brachiocephalicus auf der rechten Seite. Es ist nicht auszuschließen, dass diese Verletzung erst im Verlauf der durchgeführten Reanimationsmaßnahmen aufgetreten ist. Die Dissektionsstelle wies stark arteriosklerotische Veränderungen auf.

Nach dem Auftreten von Komplikationen während einer Herzschrittmacherimplantation in einer Arztpraxis wurde der Patient sofort in ein Krankenhaus verlegt. Hier verstarb er zwei Tage später nach erfolgloser Reanimation.

Bei den unbestätigten Komplikationen handelte es sich in einem Fall um eine Lungenembolie. In dem anderen Fall war eine Komplikation zunächst durch den nahen zeitlichen Zusammenhang von 3 Tagen zwischen der Herzschrittmacherimplantation und dem Tod der Patientin vermutet worden. Die Patientin verstarb an einem frischen Herzinfarkt bei frischer lichtungsverschließender Koronararterienthrombose.

Thrombosen und Thrombembolien entstehen v. a. in Gefäßen, in die die Schrittmacherelektroden eingeführt werden. Durch diese Thrombosen ausgelöste Lungenembolien sind sehr selten. Eine Risikosenkung sollte durch eine perioperative „low-dose-Heparinisierung“ von 2-3mal 5000 I.E. pro Ta erfolgen (39). Schwere Thrombosen der V. subclavia oder der V. axillaris treten mit einer Häufigkeit bis zu 2% auf (145). In dem dargestellten Fall der Lungenembolie ergab sich als Embolieursache eine Thrombose der linksseitigen Wadenvenen und keine Thrombose der punktierten rechtsseitigen V. subclavia. Es war *lege artis* eine blutverdünnende Therapie durchgeführt worden. Der Patient verstarb zwei Tage nach durchgeführter Herzschrittmacherimplantation. Eine Reanimation blieb erfolglos.

Zu den Risiken einer arteriellen Thrombose zählt die linkskardiale Elektrodenfehllage. Diese resultiert wiederum aus einer unbemerkten Fehlpunktion einer Arterie bei der Punktion der V. subclavia. Diese Fehllage kann vermieden werden, wenn auf die Farbe und das Druckverhalten des aspirierten Blutes geachtet wird und die Elektrodenplatzierung unter Röntgenkontrolle erfolgt. Im EKG ist möglicherweise ein Linksschenkelblock zu erkennen (84). In dem Fall des frischen Herzinfarktes bei frischer lichtungsverschließender Koronararterienthrombose fand keine arterielle Fehlpunktion und somit keine linkskardiale Elektrodenfehllage statt.

Zur Nachkontrolle einer Herzschrittmacherimplantation gehört eine drei bis vierstündige Überwachung des Patienten, um Blutungskomplikationen früh zu erkennen. Darüber hinaus sollte ein Röntgenbild zur Elektrodenkontrolle und zum Ausschluss eines Pneumothorax, besonders bei Verwendung der V. subclavia, angefertigt werden. Eine Wundkontrolle sollte nach zwei Tagen erfolgen (90).

Die Frage eines ärztlichen Behandlungsfehlers konnte in vier der vorliegenden Fälle verneint werden. In drei Fällen konnte diese Frage anhand der vorliegenden Unterlagen nicht beantwortet werden.

In fünf der sieben vorliegenden Fälle konnte nachvollzogen werden, dass ein zunächst eingeleitetes Todesermittlungsverfahren nach § 170 StGB eingestellt wurde.

5.4 Auswertungsprobleme

Durch das retrospektive Design der Studie war die Auswertung der einzelnen Fälle teilweise eingeschränkt. In vielen Fällen lagen nur die Sektionsprotokolle und nicht die zum Teil in diesen Protokollen empfohlenen weiteren Gutachten zur Auswertung vor.

In einigen Fällen war z. B. der Punktionsort anhand der Sektionsprotokolle nicht oder nicht eindeutig nachvollziehbar.

Die Zuordnung der Komplikationen im Bereich der Herzkathetermaßnahmen zu den einzelnen Maßnahmen war ebenfalls in einigen Fällen schwierig. Sehr wahrscheinlich wurden in einigen Fällen als Maßnahmen nur allgemein Herzkatheteruntersuchungen angeben. Ob diesen noch Interventionen folgten, konnte durch fehlende klinische Akten nicht nachvollzogen werden.

Eine genaue Auswertung unter dem Gesichtspunkt juristischer Konsequenzen war ebenfalls schwierig, da nicht in allen Sektionsakten Informationen zu gutachterlichen Stellungnahmen und Todesermittlungsverfahren enthalten waren. Eine Einsichtnahme in die Ermittlungsakten der Staatsanwaltschaft war nur noch bedingt möglich, da viele Akten nach Ablauf der Aufbewahrungsfristen bereits vernichtet worden waren oder es sich um laufende Verfahren handelte. Eine Einsichtnahme in staatsanwaltschaftliche Ermittlungsakten war lediglich in 11 Fällen möglich.

Diese Schwierigkeiten in der Auswertung der Sektionsprotokolle und Bewertung der aufgetretenen Komplikationen zeigen die Grenzen dieser Studie auf.

Ein weiteres Problem bei der Auswertung bestand in der Zuordnung der einzelnen Komplikationen zu den jeweiligen Komplikationsgruppen. In diesem Zusammenhang war es schwierig, die auslösende Komplikation, wie z. B. eine arterielle Fehlpunktion, oder die weitere, aus dieser resultierende Komplikation, wie z. B. einen Hämatothorax, in die Ergebniszahlen aufzunehmen. In der Literatur werden in Bezug auf diese Fälle sowohl die arterielle Fehlpunktion als auch der Hämatothorax als Komplikationen beschrieben. Dabei ist jedoch nicht klar, ob eine arterielle Fehlpunktion und ein resultierender Hämatothorax zusammengefasst als eine Komplikation oder getrennt als zwei Komplikationen bewertet wurden.

6. Zusammenfassung

Herzkatheteruntersuchungen und -interventionen, das Legen zentraler Venenkatheter und Herzschrittmacherimplantationen sind heutzutage häufig durchgeführte Maßnahmen. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den Komplikationen, die bei diesen Eingriffen auftreten können.

Die Untersuchung und Diskussion umfasst das Erscheinungsbild dieser Komplikationen, ihre Erkennung und mögliche Vermeidung. Es stellte sich die Frage nach der Anzahl der letal verlaufenden Komplikationen und der Anzahl der Komplikation, die lediglich eine mitwirkende Todesursache in Verbindung mit anderen Todesmechanismen darstellen. Weiterhin sollte aufgezeigt werden, ob auftretende Komplikationen durch bestimmte Faktoren, z. B eine Gefäßvorschädigung im Sinne einer Arteriosklerose, begünstigt werden. Außerdem wurde untersucht, ob die aufgetretenen Komplikationen Folgen fehlerhafter ärztlicher Behandlung waren.

Grundlage dieser Arbeit war die retrospektive Auswertung der Protokolle aller in den Jahren 1983 bis einschließlich 2006 durch Ärzte des Instituts für Rechtsmedizin Hamburg bzw. des Gerichtsärztlichen Dienstes der Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales der Hansestadt Hamburg durchgeführten Sektionen nach der Frage aufgetretener Komplikationen.

Den größten Teil der Komplikationen bildeten insgesamt bei allen drei Maßnahmen Blutungskomplikationen sowie Gefäß- und Herzverletzungen. Die Blutungskomplikationen betrafen häufig die Punktionsstelle mit Ausbildung von Weichteilhämatomen. Die Gefäßverletzungen bei der Durchführung von Herzkathetermaßnahmen betrafen überwiegend die Koronararterien, bei den zentralen Venenkatheterisierungen und den Herzschrittmacherimplantationen überwiegend die Gefäße im Bereich der Punktionsstelle. Zudem trat bei den Herzkathetermaßnahmen eine gehäufte Anzahl von Herzinfarkten auf, bei den zentralen Venenkatheterisierungen eine gehäufte Anzahl von Pneumothoraces.

Eine Auswertung der juristischen Würdigung war nicht in allen Fällen möglich, da nicht in allen Sektionsakten Informationen zu gutachterlichen Stellungnahmen und Todesermittlungsverfahren enthalten waren. Eine Einsichtnahme in die Ermittlungsakten der Staatsanwaltschaft war nur noch bedingt möglich, da viele Akten nach Ablauf der Aufbewahrungsfristen bereits vernichtet worden waren oder es sich z. T. um laufende Verfahren handelte.

Literaturverzeichnis

1) ACC/AHA Guidelines for Percutaneous Coronary Intervention (Revision of the 1993 PTCA Guidelines) – Executive summary. A report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to revise the 1993 Guidelines for Percutaneous Transluminal Coronary Angioplastie). Circulation 2001; 103:3019-41

2) ACC/AHA (1999) Guidelines for coronary angiography. J Am Coll Cardiol. 3:1757-1817

3) Alderman JD, Gabliani GI, McCabe CH, Brewer CC, Lorell BH, Pasternak RC, Skillman JJ, Steer ML, Baim DS (1987) Incidence and management of limb ischemia with percutaneous wire-guided intraaortic balloon catheters. J Am Coll Cardiol 9:524-530

4) Aldridge H, Jay A (1986) Central venous catheters and heart perforation. Can Med Assoc J 135:1083-1084

5) Alt E (1991) Schrittmachetherapie des Herzens: Grundlagen und Anwendung 4. Auflage. Perimed Fachbuch-Vertragsgesellschaft mbH. Beiträge zur Kardiologie, Band 31

6) Altin RS, Flicker S, Naidech HJ (1989) Pseudoaneurysm and arteriovenous fistula after femoral artery catheterisation: association with low femoral punctures. Department of Radiology, Deborah Heart and Lung Center, Browns Mills, NJ 08015. AJR 152(3):629-631

7) Ammann J, Kindgen-Milles D (2006): Der zentralvenöse Katheter – Indikationen, Technik, Komplikationen und Pflege. Intensiv 14:137-145

8) Bach A, Böhrer H. (1993) Infektionen durch intravasale Katheter. Anästhsiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 28:404-414

9) Bach A, Borneff M (1996) Infektionen durch intravasale Katheter. Anästhesist 45:1111-1126

10) Bach R, Schieffer H (1990) Katheterdiagnostik via Arteria femoralis – Technik, Hindernisse, Komplikationen. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo Hongkong Barcelona

11) Baim DS, Grossmann W (1996) Cardiac Catheterization, Angiography and Intervention. Williams & Wilkins, Baltimore 17-38

12) Barash PG, Nardi D, Hammond G (1981) Catheter-induced pulmonary artery perforation. J Thorac Cardiovasc Surg 82:5-12

13) Bashore TM, et al (2001) American College of Cardiology/Society for Cardiac Angiographie and Interventions Clinical Expert Consensus Document on Cardiac Catheterization Laboratory Standards. A report of the American College of Cardiology Task Force on Clinical Expert Consensus Documents. Journal of the American College of Cardiology 37:2170-214

14) Berdel WE, Böhm M, Classen M, Diehl V, Kochsiek K, Schmiegel W (2006) Innere Medizin. Urban und Fischer. 5. Auflage. S. 81 - 83

15) Berge PG, Winter UJ, Hoffmann M, et al (1993) Lokale Gefäßkomplikationen bei Herzkatheteruntersuchungen. Z Kardiol 82:449-456

16) Black AJR, Anderson HV, Ellis SG (1991) Complications of coronary angiography. Marcel Dekker, Inc.

17) Bleichroder F (1912) Intra-arterielle Therapie. Berl Klin Wochenschr 1503-1505

18) Böck U, Möllhoff R, Förster R (1999) Ultraschallgesteurte versus anatomisch orientierte Punktion der Vena jugularis interna zur zentralvenösen Katheterisierung. Ultraschall in Med. 20:98-103

19) Bogart DB, Bogart MA, Miller JT, Farrar MW, Barr K, Montgomery MA (1995) Femoral artery catheterization complications: A study of 503 consecutive patients. Cathet Cardiovasc Diagn 34:8-13

20) Bolte J, Diefenbach C, Olshausen Kv (1998) Koronare Stentimplantation ohne Vordehnung. Z Kardiol 87:707-714

21) Bruckenberger E. (2001) Herzbericht mit Transplantationschirurgie. 14. Bericht der Arbeitsgruppe Krankenhauswesen der Arbeitsgemeinschaft der obersten Landesgesundheitsbehörden der Länder (ADLG)

22) Burri C, Ahnefeld FW (1977) Cava-Katheter. Springer, Berlin Heidelberg New York

23) Cohen JR, Sardari F, Glener L, Grunwald A, Friedman G, Koss J, Nwasokwa O, Bodenheimer M (1991) Complications of diagnostic cardiac catheterization requiring surgical intervention. Am J Cardiol 67:787-788

24) Collier PE, Goodman GB (1995) Perforation of the heart: a preventable cardiac tamponade caused by central venous catheter complication. J Am Coll Surg 181:459

25) Corsten SA, Van Dijk B, Bakker NC, De Lange JJ, Scheffer GJ (1994) Central venous catheter placement using the ECG-guided Cavafix-Certodyn SD catheter. J Clin Anesth 6:469-472

26) Defalque RJ, Campbell C (1979) Cardiac tamponade from central venous catheters. Anesthesiology 50:249-252

27) Defalque RJ, Fletcher MV (1988) Neurological complications of central venous catheterization. J Parenter Enteral Nutr 12:406-409

28) DeFeyter PJ, van den Brand M, Laarman GJ, van Domburg R, Serruys PW, Suryapranata H (1991) Acute coronary artery occlusion during and after percutaneous transluminal coronary angioplasty. Frequency, prediction, clinical course, management, and follow-up. Circulation 83:927-936

29) Detre KM, Holmes DR, Holubkov R, Cowley MJ, Bourassa MG, Faxon DP, Dorros GR, Bentivoglio LG, Kent KM, Myler RK, et al (1990) Incidence and consequences of periprocedural occlusions. The 1985-1986 National Heart, Lung and Blood Institute Institute Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty Registry. Circulation 82:739-750

30) Dietel M, Dudenhausen J, Suttorp N, Braunwald E, Fauci A S, Kasper DS, Hauser SL, Longo DL, Jameson JL, (2002) Harrisons Innere Medizin 1. 15. Auflage. ABW-Wissenschaftsverlag. S. 1407-1413

31) Dittel M, Prachar H, Spiel R, Mlczoch J (1996) Häufigkeit und Management der akuten Links-Hauptstammdissektion als Komplikation der perkutanen transluminalen Koronarangioplastie. Z Kardiol 85:635-639

32) Döbel KU, Braun U (1999) Bilateraler Hydrothorax mit Hydromediastinum nach akzidentieller Katheterdislokation. Anaesthesist 48:900-903. Springer-Verlag

33) Drost H. Buis B, Haan D, Hillers JA (1984) Cholesterol embolism as a complication of left heart catheterisation. Report of seven cases. Br Heart J 52(3):339-342

34) Düber C, Jungbluth A, Rumpelt HJ, Erbel R, Meyer J, Thoenes W (1986) Morphology of the coronary arteries after combined thrombolysis and percutaneous transluminal coronary angioplasty for acute myocardial infarction. Am J Cardiol 58:698-703

35) Duerksen DR, Papineau N, Siemens J, Yaffe C (1999) Peripherally inserted central catheters for parenteral nutrition: a comparison with centrally inserted catheters. J Parenter Enteral Nutr 23:85-89

36) Duntley P, Siever J, Krwes ML, Harpel K, Heffner JE (1992) Vascular erosion by central venous catheters. Clinical features and outcome. Chest 101:1633-1638

37) Ellis SG, Holmes DR (1996) Strategic approaches in coronary interventions. William & Withins, Baltimore, pp 646-660

38) Erbel R, et al (1997) Richtlinien der interventionellen Koronartherapie. Z Kardiol 86:1040-1063

39) Fischer W (1989) Praxis der Herzschrittmachertherapie. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo

40) Fishmann DL, Savage MP, Leon MB, Schatz RA, Ellis SG, Cleman MW, Teirstein P, Walker CM, Bailey S, Hirshfeld JW jr, et al (1991) Effect of intracoronary stenting on intimal dissection after balloon angioplasty: results of quantitative and qualitative coronary analysis. J Am Coll Cardiol 18:1445-1451

41) Forßmann W (1972) Selbstversuch. Erinnerungen eines Chirurgen. Düsseldorf. Droste Verlag

42) Freed M, Grines C, Safian R (1996) (eds) Manual of Interventional Cardiology. Physicians's press

43) Geiger G, Rückert U (1978) Die Herzbeuteltamponade, eine akute Notsituation bei transvenöser Schrittmacherimplantation. Thoraxchirugie 26:402

44) Gottwik M, Zeymer U, Schneider S, Senges J (2003): Zu viele Herzkatheteruntersuchungen in Deutschland? Dtsch Med Wochenschr 2003; 128:2121-2124

45) Gowda S, Bollis AM, Haikal M, Salem BI (1984) Incidence of new focal pulmonary emboli after routine cardiac catheterisation comparing the brachial to the femoral approach. Cathet Cardiovasc Diagn 10(2):157-161

46) Grüntzig AR, Semming A, Siegenthaler WE (1979) Nonoperative dilatation of coronary artery stenosis (PTCA). N Engl J Med 301:61-68

47) Guerin Y, Chevalier B, Desnos M, Donzeau-Gouge P, Royer T, Lancelin B, Guerot C (1991)Retrograde dissection of the common trunk of the left coronary vessel during angioplasty of left anterior descending coronary artery: Two case reports. Arch Mal Coeur Vaiss 84:991-994.

48) Haraphogse M, Rossall RE (1989) Large air embolus complicating coronary angioplasty. Cathet Cardiovasc diagn17:168-171

49) Heinroth KM, Werdan K (2000) Passagere Schrittmachertherapie: Transvenös, transkutan oder transgastral? Internist 41:1019-1030

50) Heintzen M P, Schumacher T, Rath J, Ganschow U, Schoebel F C, Grabitz K, Vester E G, Leschke M, Köhler M, Strauer BE (1997) Inzidenz und Therapie peripherer arterieller Gefäßkomplikationen nach Herzkatheteruntersuchungen. Z Kardiol 86:264-272

51) Hess O, Simon RWR (1999) Herzkatheter – Einsatz in Diagnostik und Therapie. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg New York

52) Huber MS, Fishman-Mooney J, Madison J, Mooney MR (1991) Use of a morphologic classification to predict clinical outcome after dissection from coronary angioplasty. Am J Cardiol 68:467-471

53) Hung MJ, Kuo LT, Wang CH, Cherng WJ (2002) Irreversible myocardial damage after coronary air embolism. Angiology 53:213-216

54) Illescas FF, Baker ME, McCann R, Cohan RH, Silverman PM, Dunnick NR (1986) CT evaluation of retroperitoneal hemorrhage associated with femoral arteriography. AJR 146(6):1289-1292

55) Johnson LW, Esente P, Giambartolomei A, et al (1994) Peripheral vascular complications of coronary angioplasty by the femoral and brachial techniques. Cathet Cardiovasc Diagn 31:165-172

56) Johnson LW, Krone R, et al (1993) A report of the registry of the Society for Cardiac Angiography and Interventions. Cathet Cardiovasc Diagn 28:219

57) Johnson LW, Lozner EC, Johnson S, et al (1989) Coronary Arteriography 1984-1987: A report of the registry of the Society for Cardiac Angiography and Interventions. I. Results and Complications. Cathet Cardiovasc Diagn 17:5-10

58) Judkins MP (1967) Selective coronary arteriography I: A percutaneous transfemoral technique. Radiology 89: 815

59) Jürs G, Krier C, Fleischer F (1985) Herzbeuteltamponade: Eine seltene aber schwerwiegende Komplikation eines Cava-Katheters. Anaesthesist 34:690-693

60) Kasper W, Bonzel T, Glunz HG, Rox J, Schuster PR, Gottwik M, Flaerten K, Vogt A, Neuhaus UL (1997) PTCA Stent registry of ALKK; complications in 13722 stent procedures European Heart J 17 Suppl:853

61) Kaufmann JL (1984) Pelvic hemorrhage after percutaneous femoral angiography. AJR 143(2):335-336

62) Kearney TJ, Shabot MM (1995) Pulmonary artery rupture associated with the Swan-Ganz catheter. Chest 108:1349-1352

63) Kelsey SF, James M, Holubkov AL, Holubkov R, Cowley MJ, Detre KM (1993) Results of percutaneous transluminal coronary angioplasty in women. 1985-1986 National Heart, Lung, and Blood Institute's Coronary Angioplasty Registry. Circulation 87:720-727

64) Kern B, Laufs A (1982) Die ärztliche Aufklärungspflicht bei der diagnostischen Anwendung jodhaltiger Kontrastmittel. Röntgenpraxis 35:33-38

65) Khan JK, Hartzler GO (1990) The spectrum of symptomatic coronary air embolism during ballon angioplasty: causes, consequences, and management. Am Heart J 119:1374-1377

66) Khan M, Schmidt DH, Bajwa T, Shalev Y. (1995) Coronary air embolism: incidence, severity, and suggested approaches to treatment. Cathet Cardiovasc Diagn 1995; 36: 313-318

67) Klein A, Tsokos M, Püschel K (2006) Elektroablation im Bereich der Vorhöfe – Morphologische Befunde und iatrogene Komplikationen. Rechtsmedizin 16:321-324

68) Klockgether-Radke AP, Gaus P (2004) Fehllage eines zentralen Venenkatheters bei einem Patienten mit schwerem Thoraxtrauma. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzmed 39:292-296

69) Klues HG, Haager PK, Janssens U, Hanrath P (1998) Risiken des invasiven Monitorings. Intensivmed 35:3-18

70) Knez A, Becker Ch, Becker A, Leber A, Haberl R, Reiser M, Steinbeck G (2000) Bildgebende Verfahren in der Diagnostik des Herzens. Radiologe 40:103-110

71) König FA, Dörner J, Fuchs M, Martell J (2000) Herzbeuteltamponade bei Anlage eines zentralen Venenkatheters. Chirurg 71:98-100

72) Krakau I (1999) Das Herzkatheterbuch – Diagnostische und interventionelle Kathetertechniken. Georg Thieme Verlag. Stuttgart New York

73) Kremer K, et al (1981) Intra- und postoperative Zwischenfälle, Bd I, 2. Aufl. Thieme, Stuttgart New York, S. 159 ff

74) Krier C (1998) Der zentralvenöse Katheter – eine (einfache) Routinemaßnahme? Anästhsiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 33:75-76

75) Kron J, Morton MJ (1989) Complications of cardiac catheterization and angiography: prevention and mangament. New York: Futura Publishing Inc., Mount Kisco. 5-34

76) Krone RJ, Johnson L, Noto T (1996) Five year trend in cardiac catheterization: a report from the registry of the Society for Cardiac Angiography and Interventions. Cathet Cardiovasc Diagn 39:31-35

77) Kronski D, Haas H (2001) Punktion der Vena subclavia als primärer Zugang bei der Schrittmacher-Sondenimplantation. Herzschr Elektrophys 12:204-207

78) Larsen R. (1995) Anästhesie und Intensivmedizin in Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie 4. Auflage. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

79) Lasky W, Boyle J, Johnson W and the Registry Committee of the Society for Cardiac Angiography and Interventions (1993) Multivariable model for prediction of risk of significant complication during diagnostic cardiac catheterization. Cathet Cardiovasc Diagn 30:185

80) Lewandowski K, Lewandowski M (2003) Komplikationen des zentralen Venenkatheters bei Erwachsenen und Kindern (CME 5/03) Anästhesiologie und Intensivmedizin 44:393-407

81) Lincoff AM, Popma JJ, Ellis SG, Hacker JA, Topol EJ (1992) Abrupt vessel closure complicating coronary angioplasty: clinical angiographic and therapeutic profile. J Am Coll Cardiol 19:926-935

82) Lochow P, Silber S (2004): Sofortige Blutstillung der Arteria femoralis nach Herzkatheter: aktueller Stand der Verschlusssysteme. Dtsch Med Wochenschr 129:1753-1758

83) Lock RL, Triplett HB, Rose G (1991) Contraleteral tension pneumo/hemothorax resulting from left subclavian vein cannulation under general anesthesia. Nurse Anesth 2:89-92

84) Löhr H (2001) Moderne Herzschrittmacherimplantation. Chirurg 72: 203-221

85) Ludwig J, Daniel WG (1999) Thiemes Innere Medizin. Thieme Verlag Stuttgart New York S. 1063-1069

86) Marcus RH, Weinert L, Neumann A, Borow KM, Lang RM (1991) Venous air embolism. Diagnosis by spontaneous right-sided contrast echocardiography. Chest 99:784-785

87) Markewitz A (2005) Jahresbericht 2003 des Deutschen Herzschrittmacher-Registers. Herzschr Elektrophys 16:193-218

88) Markewitz A (2006) Jahresbericht 2004 des Deutschen Herzschrittmacher-Registers. Herzschr Elektrophys 17

89) Markewitz A, Zegelman M, Hemmer W, Schmitt CG (1995) Empfehlungen zur Schrittmacherimplantation. Herzschr Elektrophys 5:125-129

90) Mathey D, Schofer J (1996) Invasive Kardiologie, Georg Thieme Verlag Stuttgart New York

91) McGee DC, Gould MK (2003) Preventing complications of central venous catheterization. N Engl J Med 348:1123-1233

92) McMillan, Murie JA (1984) Vascular injury following cardiac catheterization. Br J Surg 71:832-835

93) Meier B, Urban P, Dorsaz PA, Favre J (1992) Surgical standby for coronary ballon angioplasty. JAMA 268:741-745

94) Merrer J, De Jonghe B, Golliot F, Lefrant JY, Raffy B, Barre E, Rigaud JP, Casciani D, Misset B, Bosquet C, Outin H, Brun-Buisson C, Nitenberg G, French Catheter Study Group in Intensive Care. (2002) Complications of femoral and subclavian venous catheterization in critically ill patients: a randomized controlled trial. JAMA 286:700-707

95) Morise AP, Hardin NJ, Bovill EG, Gundel WD (1981) Coronary artery dissection secondary to coronary arteriography. Presentation of three cases and review of the litearture. Cath Cardiovasc Diagn 7:283-296

96) Muller DWM, Shamir KJ, Ellis SG, Topol EJ (1992) Peripheral vascular complications after conventional and complex percutaneous transluminal coronary interventional procedures. Am J Cardiol 69:63-68

97) Myers RA, Schnitzer BM (1984) Hyperbaric oxygen use, update 1984. Postgrad Med 76:83-96

98) Narr H (1983) Die Aufklärungspflicht des Radiologen in der Praxis. Radiologie 23:241-247

99) Neue Qualitätssicherungsvereinbarung zur invasiven und interventionellen Kardiologie (1999) Dt Ärzteblatt 96:A-2384-A-2386.

100) Neuhaus KL (1996) Qualitätssicherung bei Koronaarteriendilatation. Deutsch Ärztebl 51:3383-3385

101) Niebauer J, Sixt S, Sick P, Thiele H, Schuler G (2006): Peri-interventionelles Risiko von Herzkatheteruntersuchungen bei > 80-jährigen Patienten. Dtsch Med Wochenschr131:253-257

102) Niederlag W, Münster W, Schmidt P K H (1990) Katheter in Kardiologie und Angiologie – Technik, Methodik und Applikation in Diagnostik, Therapie und Forschung. Verlag Gesundheit GmbH Berlin

103) Orebaugh SL (1992) venous air embolism: clinical and experimental considerations. Crit Care Med 20:1169-1177

104) Parsa MH, Tabora F (1985) Establishment of intravenous lines for long-term intravenous therapy and monitoring. Surg Clin North Am 65:835-865

105) Parsi RA, Parsi E (2001) Kardiolgie, Angiologie. Urban & Fischer Verlag. München Jena

106) Phifer TJ, Bridges M, Conrad SA (1991) The residual central venous catheter track – an occult source of lethal air embolism: case report. J Trauma 31:1558-1560

107) Polderman KH, Girbes ARJ (2002) Central venous catheter use. Part 1: Mechanical complications. Intensive Care Med 28:1-17

108) Popma JJ, Satler LF, Pichard AD, et al (1993) Vascular complications after balloon and new device angioplasty. Circulation 88 (part 1):1569-1578

109) Prull MW, Brandts B, Rust H, Trappe HJ (2005) Vaskuläre Komplikationen der perkutanen transradialen Koronarangiographie und Koronarinterventionen. Med Klin 100:377-382

110) Psyrembel, Klinisches Wörterbuch (2002) 259. Auflage. de Gruyter. Berlin New York

111) Richtlinien für die Durchführung invasiver elektrophysiologischer Untersuchungen (1998) Z Kardiol 87:502-512

112) Rieder H, Lüthy R, Bhend H, Rüttimann S, Münch R, Siegenthaler W (1980) Häufigkeit von Bakteriämien bei Herzkatheteruntersuchungen: Ergebnisse einer propektiven Studie zur Endokarditisprophylaxe mit Cefazolin versus Placebo. Schweiz Med Wschr 110:1273-1277

113) Rißе M, Weiler G, Adebahr G (1987) Lipomatosis cordis als Ursache einer Ventrikelperforation bei Implantation einer Schrittmachersonde. Z Rechtsmed 99:205-210

114) Roberts SR, Main D., Pinkerton J (1987) Surgical therapy of femoral artery pseodoaneurysm after angiography. Department of Surgery, St. Luke's Hospital, Kansas City, Missouri 64111. Am J Surg 154(6):676-680

115) Roskamm H, Reindell H (1996) Herzkrankheiten. Springer, Berlin Heidelberg New York. S. 375-400

116) Ross P Jr, Seashore JH (1989) Bilateral hydrothorax complicating central venous catheterization in a child: case report. J Pediatr Surg 24:263-264

117) Ruesch S, Walder B, Tramer MR (2002) Complications of central venous catheters: internal jugular versus subclavian access – a systematic review. Crit Care Med 30:486-487

118) Rutsch W, Gliech V, Dübel H.-P, Borges A, Theres H, Laule M, Baumann G (2002) Standards in der interventionellen Therapie der koronaren Herzkrankeit. Herz 27:481-501

119) Ryan TJ, Bauman WB, Kennedy JW, Kereiakes DJ, King III SB, McCallistter BD, Smith SC, Ullyot DJ (1993) Guidelines for Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty. A report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Assessment of Diagnostic and Therapeutic Cardiovascular Procedures (Committee on Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty) J Am Coll Cardiol 22:2033-2054

120) Schummer W, Schummer C, Hoffmann E (2003) Chylothorax nach Anlage eines zentralvenösen Katheters: Überlegungen zu Anatomie, Differentialdiagnose und Therapie. Anaesthesist 52:919-924

121) Schummer W, Schummer C, Schelenz C, Schmidt P, Fröber R, Hüttemann E (2005) Optimierte Positionierung zentraler Venenkatheter durch eine modifizierte Anwendung der intravasalen Elektrokradiographie. Anaesthesist 54:983-990

122) Schwarzkopf K, Bögel D, Schelenz C, Marx C. (2006) Bilateraler Hämathorax und Hämatomediastinum nach zentraler Venenkanülierung. Intensivmed 43:643-646

123) Seidelin PH, Stolarek ICH, Thompson AM (1987) Central venous catheterization and fatal air embolism. Br J Hosp Med 38:438-439

124) Seldinger SI (1953) Catheter replacement of the needle in percutaneous angiography. A new technique. Acta Radiol 39:368-376

125) Seldinger SI (1957) Visualization of aortic arterial occlusion by percutaneous puncture or catheterization of peripheral arteries. Angiology 8:73

126) Serruys PW, De Jaegere P, Kiemenij F, Macaya C, Rutsch W, Heyndricks G, Emanuelsson H, Marco J, Legrand V, Materne P, Belardi J, Sigward U, Colombo A, Goy J, van den Heuvel P, Delcan J, Morel M (1994) A comparison of balloon angioplasty in patients with coronary artery disease. N Engl J Med 331:489-495

127) Serruys PW, De Jaegere P, van der Giessen W. Lunn AC, Kiemeney F, Macaya C, Rutsch W, Heyndricks G, Suyapranata H, Legrand V, Goy JJ, Materne P, Bonnier H, Morice MC, Fajadet J, Belardi J, Colombo A, Garcia E, Ruygrok P, De Jaegere P, Morel MA (1996) Heparin-coated Palmaz-Schatz-Stents in human coronary arteries. Circulation 93:412-422

128) Silber S, Levenson B, Schräder R, et al (2000) Zweiter und dritter Jahresbericht des BNK zur Qualitätssicherung in der Invasivkardiologie. Herz 25:143-150

129) Skillman JJ, Kim D, Baims DS (1988) Vascular complication of percutaneous femoral cardiac interventions. Incidence and operative repair. Arch Surg 123:1207-1212

130) Sloan MA, Mueller JD, Adelman LS, Caplan LR (1991) Fatal brainstem stroke following internal jugular vein catheterization. Neurology 41:1092-1095

131) Sones FM, Shirey EK, Proudfit WL, Westcott RN (1959) Cine-coronary arteriography. Circulation 20:773-774

132) Stary HC, Chandler AB, Dinsmore RE, Fuster V, Glagov S, Insull W, Rosenfeld ME, Schwartz CJ, Wagner WD, Wissler RW (1995) A definition of advanced types of atherosclerotic lesions and a histological classification of atherosclerosis. A report from the Committee on Vascular Lesions of the Council on Arteriosclerosis, American Heart Association. Arterioscler Thromb Vasc Biol 15(9):1512-31

133) Stuart RK, Shikora SA, Akerman P, Lowell JA, Baxter JK, Apovian C, Champagne C. Jennings A, Keane-Ellison M, Bistrian BR (1990) Incidence of arrhythmia with central venous catheter insertion and exchange. J Parenter Enteral Nutr 14:152-155

134) Swan HJC, Ganz W, Forrester J (1970) Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. N Engl J Med 283:447-451

135) Thomas L (1998) Labor und Diagnose. TH-Books, Frankfurt/Main, S. 1378-1400

136) Tilak MD, Proctor SM, Donovan JF, Fitch JCK (2004) Extravascular placement of a central venous catheter in the mediastinum. J Cardiothorac Vasc Anesth 18:75-77

137) Timsit JF, Farkas JC, Boyer JM, et al (1998) Central vein catheter-related thrombosis in intensive care patients: incidence, risk factors, and relationship with catheter-related sepsis. Chest 114:207-213

138) Türk E, Schulz N, Püschel K. Luftembolie bei Durchführung einer Koronarangiographie. Im Druck

139) Van Buuren F, Mannebach H, Horstkotte D (2005): 20. Bericht über die Leistungszahlen der Herzkatheterlabore in der Bundesrepublik Deutschland. Z Kardiol 94:212-125

140) Viall CD (1990) Your complete guide to central venous catheters. Nursing 20:34-41

141) Vita M, Torelli P, Bruzzo F (1990) Cardiac tamponade caused by vascular erosion. A case report. Minerva Cardioangiol 38:551

142) Waksman R, Scott NA, Douglas JS, Mays R, Yee-Petersen J, King SB (1993) Distal embolisation is common after directional atherectomy in coronary arteries and vein grafts. Circulation 88

143) Waller BF (1988) Morphologic correlates of coronary angiogrphic patterns at the site of percutaneous transluminal coronary angioplasty. Clin Cardiol 11:817-823

144) Weinstein M (2003) Vascular Closure. In: Cardiovascular Device Handbook. J.P. Morgan Securities Inc: New York, 91-95

145) Wellens HJJ, Conover MB (1992) The ECG in emergency decision making. WB Saunders, Philadelphia S. 177

146) Welter HF, Nathrath WBJ, Pfeiffer KJ (1981) Herzwandperforation durch zentrale Venenkatheter: Begünstigung durch Wandfaktoren? Anaesth Intensivther Notfallmed 16:274

147) Whagdi Ph, Egloff L, Siebenmann R, Tartini R (1999) Katheter-induzierte Dissektion des rechtskoronaren Ostiums und der Aortenwurzel. Z Kardiol 88: 526-528

148) Widmer AF (2005) Infektion und Sepsis durch intravenöse Katheter. Internist 46:643-651

149) Widmer AF, Zimmerli W (1988) Letale periphere Katheterphlebitis. Schweiz Med Wochenschr 118:1053-1055

150) Winkhardt M (2005) Das Herzkatheterlabor. Einführung in die Aufgabenbereiche des kardiologischen Assistenzpersonals. Steinkopff Darmstadt

151) Wirbelauer J, Singer D, Darge K, Speer CP (2004) Aseptische Meningitis nach intrathekaler Infusion einer parenteralen Ernährungslösung: Beispiele seltener Fehllagen zentraler Venenkatheter bei Frühgeborenen. Z Geburtsh Neonatol 208:63-67

152) Wymann RM, Safian RD, Portway V, Skillmann JJ, McKay RG, Baim DS (1988) Current complications of diagnostic and therapeutic cardiac catheterization. J Am Coll Cardiol 12:1400-1406

153) Yavascaoglu B, Yilmazar A, Korfali G, Senkaya I (2001) Pericardial tamponade as a delayed lethal complication of central venous catheterization. Eur J Anaesthesiol 18:487-489

154) Yilmazlar A, Bilgin H, Korfali G, Eren A, Özkan U (1997) Complications of 1303 central venous cannulations. J R Soc Med 90:319-321

Danksagung

Mein Dank gilt Frau Dr. Elisabeth Türk für die spontane Bereitschaft, diese Arbeit zu betreuen. Außerdem möchte ich mich bei ihr für die hervorragende wissenschaftliche und herzliche Betreuung, die zu jeder Zeit möglich war und die zahlreichen konstruktiven Ratschläge bedanken. Ein weiterer Dank geht an Herrn Prof. Dr. Püschel für die Überlassung des Themas und die ebenfalls hervorragende Betreuung.
Zudem danke ich der Staatsanwaltschaft Hamburg für die freundliche Genehmigung zur Einsichtnahme in die behördlichen Ermittlungsakten.

Lebenslauf

Nachname: Schulz
Vorname: Nicola

Geburtsdatum: 27. Januar 1981
Geburtsort: Bremervörde
Staatsangehörigkeit: deutsch

1987-1991: Grundschule Selsingen
1991-1993: Heinrich-Behnken-Schule Selsingen / Orientierungsstufe
1993-2000: Gymnasium Bremervörde

seit April 2001: Studium der Humanmedizin an der Universität Hamburg

Famulaturen 2003-2004:
Gynäkologie: Martin-Luther-Krankenhaus Zeven
Allgemeinmedizin: Praxis Dr. med. Hein-Arne zum Felde
Innere Medizin: Martin-Luther-Krankenhaus Zeven
Chirurgie: Praxis für Chirurgie und Unfallchirurgie Dr. med. Sabine Foerster

Abschnitte des praktischen Jahres 2006-2007:
Rechtsmedizin: Institut für Rechtsmedizin der Universität Hamburg
Innere Medizin: Israelitisches Krankenhaus Hamburg
Chirurgie: Israelitisches Krankenhaus Hamburg

ERKLÄRUNG

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.
Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Nicola Schulz