

Klinik und Poliklinik für Radiologie
Klinik der Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. Jens Ricke

**Technisches und klinisches Outcome sowie Komplikationsrate der CT-
Fluoroskopie gesteuerten Drainagenanlage bei postoperativen
Flüssigkeitskolektionen nach Leberresektion und Lebertransplantation**

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

vorgelegt von
Veronika Franziska Greif
aus Ludwigsburg
2022

Mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Christoph Trumm
Mitberichterstatter: PD Dr. med. Teresa Kauke
Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter: Dr. Stella Winter
Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 31.03.2022

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Zielsetzung	1
1.1.	Technische Grundlagen	3
1.1.1.	Grundlagen der Computertomographie	3
1.1.2.	Mit sequentieller CT gesteuerte Interventionen.....	4
1.1.3.	Mit CT-Fluoroskopie gesteuerte Interventionen.....	5
1.2.	Klinische Aspekte	6
1.2.1.	Technik der Leberresektion	6
1.2.2.	Technik der Lebertransplantation	7
1.2.3.	Entstehung von Flüssigkeitskolektionen nach vorausgegangener Leberresektion und Lebertransplantation	8
1.2.4.	Arten von Flüssigkeitskolektionen und ihre klinische Bedeutung	9
1.2.5.	Behandlung von Flüssigkeitskolektionen	10
2.	Material und Methoden.....	11
2.1.	Patientenkollektiv	11
2.2.	Ablauf der CT-Fluoroskopie gesteuerten Drainagenanlage	12
2.3.	Retrospektive Datenakquisition.....	16
2.3.1.	Operationsbezogene Daten	16
2.3.2.	Technische Daten.....	17
2.3.3.	Komplikationen und Klinik	17
2.3.4.	Labor.....	18
2.3.5.	Bildgebung und Strahlenbelastung	18
2.3.6.	Mikrobiologie	19

2.4. Statistische Auswertung.....	20
3. Ergebnisse.....	21
3.1. Ergebnisse der CT-Fluoroskopie gesteuerten Drainagenanlage nach Leberresektion.....	21
3.1.1. Patientenkollektiv	21
3.1.2. Leberresektion: Indikation und Operationsart	24
3.1.3. Labor.....	26
3.1.4. Technisches Outcome	28
3.1.5. Komplikationsrate.....	30
3.1.6. Periinterventionelle Morbidität.....	30
3.1.7. Klinisches Outcome	31
3.1.8. Bildgebung.....	37
3.1.9. Strahlendosis	38
3.1.10. Mikrobiologie	39
3.2. Ergebnisse der CT-Fluoroskopie gesteuerten Drainagenanlage nach Lebertransplantation.....	41
3.2.1. Patientenkollektiv	41
3.2.2. Lebertransplantation: Indikation und Transplantationsart.....	43
3.2.3. Labor.....	44
3.2.4. Technisches Outcome	46
3.2.5. Komplikationsrate.....	48
3.2.6. Periinterventionelle Morbidität.....	48
3.2.7. Klinisches Outcome	49
3.2.8. Bildgebung.....	53
3.2.9. Strahlendosis	54
3.2.10. Mikrobiologie	55

4.	Diskussion.....	57
4.1.	CT-Fluoroskopie gesteuerte Drainagenanlage	59
4.1.1.	Technisches Outcome und Komplikationsrate	59
4.1.2.	Morbidität und klinisches Outcome.....	60
4.1.3.	Strahlendosis	62
4.1.4.	Mikrobiologie	64
4.2.	Limitationen.....	66
5.	Zusammenfassung	67
6.	Literaturverzeichnis	69
7.	Abbildungsverzeichnis	75
8.	Tabellenverzeichnis	78
9.	Danksagung	79
10.	Eidesstattliche Versicherung	80
11.	Lebenslauf.....	81

Abkürzungsverzeichnis

AIH	Autoimmunhepatitis
CCC	Cholangiozelluläres Karzinom
CRP	C-reaktives Protein
CT	Computertomographie
DLP	Dosis-Längen-Produkt
ERCP	Endoskopisch retrograde Cholangiopankreatikographie
ESBL	Extended-Spektrum Beta-Laktamasen
F	French
HCC	Hepatozelluläres Karzinom
LR	Leberresektion
LTX	Lebertransplantation
MRGN	Multiresistenter gramnegativer Erreger
MRSA	Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus
MW	Mittelwert
PACS	Picture Archiving and Communication System
PSC	Primär sklerosierende Cholangitis
PTCD	Perkutane transhepatische Cholangiodrainage
SIR	Society of Interventional Radiology
SIRS	Systemic inflammatory response syndrome
VRE	Vancomycin-resistente Enterokokken

1. Einleitung und Zielsetzung

Die Technik der CT-Fluoroskopie, die mittlerweile seit über 20 Jahren verfügbar ist, wird bei der interventionellen Bildgebung eingesetzt und stellt eine Weiterentwicklung beziehungsweise Alternative zur sequentiellen CT und zum Ultraschall dar (1). Während früher transkutane Eingriffe häufig anhand von anatomischen Landmarken erfolgten (2), erlaubt die CT-Fluoroskopie ebenso wie die Sonographie, Interventionen unter bildgebender Kontrolle mit Visualisierung nahezu in Echtzeit durchzuführen (2, 3). Etablierte klinische Anwendungsbeispiele sind die CT-Fluoroskopie gesteuerte Schmerztherapie und Augmentationen an der Wirbelsäule (4), diagnostische Probenentnahmen (5) sowie Tumorablationen (6).

Das Konzept, unphysiologische Flüssigkeitskollektionen aus dem Körper zu entlasten und damit den Heilungsprozess zu beschleunigen, ist seit vielen Jahrhunderten bekannt und wurde schon von Hippokrates beschrieben (7, 8). Abgesehen von Wunden, die zum Beispiel durch Verletzungen entstehen, treten Flüssigkeitskollektionen auch im Bereich iatrogen zugeführter Wundflächen auf, das heißt nach operativen Eingriffen. Heutzutage spielt die Drainagenanlage besonders bei infizierten Verhalten eine große Rolle, bei denen Medikamente allein keine ausreichende klinische Besserung bringen (8, 9). Werden solche Verhalte nicht behandelt, ist die Mortalitätsrate hoch. Sie schwankt in der Literatur zwischen 31 und 100% (3, 9, 10). Zudem werden Drainagen häufig eingebracht, um Patienten vor einer bevorstehenden Operation klinisch zu stabilisieren oder um das notwendige Ausmaß der Operation zu verringern (3, 11). Da die Diagnose und Therapie von Flüssigkeitskollektionen durch die Einführung, Weiterentwicklung und zunehmend flächendeckende Verbreitung insbesondere der Computertomographie immer einfacher geworden ist, hat diese bildgebende Modalität zur Steuerung von Interventionen zunehmend an Bedeutung gewonnen (12-14).

Als Alternative zur Operation ist die perkutane Drainagenanlage für den Patienten weniger risikoreich und belastend, da diese Methode weniger invasiv ist und im Normalfall nur eine lokale Anästhesie benötigt. Allerdings besteht naturgemäß auch ein gewisses Risiko für prozedurbedingte Komplikationen wie Blutungen oder Sekundärinfektionen des Katheters (8, 15).

In dieser Studie wird das technische und klinische Outcome der Drainagenanlage in symptomatische Flüssigkeitskollektionen nach einer Leberresektion oder einer Lebertransplantation untersucht. Folgende Fragen sollen dabei beantwortet werden:

1. Wie hoch ist die technische Erfolgsquote der CT-Fluoroskopie gesteuerten Drainagenanlage?
2. Wie häufig treten Komplikationen im Rahmen der Intervention auf?
3. Welche unerwünschten Ergebnisse sind im postinterventionellen Verlauf zu beobachten?
4. Wird eine klinische Besserung des Patienten erreicht?

Untersucht werden Patienten, die zuvor eine Leberresektion oder Lebertransplantation erhalten hatten. Dabei beträgt das im Rahmen der Studie retrospektiv beobachtete Intervall zwischen Operation und Intervention bei Leberresektion höchstens ein Jahr. Bei Lebertransplantation wurde dieses Intervall auf zehn Jahre festgelegt, um Flüssigkeitsverhalte im Rahmen von Spät komplikationen zur erfassen. Während in früheren Studien meist nur die Drainage von Abszessen thematisiert wurde (16-21), umfasst die vorliegende Arbeit die Gesamtheit aller postoperativ mittels CT-Fluoroskopie gesteuerter Drainagenanlage versorgten Flüssigkeitskollektionen wie Abszesse, Serome und Biliome über einen Zeitraum von 10 Jahren am Klinikum der Universität München. Außerdem gibt es bisher kaum Studien zur Evaluation des technischen Erfolgs einer CT-gesteuerten Drainagenanlage. Das Ziel dieser Studie ist es, zukünftig den Nutzen einer Intervention den Risiken gegenüberstellen zu können und damit die Entscheidung, ob diese durchgeführt werden soll oder nicht, zu erleichtern.

1.1. Technische Grundlagen

1.1.1. Grundlagen der Computertomographie

Die Computertomographie ist ein bildgebendes Verfahren der Radiologie, welches Schnittbilder mittels Röntgenstrahlung erzeugt. In den 1970er Jahren entwickelten der Physiker Allan M. Cormack und der Elektrotechniker Godfrey Hounsfield unabhängig voneinander die mathematischen Grundlagen dieser Technik (22, 23), beruhend auf der unterschiedlichen Absorption der einzelnen Gewebearten. Hounsfield setzte die Theorie letztendlich in die Praxis um und entwarf 1971 das erste CT-Gerät (24). Ein Jahr später folgte der erste Einsatz in einer Klinik (25).

Seitdem hat sich die Technik fortlaufend weiterentwickelt (24). Wenn man die ersten CT-Geräte von 1974 mit den heutigen (Stand 2017) vergleicht, hat die Dauer der Bilderzeugung um ein Vielfaches abgenommen (26). Auch die Auflösung der Bilder hat sich, besonders durch die Einführung von Mehrzeilen-CTs, in den letzten Jahren deutlich verbessert (25, 27, 28). Während bis in die 1990er Jahre nur eine einzelne Schicht aufgenommen wurde, gibt es heutzutage Computertomographen, die 256 Zeilen oder mehr besitzen. Diese Entwicklung trug auch zur Reduktion der Untersuchungszeit bei und ermöglichte dadurch unter anderem die Durchführung von Kardio-CTs (25).

Die Computertomographie kann dabei helfen, die einer Krankheit zugrundeliegenden pathologischen Prozesse genauer und schneller zu diagnostizieren und bildet heutzutage häufig die Grundlage für die schnelle Diagnosestellung und Therapiesteuerung in wichtigen Fachbereichen der Medizin (26):

- Diagnosestellung, zum Beispiel in der Gastroenterologie (Entzündungen, Abszesse, Darmperforationen, maligne Erkrankungen (29)), Neurologie (Schlaganfälle, Hirnblutungen (30)), Kardiologie (Akutes Koronarsyndrom, Koronare Herzkrankheit (31)), Orthopädie (Knochenbrüche (32, 33)), etc.
- Therapie (11, 25)
 - Tumorablation
 - Biopsie und Drainagenanlage
 - Vertebroplastie, Osteoplastie
 - Schmerzmanagement durch Neurolyse oder therapeutische Lokalanästhesie

- Verlaufsbeurteilung, zum Beispiel bei malignen Erkrankungen und nach allen Arten der Intervention (34, 35)

Der Computertomograph besteht aus einem CT-Tisch, einer Gantry und einem Rechner für die Datenauswertung. Der Tisch ist mittels eines Motors beweglich und wird während der Untersuchung durch die Gantry gefahren. Die Gantry besitzt eine Röntgen-Detektor-Einheit, bestehend aus einer Strahlenquelle und einem gegenüberliegenden Detektor. Die Röntgen-Detektor-Einheit rotiert während der Untersuchung, sodass aus allen Richtungen entlang einer 360°-Rotation Röntgenstrahlen in Richtung der Detektor-Einheit entsendet werden. Die resultierende Schwächung durch den Körper wird durch eine bildrechnerbasierte Verarbeitung in Grauwerte umgerechnet und damit Schnittbilder erzeugt. Während früher nach jeder 360°-Rotation, also nach jedem erzeugten Schnittbild, der CT-Tisch automatisch ein kleines Stück weiter durch die Gantry geschoben wurde, nutzt man heute die Spiraltechnik (36). Das bedeutet, dass der Patient, während die Röntgen-Detektor-Einheit rotiert, kontinuierlich mit dem Untersuchungstisch vorgeschoben wird. So kann man Schichtdicke und Untersuchungszeit reduzieren.

1.1.2. Mit sequentieller CT gesteuerte Interventionen

Die CT wird seit den 1980er Jahren auch in der interventionellen Radiologie genutzt (37). Eingriffe wie Biopsien, Drainagenanlagen, Nervenblockaden und Thermoablationen von Tumoren können damit unter Bildkontrolle präzise durchgeführt werden (38). Sie erfolgen perkutan und meistens unter Lokalanästhesie.

Im Rahmen der sequentiell CT-gesteuerten Intervention wird anfänglich eine Planungsuntersuchung mit oder ohne intravenöse Kontrastmittelgabe zur Orientierung angefertigt. Während der Intervention werden weitere CT-Bilder des entsprechenden umschriebenen Körperabschnitts von diagnostischer Qualität aufgenommen, um die richtige Lage z.B. einer Biopsienadel zu kontrollieren. Dazu verlässt der Radiologe den Raum, damit er der diagnostischen Strahlung nicht ausgesetzt ist (39). Abschließend erfolgt eine Kontroll-CT, um den Erfolg im Sinne einer korrekten Drainagenanlage evaluieren und etwaige Komplikationen ausschließen zu können.

1.1.3. Mit CT-Fluoroskopie gesteuerte Interventionen

Nachfolgend auf die sequentiell CT-gesteuerte Intervention hat sich in den letzten 20 Jahren die mittels CT-Fluoroskopie gesteuerte Intervention zunehmend etabliert. Unter dem Begriff „Fluoroskopie“ versteht man die Röntgendurchleuchtung eines Gewebes mit kontinuierlicher Datenakquisition und Echtzeitbildgebung mittels eines Bildwandlersystems. Das gleiche gilt für die CT-Fluoroskopie mit dem wesentlichen Unterschied, dass nicht ein Röntgengerät, sondern ein Computertomograph eingesetzt wird und somit anstelle eines Projektionsbildes Schnittbilder gewonnen werden. Erstmals wurde diese Methode von Katada et. al 1993 beschrieben (1). Der Vorteil ist, dass die Bilder bei einer reduzierten Auflösung mit niedrigem Röhrenstrom-Zeit-Produkt (10-20 mAs (40, 41)) und somit in der Regel einer niedrigeren effektiven Strahlendosis aufgenommen werden, sodass der Radiologe während der CT-Akquisition mit entsprechender Strahlenschutzrüstung (Bleischürze, Schilddrüsenschutz, Bleiglasbrille etc.) im Raum bleiben und gleichzeitig die Intervention unter Sicht durchführen kann. Allerdings bedeutet das nicht notwendigerweise, dass sich die effektive Strahlenbelastung für Patient und Radiologen im Vergleich zur sequentiell CT-gesteuerten Intervention zwangsläufig reduzieren muss, falls die Durchleuchtungsdauer besonders lang ist (42).

Der Patient wird während der Durchleuchtung nicht durch die Gantry gefahren, sondern bleibt in Bezug auf die Gantry (mehr oder weniger) an der gleichen Stelle. Der CT-Tisch kann allerdings durch einen Joystick oder durch manuelles Verschieben vom Radiologen in seiner Position verändert werden. Wenn dieser die CT-Akquisition startet, in der Regel durch ein Fußpedal, werden Sekundenbruchteile danach die CT-Fluoroskopie-Bilder unter Abdeckung eines definierten Schichtstapels, in der Regel über die Detektorbreite, erzeugt. Man kann somit die Lageveränderung der Biopsienadel oder Drainage nahezu in Echtzeit verfolgen (39). Die Übertragung erfolgt auf deckenmontierte Bildschirme direkt im Interventionsraum, sodass sich der Radiologe am CT-Tisch unmittelbar an den CT-Fluoroskopie-Bildern orientieren kann. Dadurch wird die Interventionsdauer im Vergleich zur sequentiellen CT-Steuerung in der Regel verkürzt (42).

Nach erfolgter Intervention werden, wie im Falle der konventionellen CT-Steuerung, diagnostische Kontrollbilder mit oder ohne intravenöse Kontrastmittelgabe angefertigt.

1.2. Klinische Aspekte

1.2.1. Technik der Leberresektion

Man unterscheidet zwei Prinzipien der Leberresektion: Die atypische Resektion und die anatomische Resektion. Bei der atypischen Leberresektion wird die Läsion anhand des pathologischen Befunds meist keilförmig ausgeschnitten, ohne auf anatomische Grenzen zu achten. Diese Methode schont das restliche Lebergewebe und wird besonders bei Patienten mit geringer Leberrestfunktion eingesetzt. Nachteilig sind die erhöhte Blutungsgefahr sowie die Gefahr einer Unterbrechung der arteriellen oder portalvenösen Gefäßversorgung oder der Gallenwege benachbarter bzw. nachgeschalteter Segmente.

Die anatomische Leberresektion berücksichtigt den Leberaufbau, welcher durch die Gefäßversorgung (Vena portae, Arteria hepatica, Ductus choledochus) bestimmt wird. Die Leber wird nach Couinaud in zwei Lappen mit insgesamt acht Segmenten aufgeteilt. Die Segmente II, III, IVa und IVb bilden zusammen den linken, die Segmente V, VI, VII und VIII den rechten Leberlappen mit jeweils eigener Blutversorgung. Segment I ist an beide Äste angeschlossen. Hintergrund der vollständigen Resektion eines oder mehrerer Segmente ist die Gefahr der Bildung von sekundären Metastasen, besonders, wenn der sich Tumor in Gefäßnähe befindet. Durch die komplette Resektion eines Versorgungsgebiets ist die Wahrscheinlichkeit positiver Schnittränder (d.h. mit Nachweis von residualem Tumorgewebe am Resektionsrand) am geringsten.

Es gibt, wie auch in Abbildung 1 dargestellt, verschiedene Möglichkeiten des Ausmaßes der anatomischen Resektion (43):

- Segmentektomie (beliebiges Segment), Bisegmentektomie
- Sektorektomie (Segmente VI und VII, V und VIII, IVa und IVb oder II und III)
- Hemihepatektomie rechts (Segmente V-VIII)
- Erweiterte Hemihepatektomie (=Trisegmentektomie) rechts (Segmente IV-VIII)
- Hemihepatektomie links (Segmente II-IV)
- Erweiterte Hemihepatektomie (=Trisegmentektomie) links (Segmente II-V, VIII)

Bei der erweiterten Hemihepatektomie kann zusätzlich der Lobus caudatus (Segment I) entnommen werden.

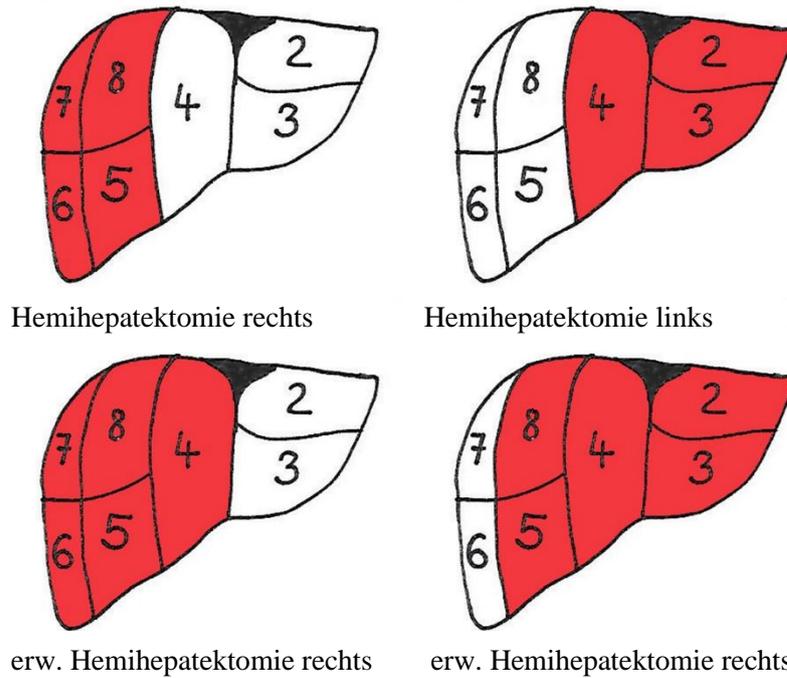


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Resektionsarten modifiziert nach Clavien et al. (43).

1.2.2. Technik der Lebertransplantation

Es gibt prinzipiell zwei Arten der Lebertransplantation: Die Transplantation der gesamten Spenderleber („Whole“ Transplantation) und die Transplantation einer Leberhälfte („Split“ Transplantation). Bei letzterer kann die kleinere Leberhälfte, meist ein Anteil des linken Leberlappens, für die Transplantation von Kindern verwendet werden, der erweiterte rechte Leberlappen kann Erwachsenen transplantiert werden. So sind auch Lebendspenden der Leber möglich, indem nur ein Teil der Leber transplantiert wird.

Bei der konventionellen OP-Technik bei der Whole-Lebertransplantation wird die Vena cava inferior des Empfängers entfernt und die Spenderleber mitsamt der Vena cava inferior des Spenders implantiert. Die sogenannte „Piggy-Back Technik“ beschreibt ein Verfahren, bei dem die Vena cava inferior des Empfängers mit der des Spenders Seit-zu-Seit anastomosiert wird.

1.2.3. Entstehung von Flüssigkeitskolektionen nach vorausgegangener Leberresektion und Lebertransplantation

Die Morbidität nach Leberresektion ist hoch und beträgt je nach Studie 32-45% (44-47). Einen wesentlichen Anteil der postoperativen Komplikationen nehmen Flüssigkeitskolektionen der Leber ein (1,3-14%) (44-48). Sie entstehen beispielsweise durch Verletzung von kleinen Gefäßen oder Gallengängen während der Operation oder durch Entzündungen, die durch das Granulationsgewebe am Resektionsrand hervorgerufen werden (49). Behandlungsbedürftige Flüssigkeitskolektionen bei Patienten mit Leberresektion bei maligner Lebererkrankung sind signifikant mit einer erhöhten Mortalität assoziiert (50).

Auch nach Lebertransplantationen können Komplikationen auftreten, da die Patienten häufig multimorbide sind und bei der Transplantation viele Gefäße anastomosiert werden müssen, sodass die Entstehung von Gallelecks begünstigt wird. Der Anteil an postoperativen Flüssigkeitskolektionen beträgt hierbei zwischen 14 und 76% (51-53). Besonders häufig sind dabei – aus oben genanntem Grund – Biliome (51).

Trotz der hohen Morbidität nach Leberteilektomie ist die Mortalität seit einigen Jahren stetig abgesunken und liegt mittlerweile im niedrigen einstelligen Prozentbereich (44, 54-56). Das ist ein Grund dafür, dass diese Operationsmethode immer häufiger eingesetzt wird. Allerdings treten postoperative Flüssigkeitskolektionen vergleichbar häufig auf (57-59).

Es gibt kein einheitliches Krankheitsbild, welches eine Leberteilektomie beziehungsweise Lebertransplantation indiziert. Benigne Läsionen der Leber wie Hämangiome, fokale noduläre Hyperplasien (FNH), Leberadenome und große Leberzysten sind selten symptomatisch und machen nur in Ausnahmefällen eine Resektion notwendig (60). Maligne Leberläsionen umfassen Lebermetastasen (sekundäre Leberläsionen) und in der Leber lokalisierte Tumoren (primäre Leberläsionen) und sind für einen Großteil der Leberresektionen verantwortlich (44, 55, 61). Unter allen Neoplasien der Leber sind die Metastasen mit 45% am häufigsten (60). Als zweithäufigste Neubildung folgt das hepatozelluläre Karzinom (HCC, 28%). Weitaus seltener sind das cholangiozelluläre Karzinom, Gefäßtumoren und das Non-Hodgkin-Lymphom mit jeweils nur 4%.

Die Erkrankungen des Leberparenchyms, welche die Indikation zur Lebertransplantation begründen, reichen von Infektionen mit dem Hepatitis C Virus und Alkoholabusus bis hin zu Autoimmunkrankheiten (53, 62). Die Leberzirrhose, welche auch sekundär durch eine Hepatitis entstehen kann, ist dabei die häufigste Diagnose, die zur Lebertransplantation führt (63).

Der Altersgipfel für die Leberresektion liegt laut dem statistischen Bundesamt zwischen 60 und 80 Jahren, bei der Lebertransplantation etwas niedriger (50 bis 65 Jahre). Trotzdem gibt es auch jüngere Patienten, die insbesondere von gutartigen Erkrankungen betroffen sein können, die eine Lebertransplantation notwendig machen (64).

1.2.4. Arten von Flüssigkeitskollektionen und ihre klinische Bedeutung

Genauso verschieden wie die zugrundeliegenden Erkrankungen sind auch die Flüssigkeitskollektionen selbst. Es gibt im Wesentlichen vier verschiedene Formen, die häufig aber nicht genau voneinander abzugrenzen sind, da viele Mischformen vorkommen:

- Biliome entstehen durch Galleaustritte nach Gallelecks, Gallengangsstenosen oder bei fehlerhaften Anastomosen.
- Abszesse sind umkapselte Eiteransammlungen. Die Infektion kann durch eine Keimverschleppung bei einer Operation entstehen oder durch eine sekundäre Superinfektion.
- Serome, das heißt Exsudate aus Lymphe oder Blut, entstehen häufig nach Eingriffen an der Leber. Die Flüssigkeit dient physiologischer Weise der Wundheilung.
- Hämatome sind Verhalte aus Vollblut und entstehen durch eine Gefäßverletzung.

Das Vorhandensein von nekrotischem Gewebe der Leber zusammen mit einem Flüssigkeitsverhalt begünstigt das Entstehen von bakteriellen Infektionen (65-67) und mindert die Abwehrkraft im Falle einer eingeschränkten Leberfunktion wie zum Beispiel nach einem größeren operativen Eingriff. Für den Patienten kann dies besonders gefährlich sein (68), da die Bakterien in die Blutbahn übergehen und zur Sepsis führen können. Außerdem erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für ein Leberversagen (59, 69). Da die Mortalität von Leberabszessen sehr hoch ist, (s. Kapitel 1.), ist es wichtig, superinfizierte Verhalte in der Leber schnell zu diagnostizieren und behandeln.

1.2.5. Behandlung von Flüssigkeitskollektionen

Zur Behandlung von Flüssigkeitskollektionen in der Leber kommen die Ableitung des Verhalts beziehungsweise dessen operative Entfernung zum Einsatz. Die Technik hat sich in den letzten Jahren stets weiterentwickelt (70, 71). Während früher die operative Sanierung zusammen mit einer antibiotischen Behandlung die Methode der Wahl war, werden heutzutage vermehrt minimal-invasive Interventionen unter bildgebender Steuerung durchgeführt (14, 72). Die Operation wird mittlerweile erst eingesetzt, wenn die anderen Methoden versagt haben, teilweise aber auch primär bei großen Abszessen (73).

Zu den minimal-invasiven Methoden zählen die perkutane Nadelaspiration (besonders bei kleinen Verhalten) sowie die perkutane Drainagenanlage, meist in Verbindung mit einer Antibiotikatherapie (nach Drainagenanlage gemäß Keimspektrum des Aspirats). Diese beiden Verfahren können unter Ultraschall- oder CT-Kontrolle durchgeführt werden.

Die Vorteile der CT-gesteuerten Drainagenanlage sind vielfältig. Man kann den Flüssigkeitsverhalt genau lokalisieren und auch während des Eingriffes die Position der Drainage überprüfen (74). Im Vergleich zur Steuerung über Ultraschall werden tiefe Gewebeschichten besser dargestellt, unabhängig von Einflussfaktoren wie zum Beispiel Luftüberlagerungen oder adipösen Patienten (75, 76). Dadurch können Komplikationen während der Intervention schnell erfasst werden. Die Dreidimensionalität der Schnittbilder erlaubt außerdem eine gute Einschätzung der Flüssigkeitsausbreitung und es können bildgebende Hinweise auf eine mögliche Superinfektion wie Kontrastmittelaufnahme und Lufteinschlüsse ausgemacht werden (71). Ein Nachteil der CT liegt im Vergleich zum Ultraschall in der Strahlenbelastung und in der in den meisten Krankenhäusern schlechteren Verfügbarkeit eines interventionsfähigen Computertomographen (2). Außerdem kann die Enge der Gantry die Drainagenlänge und die Möglichkeiten eines Zugangswegs gerade bei adipösen Patienten limitieren (11).

2. Material und Methoden

2.1. Patientenkollektiv

Für die retrospektive Studie lag eine Zustimmung der Ethikkommission der Ludwig-Maximilians-Universität München (Ethikvotumnummer 124-16) vor.

Der CT-Fluoroskopie-gesteuerten Drainagenanlage lagen jeweils eine oder mehrere Flüssigkeitsansammlungen in der Leber nach Leberresektion beziehungsweise Lebertransplantation zugrunde. Indikationen für die initialen Drainageanlagen waren über die Norm erhöhte Entzündungswerte, eine erhöhte Temperatur, Ikterus und/oder Oberbauchschmerzen zusammen mit einem CT-morphologisch gesicherten Flüssigkeitsverhalt.

Folgende Patienten wurden nicht in die Studie aufgenommen:

- Der Flüssigkeitsverhalt war nicht direkt in/an der Leber lokalisiert, sondern befand sich beispielsweise frei im Bauchraum oder angrenzend an andere Organe (Milz, Pankreas)
- Der Flüssigkeitsverhalt wurde nur punktiert und aspiriert ohne Einbringung einer dauerhaften Drainage

Für den Ausschluss aus der Studie galten außerdem folgende Kriterien:

- Die Intervention erfolgte mehr als ein Jahr nach der Operation (Leberteilresektion) beziehungsweise mehr als zehn Jahre nach der Operation (Lebertransplantation)
- Es lag kein Arztbrief vor
- Es lag kein schriftlicher radiologischer Befund der Drainagenanlage vor

2.2. Ablauf der CT-Fluoroskopie gesteuerten Drainagenanlage

Am Klinikum Großhadern wurden die radiologischen Interventionen im Studienzeitraum mit dem SOMATOM Definition AS+ oder SOMATOM Definition Edge durchgeführt (Siemens Healthineers, Forchheim, Deutschland, siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Computertomograph SOMATOM Definition AS+ der Marke Siemens (Siemens Healthineers, Forchheim, Deutschland) am Klinikum Großhadern.

Die Patienten werden am Vortag beziehungsweise bei der notfallmäßigen Indikation unmittelbar vor der Intervention über den Ablauf sowie über mögliche Komplikationen aufgeklärt und geben ihr mündliches und schriftliches Einverständnis. Im Falle einer Sedierung mit Anästhesiebegleitung erfolgt keine Aufklärung. Der Eingriff erfolgt normalerweise in Lokalanästhesie, der Patient wird nur sediert, wenn er dies wünscht oder wenn sein Zustand es verlangt (zum Beispiel bei Intensivpatienten).

Falls schon CT-Bilder mit Kontrastmittel vom gleichen Tag oder Vortag vorliegen, wird der Zugangsweg geplant und der Patient dementsprechend gelagert. Ansonsten wird erst eine Planungs-CT mit Kontrastmittel angefertigt, anhand derer man den Zugang wählt.

Das Setting der Drainagenanlage ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Einstichstelle wird desinfiziert und steril abgedeckt. Außerdem wird ein Lokalanästhetikum (z.B. Scandicain 2% (Aspen Germany GmbH, München)) im Bereich der Haut, des subkutanen Fettgewebes und entlang des geplanten Zugangsweges der Drainage appliziert.



Abbildung 3: Setting einer CT-Fluoroskopie gesteuerten abdominalen Drainagenanlage. Der Patient liegt in Rückenlage auf dem CT-Tisch. Die Einstichstelle wurde desinfiziert und steril abgedeckt. Der Radiologe kann auf den beiden in Sichtweite angebrachten Bildschirmen die per CT-Fluoroskopie erzeugten Bilder (rechter Monitor) sowie die CT-Planungsbilder (linker Monitor) einsehen.

Nach einer kurzen Einwirkzeit erfolgt die Hautinzision. Die Drainage wird benutzer- und patientenabhängig gerade belassen oder im 90°-Winkel gebogen, damit das Arbeiten in der Gantry vereinfacht wird (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Im 90°-Winkel zurechtgebogene 10 French Drainage (Resolve NL, Merit Medical Systems, Inc., USA).

Bei Punktion in Seldingertechnik wird die Punktionskanüle langsam in den Verhalt vorgeschoben. Währenddessen kontrolliert man unter CT-Fluoroskopie die Position der Nadelspitze durch Betätigung eines Fußpedals (siehe Abbildung 5). Wenn die Spitze im Verhalt liegt, wird der Führungsdraht nachgeschoben und die Nadel entfernt. Nach vorherigem Einführen eines Dilatators kann der Drainagekatheter über den Führungsdraht eingebracht werden, welcher dann ebenfalls zurückgezogen wird. Mit einer Spritze aspiriert man vorhandene Flüssigkeit zur Überprüfung der korrekten Lage der Drainage. Bei der Direkttechnik wird die mit einem Metallmandrin versteifte Drainage direkt in den Verhalt eingebracht und der Metallmandrin anschließend entfernt. Danach wird bei beiden Techniken ein Dreiwegehahn angeschlossen (siehe Abbildung 6). Die Drainage wird per Hautnaht festgenäht. Es folgt eine Kontroll-CT, um mögliche Komplikationen erkennen und behandeln zu können. Abschließend wird ein steriler Verband angelegt.



Abbildung 5: CT-Fluoroskopie gesteuerte Drainagenanlage in axialer Schnittführung. Die Bilder zeigen den schrittweise erfolgenden Vorschub der Drainage und das Einbringen der Drainage in den Verhalt.



Abbildung 6: Drei erfolgreich eingebrachte Drainagen mit jeweils einem Dreiwegehahn. Die Drainagen werden im nächsten Schritt angenäht.

2.3. Retrospektive Datenakquisition

Die Datenakquisition erfolgte an einem Radiologieinformationssystem (RIS) / Picture Archiving and Communication System (PACS) - Befundungsarbeitsplatz der Klinik und Poliklinik für Radiologie, vormals Institut für Klinische Radiologie, am Klinikum Großhadern.

Patientenbezogene Daten wurden für die Auswertung dem klinischen Informationssystem LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP) sowie aus analogen Patientenakten entnommen. Die CT-Bilder, die während der Intervention akquiriert wurden, wurden mittels PACS ausgewertet. Die verwendete PACS-Software war Syngo Imaging (Siemens Healthineers, Forchheim, Deutschland), die verwendete RIS-Software Syngo Workflow. Betrachtet wurden die Bilder an einer dezidierten Workstation für PACS.

Die Daten wurden in eine Excel-Tabelle (Excel 2016, Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) transferiert.

Das Patientenkollektiv wurde definiert über eine kombinierte Stichwortsuche in der sogenannten Syngo Volltextrecherche nach den Schlüsselwörtern CT-gesteuerte Drainage der Leber, CT-gesteuerte Drainage des Abdomens, Lebertransplantation, Transplantation, Resektion, Teilresektion sowie Hemihepatektomie. Es wurden für jeden Patienten zunächst das jeweilige Alter und Geschlecht sowie die dem operativen Eingriff primär zugrundeliegende Erkrankung erfasst.

2.3.1. Operationsbezogene Daten

Anhand der Operationsberichte konnten die Operationsart und der Zeitpunkt der Operation bestimmt werden.

Die Operationsart der Leberteilresektion wurde in vier Gruppen eingeteilt:

- Hemihepatektomie links bzw. rechts
- Minor resection (Entfernung eines oder mehrerer Segmente der Leber, allerdings von geringerem Ausmaß als eine Hemihepatektomie)
- Erweiterte Hemihepatektomie (Entfernung von mehr als der Hälfte der Leber)

Für die Lebertransplantation gab es die Kategorien „Whole“, also die Transplantation der gesamten Leber, sowie „Split“, eine Teiltransplantation.

2.3.2. Technische Daten

Unter dem Punkt „Technische Details“ wurde festgehalten, wie viele Drainagen der Patient innerhalb einer Intervention bekam. Zudem wurde die Technik der Einführung der Drainage in die Kategorien „Direkttechnik“ und „Seldingertechnik“ eingeteilt. Des Weiteren untersucht wurde der Durchmesser der Drainage in French, ob es sich um eine einzel- oder doppelumige Drainage handelte und ob die Drainageanlage erfolgreich war. Der technische Erfolg wurde definiert als primär erfolgreiches Einbringen einer Drainage in den Flüssigkeitsverhalt mit anschließend möglicher Aspiration.

Zudem wurde die Liegedauer der Drainagen aus den klinischen Akten erfasst.

2.3.3. Komplikationen und Klinik

Die intrainterventionellen Komplikationen wurden gemäß der Klassifikation für perkutane Drainageanlagen der Society of Interventional Radiology (SIR) in Major und Minor Komplikationen eingeteilt (77). Bei dieser Einteilung wird die Auswirkung der Komplikation auf die klinische Situation des Patienten bewertet.

Minor Komplikationen:

- Komplikation ohne Behandlungsbedarf
- Komplikation mit minimalem Behandlungsbedarf inkl. stationärer Überwachung für eine Nacht

Major Komplikationen:

- Behandlungsbedürftige Komplikation mit stationärer Aufnahme <48h
- Behandlungsbedürftige Komplikation mit stationärer Aufnahme >48h
- Komplikation, die zu einer permanenten Beeinträchtigung des Patienten führt
- Komplikation, die zum Tod des Patienten führt

Mögliche Komplikationen bei CT-gesteuerten Interventionen sind Reaktionen auf das Lokalanästhetikum, Nervenverletzungen, Infektionen, Blutungen, Pneumothoraces und Organverletzungen (11).

Die Morbiditätsrate in einem Zeitintervall von 30 Tagen wurde anhand von folgenden Kriterien geprüft: Sepsis, Superinfektion der Flüssigkeitskollektion, blutige Förderung, Drainagendislokation sowie sonstige Ereignisse. Des Weiteren erfasst wurden operative Revisionen und deren Zeitpunkt, sowie gegebenenfalls der Todeszeitpunkt und die Todesursache des Patienten.

2.3.4. Labor

Dem Laborinformationssystem wurden drei Werte entnommen: C-reaktives Protein (CRP), Leukozyten und Gesamtbilirubin. Für jeden Patienten wurden die Werte direkt vor dem Eingriff sowie der jeweils niedrigste und höchste Wert in einem Zeitintervall von dreißig Tagen sowie deren Zeitpunkt notiert. Wenn die Patienten mehrere Drainagen an mehreren hintereinander folgenden Tagen bekamen, wurde der Wert am Tag der ersten Drainagenanlage sowie der Wert innerhalb von 30 Tagen nach der letzten Intervention registriert.

Der klinische Erfolg wurde definiert als a) ein Rückgang des CRP um mindestens 50% beziehungsweise dessen Normalisierung innerhalb von 30 Tagen und b) das Fehlen einer operativen Revision nach Intervention. Der Rückgang von Leukozyten bzw. Gesamtbilirubin wurde hier nicht berücksichtigt, da diese Werte präinterventionell häufig nicht erhöht waren.

2.3.5. Bildgebung und Strahlenbelastung

In der Planungs-CT wurde zunächst der maximale Durchmesser des Flüssigkeitsverhaltes anhand der axialen CT-Schnittbildgebung bestimmt. Im Anschluss wurde geprüft, ob dieser randständig kontrastmittelaufnehmend ist (falls kontrastmittelverstärkte Bilder vorlagen) oder ob es Lufteinschlüsse gibt (siehe Abbildung 7). Diese beiden Kriterien können für einen infizierten Verhalt sprechen (78). Besonders suggestiv für eine Superinfektion oder einen Anschluss des Verhaltes an den Darm sind Lufteinschlüsse, wenn sie mehr als zehn Tage nach der Operation auftreten. Unklare Fälle wurden im

Konsensus von zwei Radiologen mit mindestens fünf oder zehn Jahren Erfahrung in der CT-Befundung geklärt.

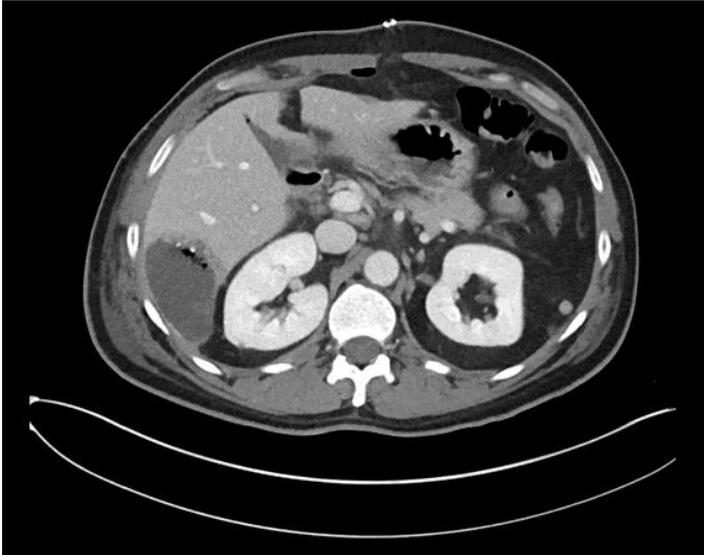


Abbildung 7: CT Abdomen in venöser Kontrastmittel-Phase auf Höhe der Leber in axialer Schnitfführung mit einem Abszess am Resektionsrand mit typischer Kontrastmittelaufnahme im Randbereich und Lufteinschlüssen.

Zudem wurde auf der postinterventionellen Kontroll-CT der Zugangsweg der Drainage erfasst, das heißt, ob ein transhepatischer oder ein direkter Zugang in den Verhalt ohne Deckung durch Leberparenchym gewählt wurde.

Dem Dosisprotokoll der CT-Intervention im PACS konnte zudem die Strahlendosis entnommen werden. Es wurden pro Intervention drei Werte erfasst: Das Dosislängenprodukt (DLP) der Planungs- sowie der Kontrollbilder, sowie das DLP, das während der Intervention kumulativ durch die CT-Fluoroskopie-Akquisitionen entstand.

2.3.6. Mikrobiologie

Es wurde geprüft, ob der mikrobiologische Befund des Aspirats positiv oder negativ ausfiel. Gefundene Bakterienstämme und/oder Pilzkulturen wurden erfasst.

2.4. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung und die Erstellung von Graphen und Tabellen erfolgte mithilfe der Programme Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) sowie SPSS 24 (Statistical Product & Service Solution, Chicago, Illinois, USA).

Um die Operationsart der Leberteilresektion dem klinischen Outcome gegenüberzustellen, wurde eine Vierfeldertafel angefertigt. Per Chi-Quadrat-Test wurde dann auf Unabhängigkeit getestet und die Signifikanz berechnet. Statistische Signifikanz wurde für einen p-Wert $<0,05$ angenommen.

Mit dem gleichen Test wurde auf einen Zusammenhang des klinischen Outcomes mit der Anzahl der erforderlichen Drainagen getestet. Dafür wurde die Drainagenanzahl aller Interventionen summiert.

Für die Analyse der Strahlenbelastung unter Vergleich der Mittelwerte wurde der T-Test für unabhängige Stichproben herangezogen.

3. Ergebnisse

3.1. Ergebnisse der CT-Fluoroskopie gesteuerten

Drainagenanlage nach Leberresektion

3.1.1. Patientenkollektiv

Für dieses Teilkollektiv lagen gemäß der RIS-Datenbank-Analyse 135 Patienten vor, die im Zeitraum zwischen 2004 und 2015 an der Klinik und Poliklinik für Radiologie des Klinikums Großhadern, vormals Institut für Klinische Radiologie, eine CT-Fluoroskopie-gesteuerte Drainagenanlage nach Leberteileresektion erhielten. Davon mussten sechs Patienten ausgeschlossen werden, da bei diesen das Intervall zwischen Operation und Intervention länger als ein Jahr war. Bei einem Patienten lag kein Arztbrief vor, sodass wichtige Informationen fehlten und dieser ebenfalls von der Studie ausgeschlossen werden musste. Somit konnten 128 Patienten in die Analyse eingeschlossen werden, welche zwischen dem 19.03.2004 und dem 29.09.2015 eine CT-Fluoroskopie gesteuerte Drainagenanlage erhielten (siehe Abbildung 8). Vier Patienten erhielten zweimal eine Leberresektion. Patienten, die innerhalb von 60 Tagen nach der Intervention verstarben, wurden aus der klinischen Analyse ausgeschlossen, werden aber unter dem Kapitel „Ergebnisse“ deskriptiv erwähnt.

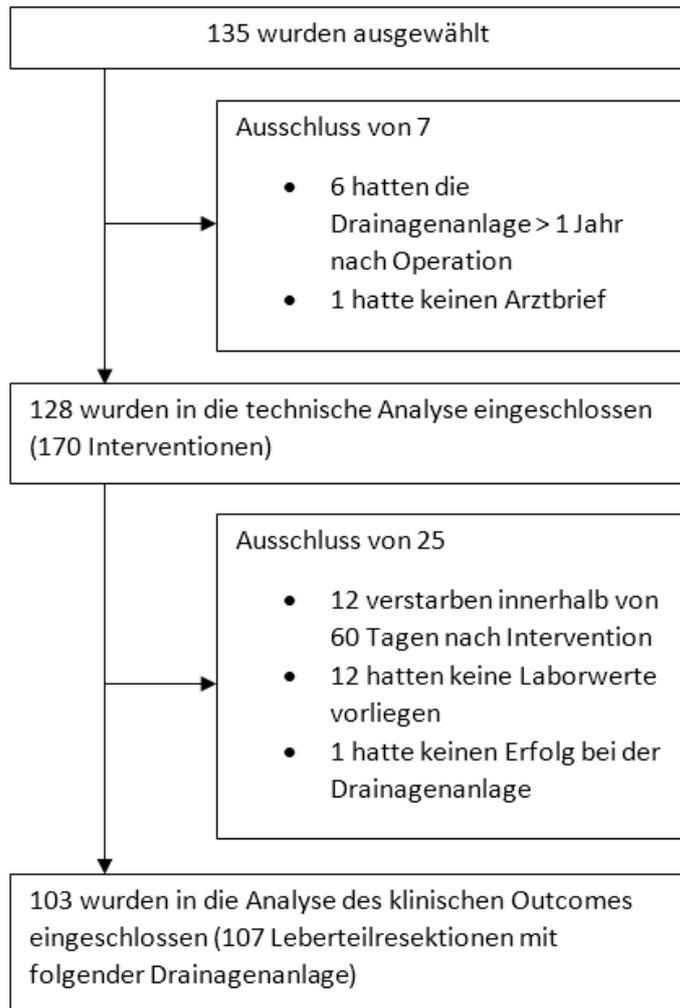


Abbildung 8: Flowchart des Patientenkollektivs nach Leberresektion.

Das mittlere Alter betrug 59 ($\pm 14,32$) Jahre (Median: 62) bei einer Altersspanne von 16 bis 83 Jahren. Abbildung 9 zeigt die genaue Altersverteilung der Patienten.

52 der 128 Patienten (40,6%) waren Frauen, 76 (59,4%) Männer.

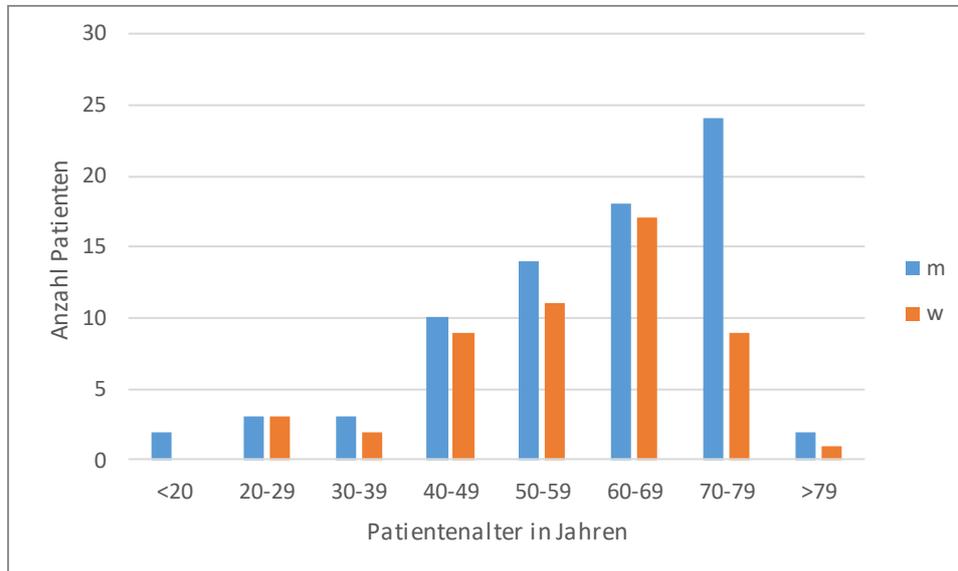


Abbildung 9: Altersverteilung des Patientenkollektivs der Leberteilresektion (N=128, blau: männlich, rot: weiblich).

Bei den Patienten wurden insgesamt 170 Interventionen nach Leberresektion durchgeführt, die in die Studie eingeschlossen werden konnten.

3.1.2. Leberresektion: Indikation und Operationsart

Bei den 128 Patienten wurden insgesamt 132 Leberteilresektionen durchgeführt.

Die Operationsindikationen waren in 115 Fällen maligne Leberläsionen, davon bildeten Lebermetastasen die häufigste Entität (N=64, siehe Tabelle 1). 28 Patienten litten unter einem hepatozellulären Karzinom, 18 unter einem cholangiozellulären Karzinom (davon 10 Patienten unter einem Klatskin-Tumor), drei unter einem Gallenblasenkarzinom und ein Patient hatte ein Angiosarkom der Leber. Bei einem weiteren Patienten infiltrierte dessen Nebennierenrindenzarzinom die Leber so weit, dass diese teilreseziert werden musste.

12 Patienten hatten gutartige Leberläsionen. Dazu zählten Echinokokkuszysten (N=5), fokale noduläre Hyperplasien (N=4), Leberadenome (N=2) und ein Hämangiom.

Eine Cholangitis war bei vier Patienten die Ursache der Leberteilresektion. Ein Patient hatte einen inflammatorischen Pseudotumor (siehe Tabelle 1: Indikationen zur Leberresektion.).

Tabelle 1: Indikationen zur Leberresektion.

Operationsindikation	Anzahl Patienten (n)	% Gesamtpopulation
Bösartige Erkrankungen	115	87,1%
Lebermetastasen	64	48,5%
Hepatozelluläres Karzinom	28	21,2%
Klatskin-Tumor (Sonderform des CCC)	10	7,6%
Cholangiozelluläres Karzinom (CCC)	8	6,1%
Gallenblasenkarzinom	3	2,3%
Nebennierenrindenzarzinom mit hepatischer Infiltration		0,8%
Angiosarkom	1	0,8%
Gutartige Leberläsionen	12	9,1%
Echinokokkuszyste	5	3,8%
Fokale Noduläre Hyperplasie	4	3,0%
Leberadenom	2	1,5%
Hämangiom	1	0,8%
Entzündliche Erkrankungen	5	3,8%
Cholangitis	4	3,0%
Inflammatorischer Pseudotumor	1	0,8%

Die Entfernung des linken Leberlappens wurde 16 Mal durchgeführt, der rechte Leberlappen wurde bei 24 Patienten entfernt. Eine Minor resection bekamen 60 Patienten, 32 eine erweiterte Hemihepatektomie (siehe Abbildung 10).

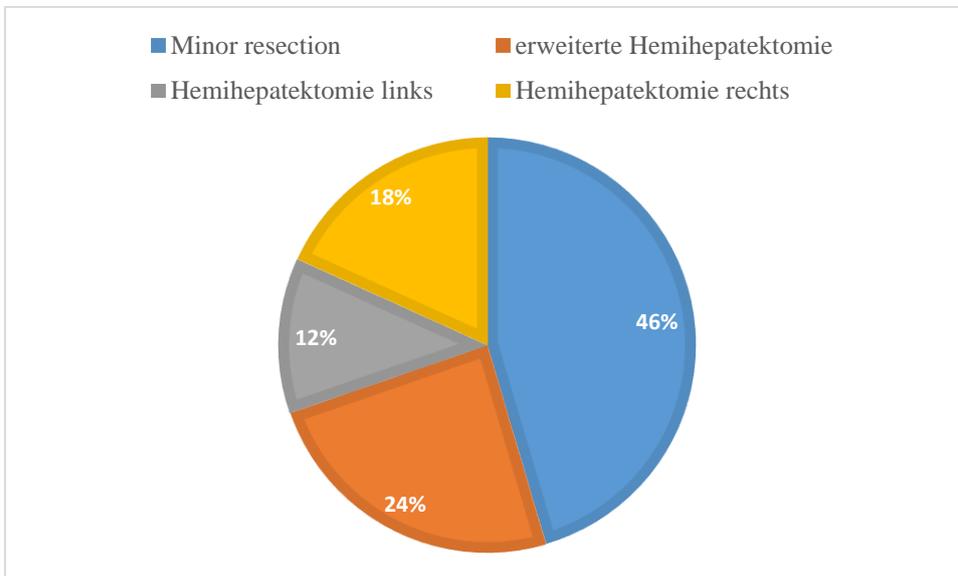


Abbildung 10: Operationsverfahren (N=128 Patienten mit insgesamt 132 Operationen).

3.1.3. Labor

Zwei Patienten bekamen direkt vor der Intervention kein Routinelabor. 44,62% (N=58) hatten vor der Intervention ein erhöhtes Gesamtbilirubin ($>1,1$ mg/dl im Blutserum), 51,54% (N=67) erhöhte Leukozyten ($>10.000/\mu\text{l}$ Vollblut). 95,38% der CRP-Werte waren ebenfalls erhöht ($>0,9$ mg/dl im Blutserum; N=124). Der Median der anfänglichen Bilirubinwerte war 1,0 mg/dl, der Leukozytenwerte $10450/\mu\text{l}$ Vollblut und der CRP-Werte 9,0 mg/dl (siehe Abbildung 11-13).

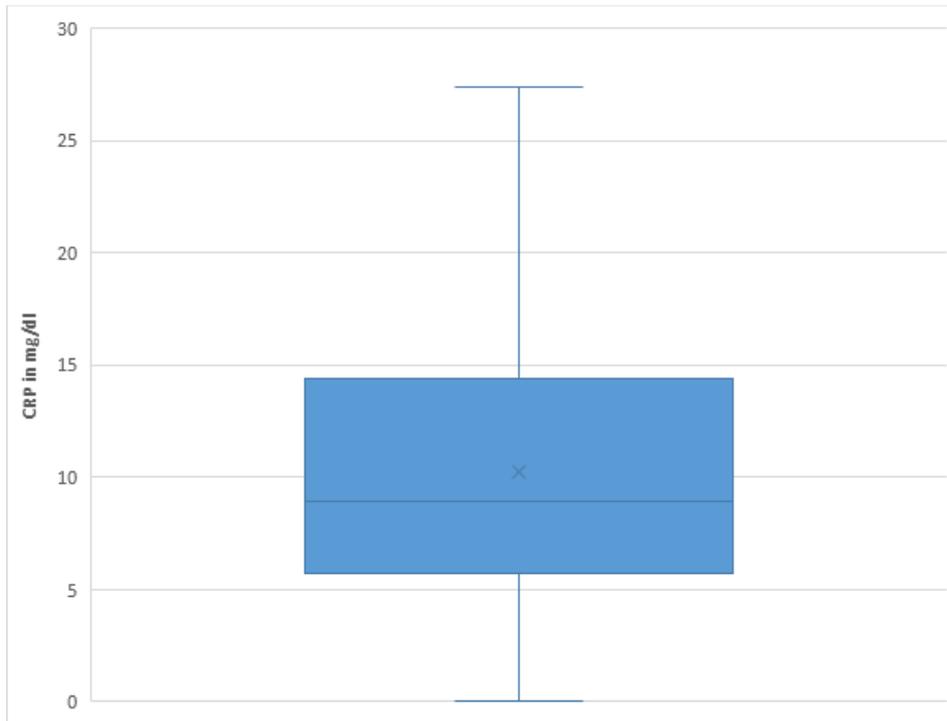


Abbildung 11: Box-Plot der Verteilung der CRP-Werte vor der (ersten) Intervention (N=130). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.



Abbildung 12: Box-Plot der Verteilung der Gesamtbilirubin-Werte vor der (ersten) Intervention (N=130). Dargestellte Werte: x =Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.

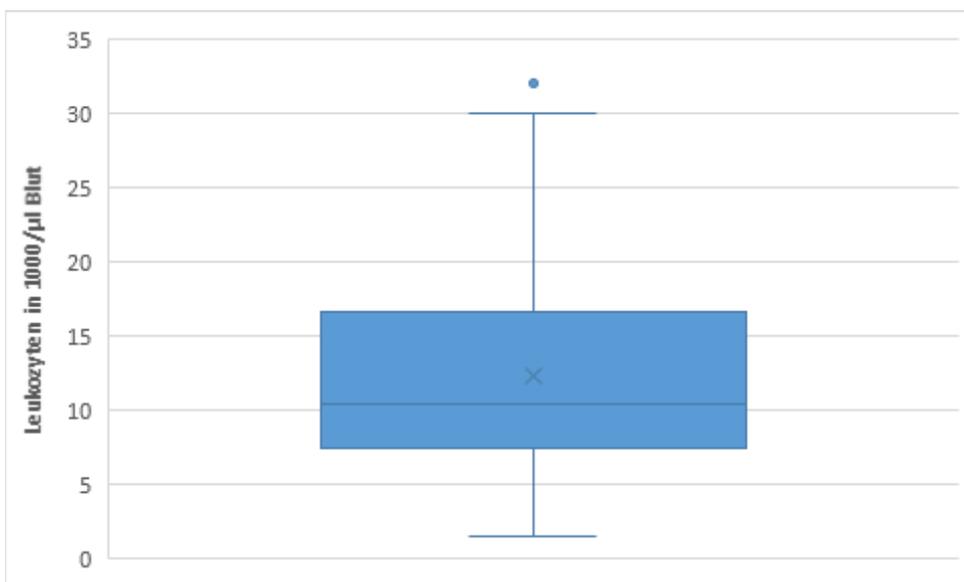


Abbildung 13: Box-Plot der Verteilung der Leukozyten-Werte vor der (ersten) Intervention (N=130). Dargestellte Werte: x =Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.

3.1.4. Technisches Outcome

Ein technischer Erfolg konnte in 98,2% der Fälle (N=167) erreicht werden. Bei einer der drei primär technisch nicht erfolgreichen Interventionen wurde ein zweiter Versuch benötigt, welcher dann erfolgreich war. Bei der zweiten Intervention konnte die anfängliche Fehllage manuell korrigiert werden. Die letzte Drainagenanlage konnte nicht beendet werden, da die Flüssigkeitskolektion in der Leber zu klein war.

Die Patienten benötigten eine unterschiedliche Anzahl an Drainagen pro Intervention. Bei der Mehrzahl der Patienten (N=145, 85,3%) wurde in einer Intervention nur eine Drainage gelegt, bei 24 Patienten wurden zwei Drainagen gelegt und bei einem Patienten drei (siehe Abbildung 14). Zehn der Patienten, die mehr als eine Drainage pro Intervention bekamen, besaßen zwei Verhalte in der Leber. Im Durchschnitt bekam jeder Patient 1,2 ($\pm 0,4$) Drainagen pro Intervention.

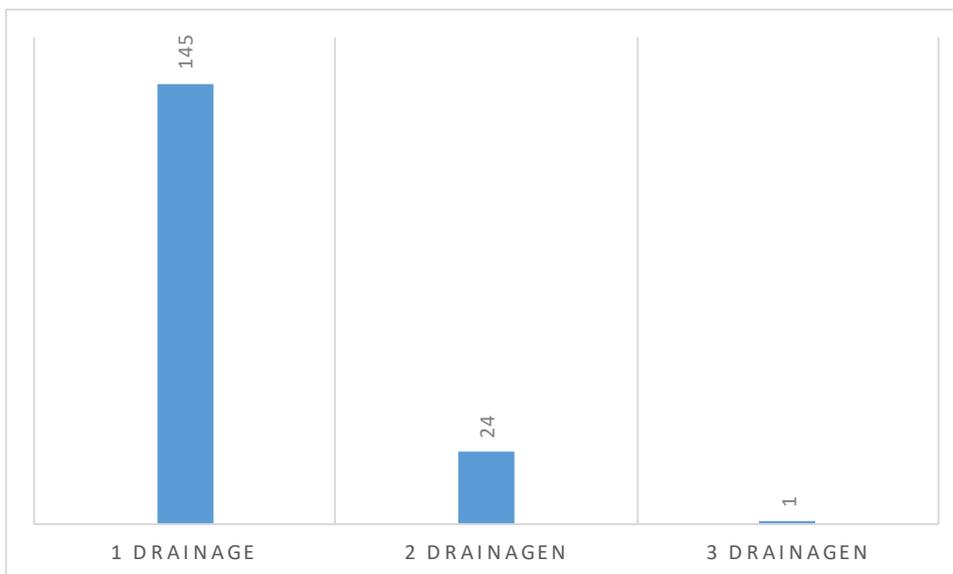


Abbildung 14: Verteilung der Anzahl der Drainagenanlagen pro Intervention (145 Patienten mit einer Drainagenanlage, 24 Patienten mit 2 Drainagenanlagen, ein Patient mit drei Drainagenanlagen).

157 Punktionen (92,4%) erfolgten in Direkttechnik, 13 in Seldingertechnik.

78 (42,9%) Drainagen hatten einen Durchmesser von 8F, 84 (46,2%) Drainagen einen Durchmesser von 10F, 17 (9,3%) Drainagen 12F und 3 (1,7%) Drainagen 14F (siehe Abbildung 15). Bei neun Patienten lagen keine Daten vor.

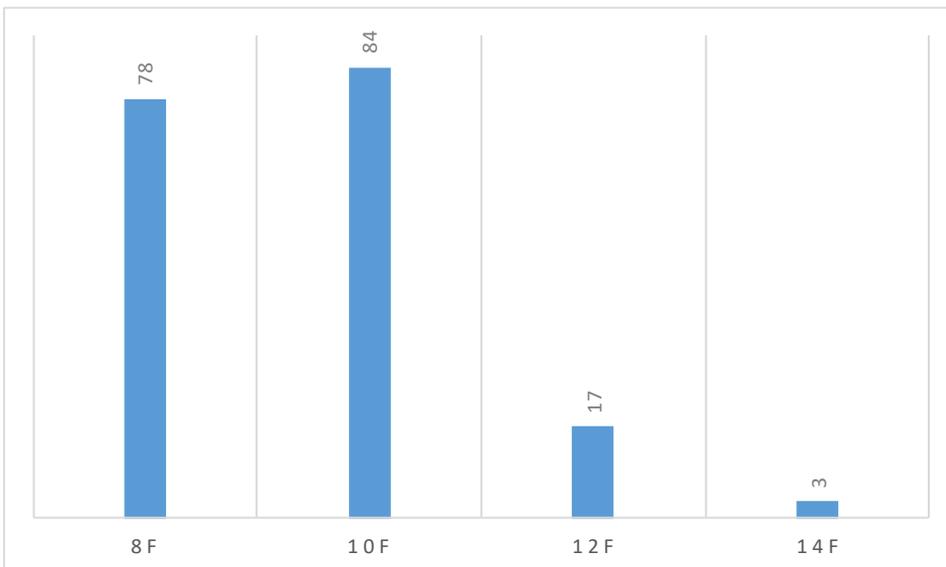


Abbildung 15: Verteilung der Drainagedurchmesser in French (Gesamtzahl = 182 Drainagen).

Fünf Patienten (2,9%) erhielten eine 14F Van Sonnenberg-Doppellumendrainage.

131 (67,5%) Drainagen wurden direkt in den Flüssigkeitsverhalt eingeführt. 62 (32,0%) Drainagenanlagen erfolgten transhepatisch, eine verlief akzidentiell kurzstreckig durch den Pleuraraum.

Die Liegedauer der Drainagen konnte in 125 Fällen (73,5%) den Akten entnommen werden. Der Mittelwert lag bei 14,2 ($\pm 13,7$) Tagen mit einer Zeitspanne von einem Tag bis 59 Tagen. Der Median der Liegedauer betrug acht Tage (siehe Abbildung 16).

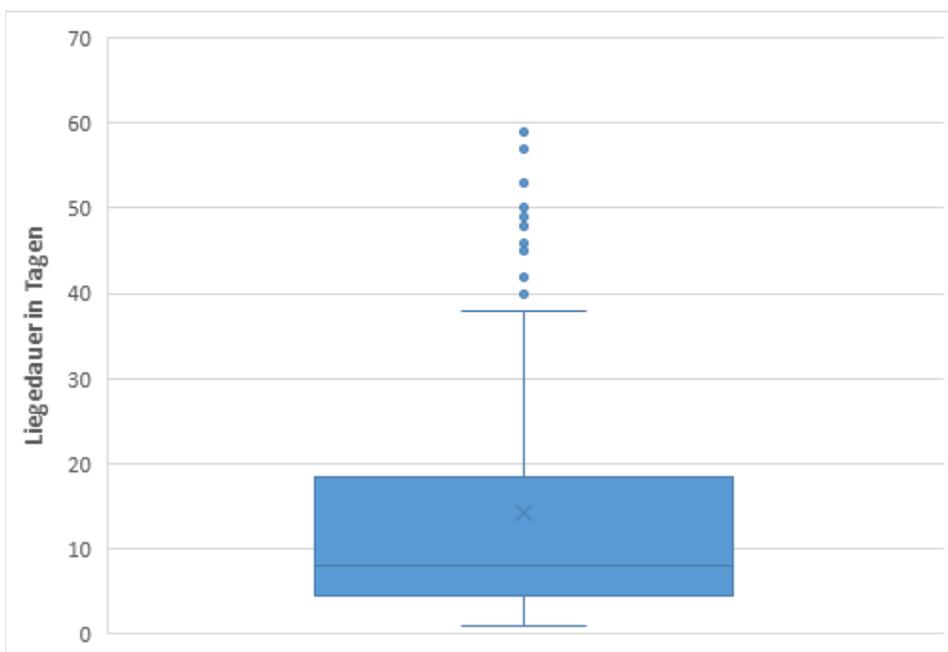


Abbildung 16: Box-Plot der Liegedauer der Drainagen (N=125).

3.1.5. Komplikationsrate

In 95,9% der Interventionen verlief die Drainagenanlage komplikationslos. In insgesamt sieben Fällen (4,1%) ereigneten sich folgende Komplikationen:

Minor Komplikationen (N=3, 1,8%):

- Drei Pneumothoraces (nicht behandlungsbedürftig)

Major Komplikationen (N=4, 2,3%):

- Pneumothorax (behandlungsbedürftig)
- Parenchymlutung und Verletzung der Arteria gastroepiploica (Intervention (Coiling) und Hämatomausräumung notwendig)
- Verletzung des Colon ascendens (Operation notwendig)
- Verletzung der Leber und Parenchymlutung (Korrektur der Drainagenlage)

3.1.6. Periinterventionelle Morbidität

Die periinterventionelle Morbidität in einem Zeitraum von 30 Tagen nach der Intervention betrug 22,4% (N Interventionen=38). Die Entwicklung einer Sepsis wurde miterfasst, konnte aber nicht immer eindeutig auf die Drainagenanlage zurückgeführt werden. Das lag daran, dass die Patienten meistens multimorbide waren und teilweise noch andere Erkrankungen und Infektionsherde eine Rolle spielten (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Periinterventionelle Morbidität.

Komplikation	Anzahl Fälle
Sepsis	16
Dislokation	13
Superinfektion	8
stuhlige Förderung	1
Gesamtergebnis	38

3.1.7. Klinisches Outcome

Zwölf Patienten verstarben in einem Zeitraum von 60 Tagen nach der Intervention und wurden nicht in die klinische Analyse eingeschlossen. Der Tod war bei diesen Patienten nicht auf die Drainagenanlage zurückzuführen. Im Folgenden sind die Todesursachen dargestellt:

- Leberversagen und respiratorische Insuffizienz bei fortschreitendem Tumorleiden und intraabdominellen Infektionen. Der Tod trat 37 Tage nach der Intervention auf (Alter: 46, Geschlecht: männlich).
- Progredientes septisches Multiorganversagen auf der Basis einer persistierenden intraabdominellen Infektion sowie einer persistierenden Cholangitis. Der Patient verstarb 57 Tage nach der CT-Fluoroskopie-gesteuerten Drainagenanlage. (Alter: 59, Geschlecht: männlich)
- Progrediente respiratorische Globalinsuffizienz mit Kachexie und rezidivierenden Pilzpneumonien durch *Candida albicans*. Die Patientin verstarb nach 40 Tagen. (Alter: 62, Geschlecht: weiblich)
- Fortschreitendes Tumorleiden eines Karzinoms des Colon ascendens mit rascher Progression der Metastasen und einer Retentionspneumonie. Der Patient verstarb 31 Tage nach der letzten Intervention unter palliativer Betreuung, eine Chemotherapie war nicht mehr möglich. (Alter: 58, Geschlecht: männlich)
- Progredientes zirkulatorisches und hepatisches Versagen mit einer abdominellen Infektion und nosokomialen Pneumonie auf der Basis einer Infektion mit *Stenotrophomonas maltophilia*. Der Patient verstarb nach einer massiven Kreislaufinsuffizienz 35 Tage nach Intervention. (Alter: 79, Geschlecht: männlich)
- Multiorganversagen mit führendem progredientem Leberversagen bei hepatozellulärem Karzinom, welches eine Kreislaufinsuffizienz nach sich zog. Die Patientin verstarb zwei Tage nach der Intervention. (Alter: 68, Geschlecht: weiblich)
- Zirkulatorisches Versagen durch eine Gasaustauschstörung aufgrund einer nosokomialen Pneumonie mit Dystelektasen in der Lunge. Der Tod trat nach sechs Tagen ein. (Alter: 77, Geschlecht: weiblich)
- Leberversagen mit konsekutiver Beeinträchtigung der Kreislauf- und Nierenfunktion mit einer intraabdominalen Infektion. Nach mehreren operativen

Revisionen erfolgte die CT-gesteuerte Drainagenanlage, welche auch eine Verbesserung des Infektes nach sich zog. Die Leberinsuffizienz blieb jedoch bestehen und wurde durch einen myokardialen Infarkt noch verstärkt. Der Patient verstarb schließlich an einem therapierefraktären zirkulatorischen sowie hepatischen Versagen elf Tage nach der Intervention. (Alter: 73, Geschlecht: männlich)

- Progredientes Multiorganversagen mit führendem septischem und hepatisch induziertem zirkulatorischen Versagen. Bei dieser Patientin lag ein komplizierter postoperativer Verlauf vor mit viermaliger Drainagenanlage, zweimaliger operativer Revision und einer Aspiration. Grund hierfür war unter anderem eine Infektion des Verhalts durch *Candida lusitaniae* und eine folgende Superinfektion durch *Pandoraea sputorum* und *Klebsiella pneumoniae*. Trotz abdominaler Revision konnte die Infektion nicht beherrscht werden, die Patientin verstarb fünf Tage nach der letzten Intervention. (Alter: 69, Geschlecht: weiblich)
- Septisches Multiorganversagen mit Leberversagen und schwerstem kardiopulmonalen Versagen. Die Patientin entwickelte nach der Leberteileresektion mit massivem Blutverlust ein SIRS (systemic inflammatory response syndrome). Dazu kam eine intraabdominelle Pilzinfektion. Die Patientin verstarb 18 Tage nach der Intervention. (Alter: 62, Geschlecht: weiblich)
- Zirkulatorisches Versagen durch eine fulminante reanimationspflichtige Lungenembolie. Die Patientin besaß ein postoperatives Galleleck und verstarb 27 Tage nach zweimaliger Drainagenanlage und operativer Revision. Ein bereitgestelltes Spenderorgan konnte aufgrund der schlechten Konstitution der Patientin nicht mehr eingesetzt werden. (Alter: 49, Geschlecht: weiblich)
- Septisches Multiorganversagen bei chronischer Cholangitis. Die Patientin entwickelte ein Galleleck und ein cholangitisch induziertes schweres Infektsyndrom, welches auch durch zweimalige Drainagenanlage nicht zu beheben war und verstarb 21 Tage nach der Intervention. (Alter: 40, Geschlecht: weiblich)

Anzahl Interventionen:

104 Patienten bekamen nach der Leberteileresektion mit einem Abstand der Interventionen von höchstens 60 Tagen eine Drainagenanlage. 25 Patienten erhielten zwei Drainagenanlagen, zwei weitere Patienten drei und ein Patient vier Drainagenanlagen (siehe Abbildung 17). Im Durchschnitt waren es 1,2 ($\pm 0,5$) Interventionen pro Patient.

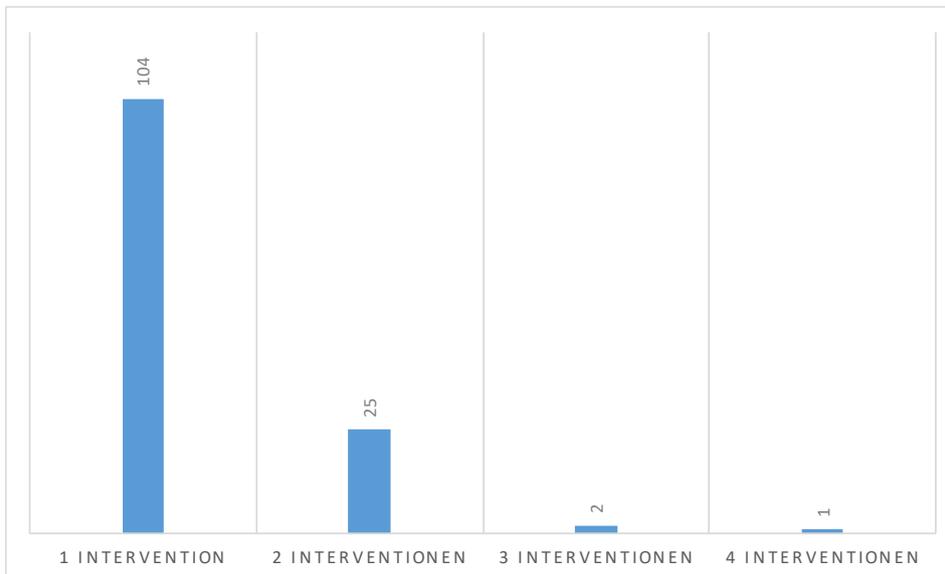


Abbildung 17: Anzahl Interventionen pro Leberteileresektion (N=132).

Sechs Patienten bekamen mit einem Abstand von mehr als 60 Tagen erneut eine Drainagenanlage. Viermal war der Grund hierfür ein Rezidiv des bekannten Verhalts, das heißt, die Patienten stellten sich nach Entlassung erneut in der Klinik vor. Zweimal war der neue Verhalt in der Lokalisation unabhängig von den bekannten Befunden.

Operative Revision:

18 von den 107 in die Analyse des klinischen Outcomes eingeschlossenen Interventionen nach Leberteileresektion (16,8%) mussten innerhalb von 60 Tagen operativ revidiert werden. Davon erhielten zwei Patienten (1,9%) eine Operation aufgrund von intrainterventionellen Komplikationen (siehe Kapitel 3.1.5).

Labor:

Die zwölf Patienten, die verstarben, wurden aus der Analyse ausgeschlossen, genauso wie der Patient, dessen Drainagenanlage nicht gelang. Bei zwölf weiteren Patienten lag kein Labor vor. Bei drei Patienten war das CRP anfänglich nicht erhöht, war also nicht die Indikation für die Drainagenanlage. Von den restlichen 104 Fällen nach Leberteileresektion besserte sich das CRP in 85 Fällen (81,7%). Dabei betrug das mittlere Intervall bis zur Verbesserung 13,1 ($\pm 8,4$) Tage. Das Gesamtbilirubin besserte sich in 28 von 70 (40%) präinterventionell erhöht gemessenen Werten in einem mittleren Zeitraum von 13,4 [$\pm 9,4$] Tagen. Die Leukozyten fielen in 50 von 83 Fällen mit erhöhten Werten ab (60,2%) und brauchten dafür im Mittel 13,5 [$\pm 7,5$] Tage (s. Abbildungen 18, 19 und 20).

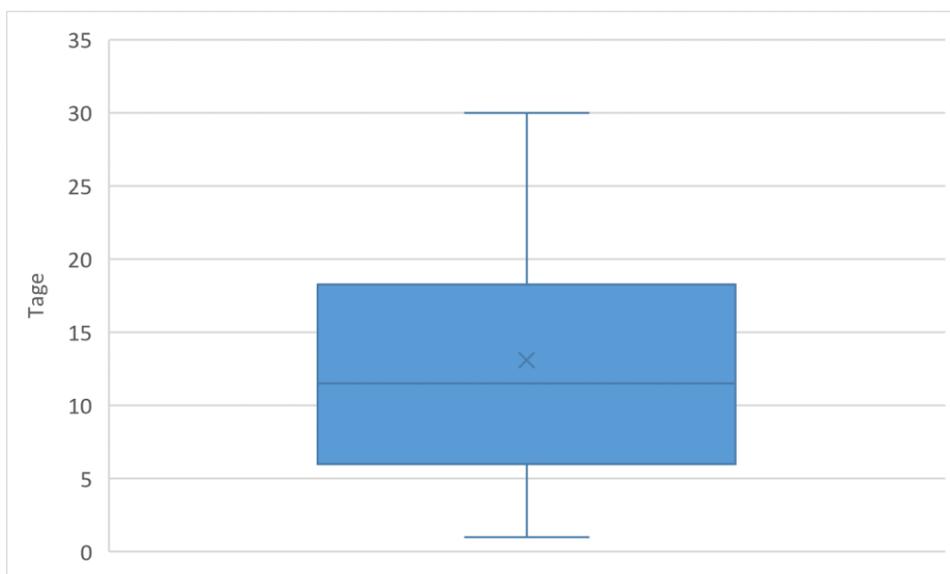


Abbildung 18: Box-Plot der Dauer der postinterventionellen Besserung der CRP-Werte nach Drainagenanlage in Tagen (N=85). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.

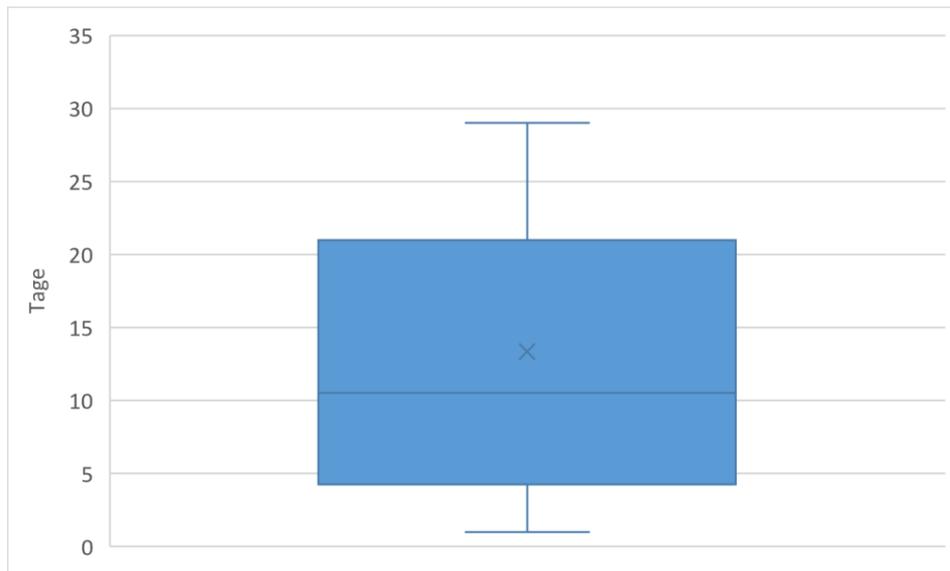


Abbildung 19: Box-Plot der Dauer der postinterventionellen Besserung der Gesamtbilirubin-Werte nach Drainagenanlage in Tagen (N=28). Dargestellte Werte: x =Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.

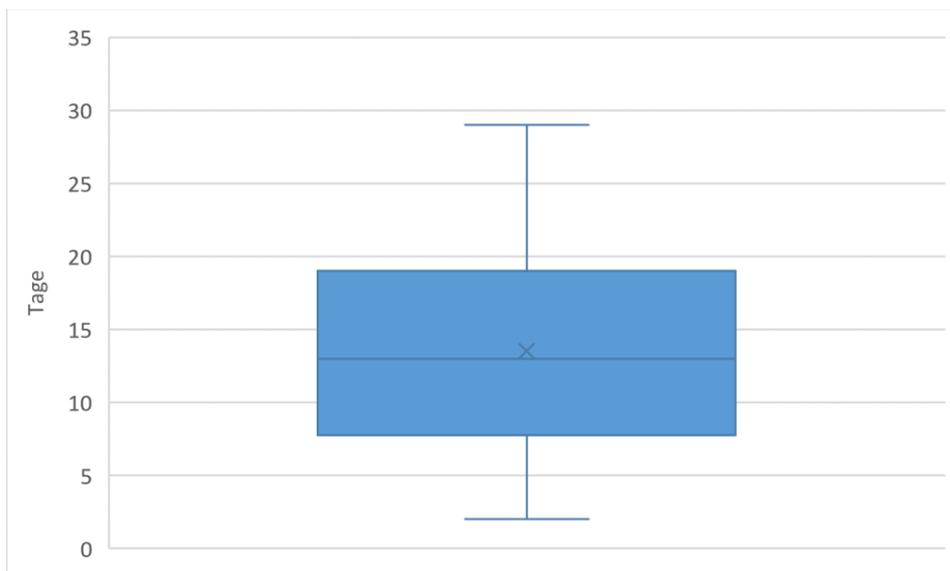


Abbildung 20: Box-Plot der Dauer der postinterventionellen Besserung der Leukozytenanzahl nach Drainageanlage in Tagen (N=50). Dargestellte Werte: x =Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.

Gesamt:

Klinischer Erfolg, das heißt ein CRP Rückgang um 50% bzw. die Normalisierung und keine Notwendigkeit einer operativen Revision, lag nach 77 Leberteilresektionen (72,0%) vor.

Klinisches Outcome – Operationsverfahren:

Das klinische Outcome wurde auf einen Zusammenhang mit dem Operationsverfahren untersucht (siehe Tabelle 3). Obwohl die Interventionen nach erweiterter Hemihepatektomie tendenziell ein eher schlechtes Outcome bedeuteten, war dieser Zusammenhang statistisch nicht signifikant ($p=0,089$). Auch nach Minor resection zeigte sich zwar ein relativ gutes Outcome, allerdings erneut ohne statistische Signifikanz ($p=0,237$).

Tabelle 3: Klinisches Outcome in Gegenüberstellung zum Operationsverfahren (N=107 Patienten).

			klinisches Outcome		Gesamt
			nicht erfolgreich	erfolgreich	
Operationsart	Minor resection	Anzahl % innerhalb von Operationsart	10 20,8%	38 79,2%	48 100,0%
	Hemihepatektomie links	Anzahl % innerhalb von Operationsart	4 30,8%	9 69,2%	13 100,0%
	Hemihepatektomie rechts	Anzahl % innerhalb von Operationsart	5 26,3%	14 73,7%	19 100,0%
	erweiterte Hemihepatektomie	Anzahl % innerhalb von Operationsart	11 40,7%	16 59,3%	27 100,0%
Gesamt		Anzahl % innerhalb von Operationsart	30 28,0%	77 72,0%	107 100,0%

Klinisches Outcome - Anzahl Drainagen

Mittels T-Test konnte kein Zusammenhang zwischen dem klinischen Outcome und der Anzahl an Drainagen festgestellt werden ($p=0,944$). In Tabelle 4 ist die genaue Verteilung zu sehen.

Tabelle 4: Vergleich des klinischen Outcomes mit der Anzahl der erforderlichen Drainagen.

		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Anzahl Drainagen insgesamt	klinisches Outcome nicht erfolgreich	30	1,40	,621	,113
	erfolgreich	77	1,39	,710	,081

3.1.8. Bildgebung

Für die Analyse mussten vier Patienten ausgeschlossen werden, da für diese keine Bilder vorlagen. Die Gesamtzahl der eingeschlossenen Interventionen war somit 166 mit teilweise mehreren Flüssigkeitsverhalten.

Der Mittelwert der Durchmesser der Flüssigkeitskolektion in axialer Schichtführung betrug 8,8 ($\pm 3,3$) cm. Der minimale Durchmesser betrug 3 cm, der maximale Durchmesser 20 cm bei einem Median von 8,2 cm. In Abbildung 21 ist die Verteilung dargestellt.

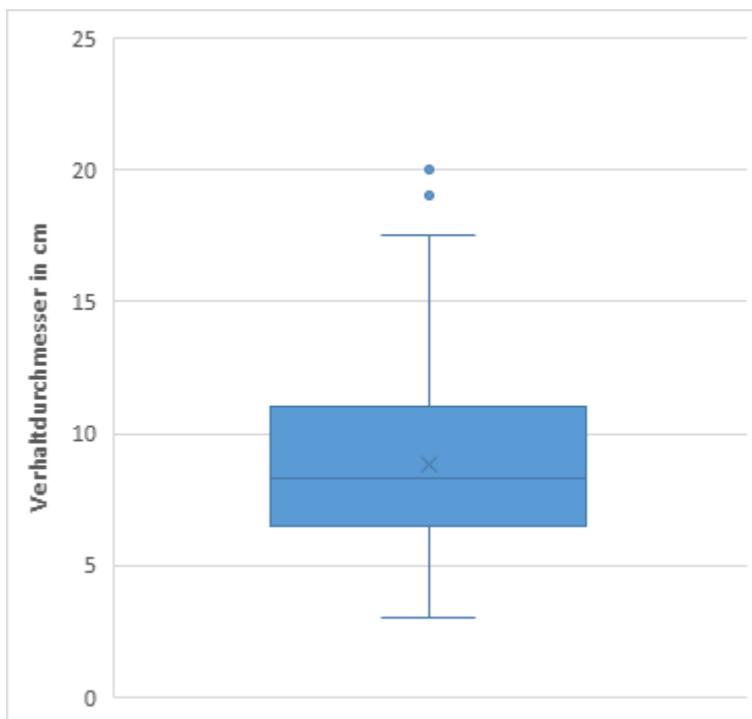


Abbildung 21: Box-Plot der Durchmesser der Flüssigkeitsverhalte (N Verhalte=173). Dargestellte Werte: x =Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.

Lufteinschlüsse im Flüssigkeitsverhalt gab es in 68,1% der Fälle (N=113). Da die Bilder in einigen Fällen weniger als zehn Tage nach der Operation entstanden, ist nicht ausgeschlossen, dass die Lufteinschlüsse postoperativ bedingt waren. In 50,6% der Fälle (N=84) zeigte sich eine randständige Kontrastmittel-Aufnahme.

3.1.9. Strahlendosis

24 Patienten mussten von der Analyse ausgeschlossen werden, da das CT-Dosisprotokoll in der Dokumentation fehlte.

Die durchschnittliche Strahlenbelastung betrug präinterventionell 356,4 ($\pm 246,8$) mGy*cm, intrainerventionell 103,6 ($\pm 152,2$) mGy*cm und postinterventionell 227,7 ($\pm 159,3$) mGy*cm. Der Mittelwert der gesamten Strahlendosis war 686,4 ($\pm 395,3$) mGy*cm.

Ein Vergleich der Zeiträume 2004-2009 und 2010-2015 ergab eine Reduktion der Strahlendosis um 70,9% intrainerventionell und um 20,5% in Bezug auf die gesamte Strahlenbelastung (siehe Abbildung 22). Die Abweichung war signifikant (gesamt: $p = 0,032$, intrainerventionell: $p < 0,001$).

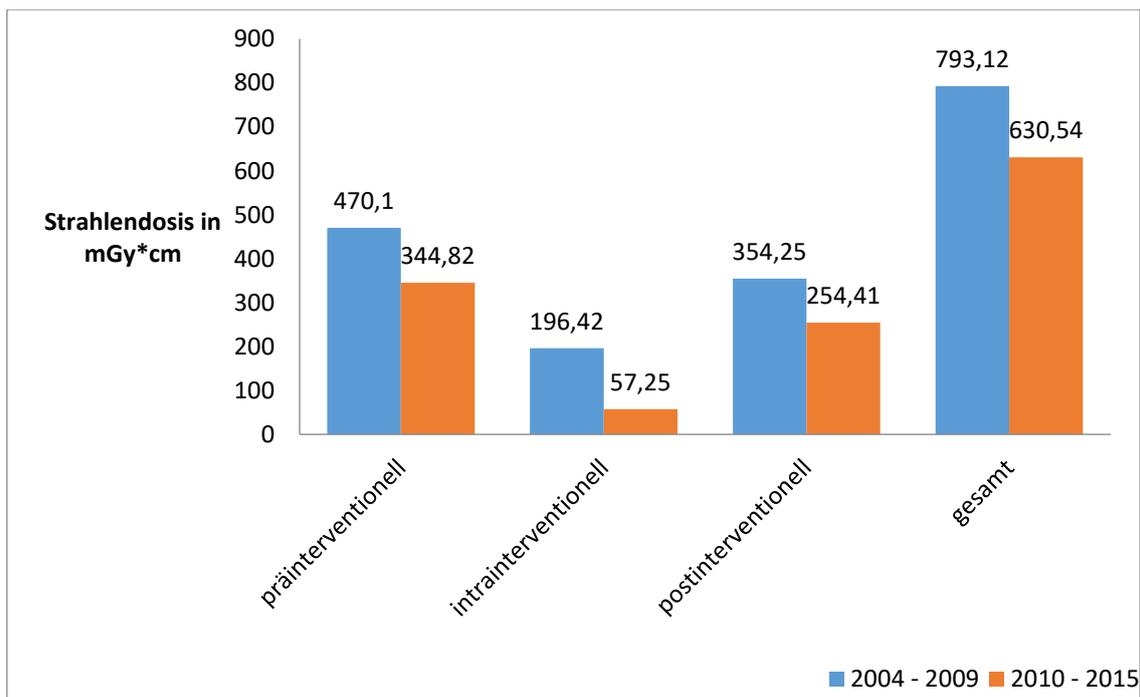


Abbildung 22: Strahlendosis der behandelten Patienten ($N=114$, N Interventionen= 146) durch die CT-gesteuerte Intervention im Vergleich der Zeiträume 2004 – 2009 (blau) und 2010 – 2015 (rot).

3.1.10. Mikrobiologie

Es lagen 112 mikrobiologische Befunde von jeweils verschiedenen Patienten vor. 76 (67,9%) davon waren positiv, 36 (32,1%) negativ.

In 30,3% (N=23) der positiven Fälle ließen sich Pilze der Gattung *Candida* nachweisen. Die am häufigsten nachgewiesenen Bakterien waren Enterokokken (42,1%, N=32), danach folgten mit 30,3% (N=23) Staphylokokken. *Escherichia coli* ließ sich in 26,3% (N=20) der positiven Fälle nachweisen. Dabei ist zu beachten, dass häufig Mischinfektionen mehrerer Erreger vorlagen.

Ein Patient hatte einen Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA). *Escherichia coli* war bei vier Patienten ESBL-bildend (Extended-Spectrum-Betalaktamasen-bildend). Der *Enterococcus faecium* war in einem der Verhalte Vancomycin-resistent (VRE).

Die gesamte Verteilung ist in Abbildung 23 und Tabelle 5 dargestellt.

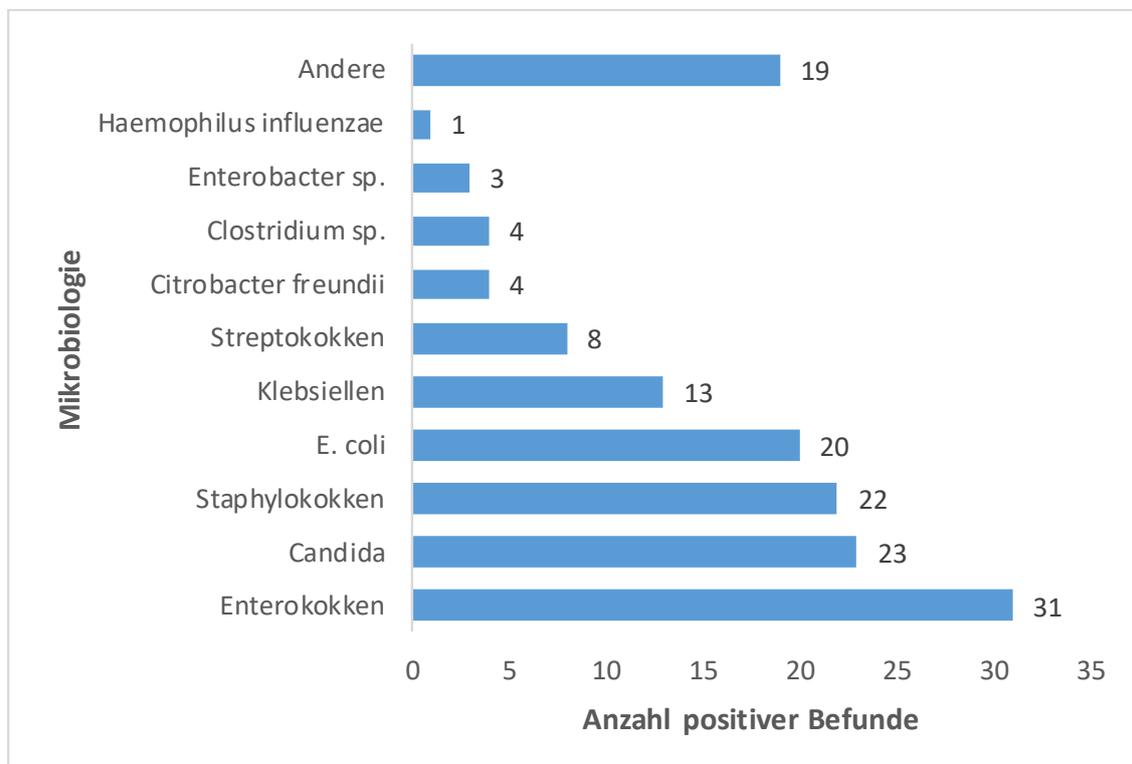


Abbildung 23: Anzahl positiver Befunde verschiedener Erreger, die aus den Flüssigkeitskollektionen isoliert werden konnten.

Tabelle 5: Anzahl positiver Befunde verschiedener Erreger mit Unterscheidung der Arten.

Erreger	Anzahl positiver Befunde
Enterokokken	
E. faecalis	18
E. faecium	17
E. raffinosus	1
E. avium	1
Candida	
Candida albicans	15
Candida glabrata	9
Candida tropicalis	1
Candida lusitaniae	1
Staphylokokken	
Koagulase negative Staphylokokken	14
Staphylococcus aureus	8
Escherichia coli	20
Klebsiellen	
Klebsiella pneumoniae	10
Klebsiella oxytoca	4
Streptokokken	
vergrünende Streptokokken	6
Streptococcus anginosus	2
Citrobacter freundii	4
Clostridium sp.	4
Enterobacter sp.	3
Haemophilus influenzae	1
Andere	
Lactobacillus species	4
Stenotrophomonas maltophilia	3
Bacteroides fragilis Grp	2
Bacteroides vulgatus	2
Actinomyces sp.	1
Pantoea agglomerans	1
Pandoraea sputorum	1
Porphyromonas sp.	1
Aerococcus sp.	1
Prevotella sp.	1
Proteus mirabilis	1
Veillonella parvula	1
Morganella morganii	1
Fusobacterium nucleatum	1

3.2. Ergebnisse der CT-Fluoroskopie gesteuerten Drainagenanlage nach Lebertransplantation

3.2.1. Patientenkollektiv

Es wurden in der RIS-Datenbank-Analyse 46 Patienten identifiziert, die im Zeitraum zwischen 2005 und 2015 an der Klinik und Poliklinik für Radiologie des Klinikums Großhadern, vormals Institut für Klinische Radiologie, eine CT-Fluoroskopie-gesteuerte Drainagenanlage nach Lebertransplantation erhielten. Davon mussten drei Patienten ausgeschlossen werden, da bei diesen das Intervall zwischen Operation und Intervention länger als zehn Jahre betrug. Bei sechs Patienten lag kein Arztbrief vor. Bei einem Patienten fehlte ein radiologischer Befund. Somit konnten 36 Patienten in die Analyse eingeschlossen werden, welche zwischen dem 12.04.2005 und dem 01.09.2015 mit einer Drainagenanlage versorgt wurden (siehe Abbildung 24).

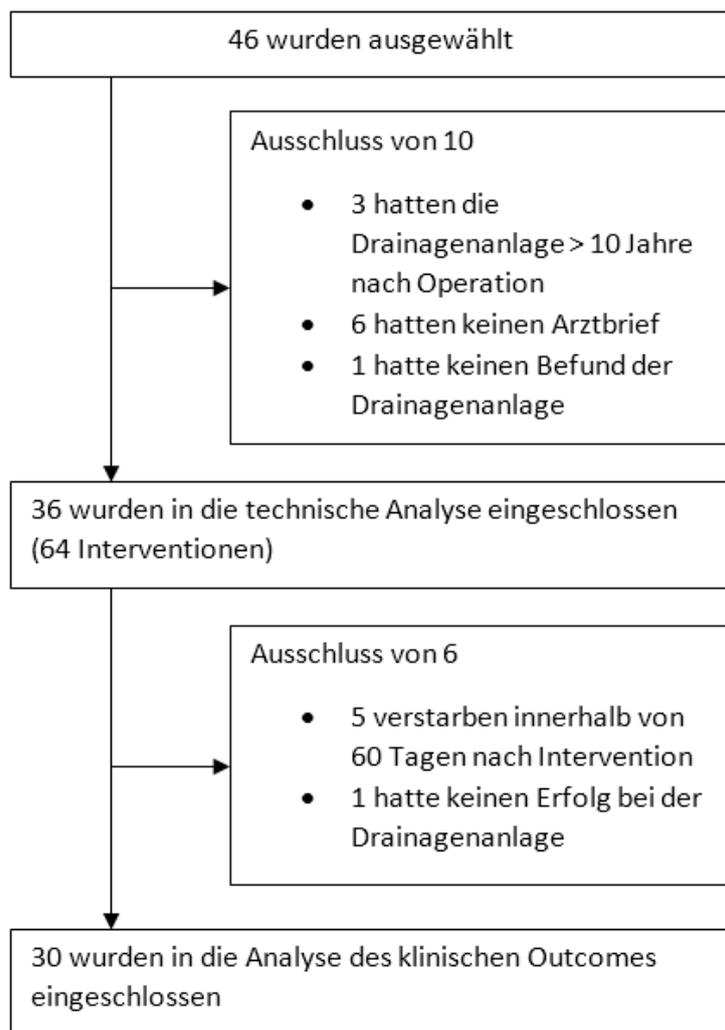


Abbildung 24: Flowchart des Patientenkollektivs nach Lebertransplantation.

Im Durchschnitt waren die Patienten 48,8 ($\pm 10,5$) Jahre alt. Bei einer Altersspanne von 26 bis 67 Jahren betrug der Median 50 Jahre. Abbildung 25 zeigt die Altersverteilung der Patienten.

Sechs (16,7%) Patienten waren Frauen, 30 (83,3%) Männer.

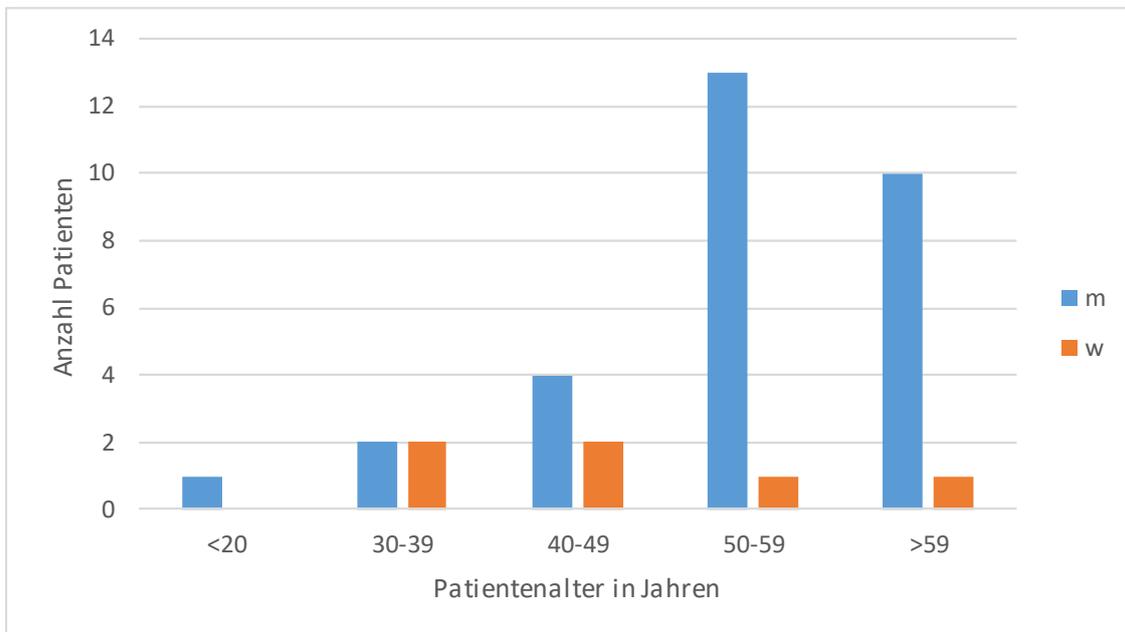


Abbildung 25: Altersverteilung des Patientenkollektivs (N=36, blau: männlich, rot: weiblich)

Es flossen 64 Interventionen in die technische Analyse ein.

3.2.2. Lebertransplantation: Indikation und Transplantationsart

Die Indikationen zur Lebertransplantation war meistens eine sekundäre Leberzirrhose. Die zugrundeliegenden Erkrankungen beziehungsweise Noxen sind in Tabelle 6 aufgelistet.

Tabelle 6: Indikationen zur Lebertransplantation (N=36).

Indikation zur Lebertransplantation bzw. Ursache der Leberzirrhose	Anzahl Patienten (N)	% Gesamtpopulation
Äthyltoxisch	12	33,3%
Hepatitis C, HCC	5	13,9%
Äthyltoxisch, HCC	3	8,3%
Äthyltoxisch, Hepatitis C	2	5,6%
Hepatitis C und D	2	5,6%
Budd-Chiari-Syndrom	2	5,6%
Autoimmunhepatitis (AIH)	2	5,6%
Primär sklerosierende Cholangitis (PSC)	2	5,6%
Hepatitis B	1	2,8%
Hepatitis C	1	2,8%
AIH/PSC-Überlappungssyndrom	1	2,8%
Medikamentös-toxisch	1	2,8%
unklar	2	5,6%
Gesamt	36	100%

In 17 Fällen war Alkoholabusus der Hauptgrund oder einer der Gründe der Leberzirrhose. Ein hepatozelluläres Karzinom war bei acht Patienten zu finden, allerdings entweder in Kombination mit Hepatitis C oder mit Alkoholabusus. Neun Patienten waren mit dem Hepatitis C-Virus infiziert. Fünfmal war die Ursache des Leberversagens eine Autoimmunkrankheit (Autoimmunhepatitis, Primär Sklerosierende Cholangitis und ein AIH/PSC-Überlappungssyndrom).

Die Mehrzahl (N=32, 89%) der Transplantationen waren sogenannte „Whole-Liver“-Transplantationen, das heißt, dass das ganze Organ verwendet wurde. Bei drei (8,33%) der Operationen wurde nur eine Leberhälfte übertragen („Split-Liver“-Transplantation). Einmal fehlte der Operationsbericht.

3.2.3. Labor

Das Bilirubin war in 66,7% der Fälle (N=24) vor der Drainagenanlage erhöht, die Leukozyten in 30,6% (N=11). Das CRP war nur in einem Fall normwertig, in 97,2% war es erhöht. Die medianen Werte der Blutwerte waren: 1,6 mg/dl (Bilirubin), 6100/ μ l Vollblut (Leukozyten) und 7,8 mg/dl (CRP). Die Verteilungen der Laborwerte sind in den Abbildung 26 bis 28 zu sehen.

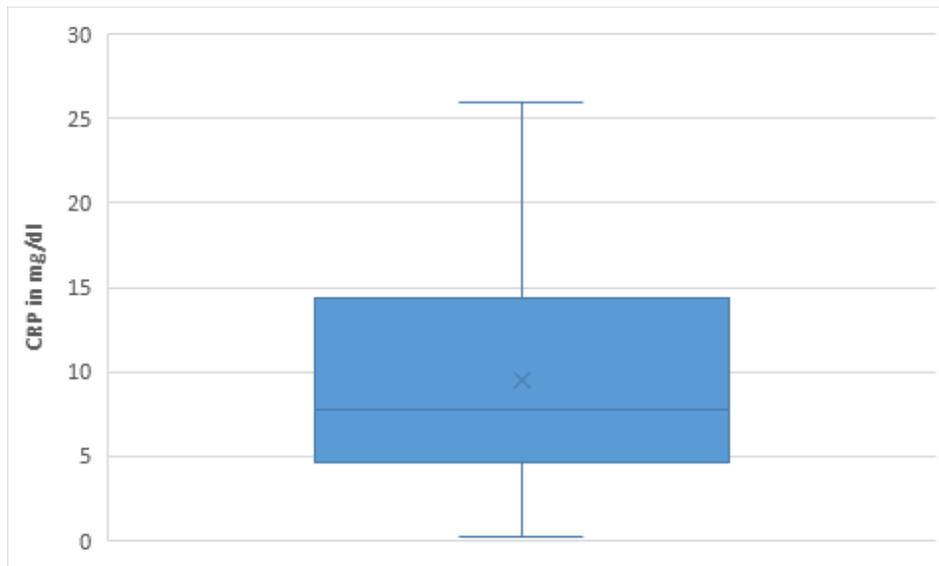


Abbildung 26: Box-Plot der Verteilung der CRP-Werte vor der (ersten) Intervention (N=36). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.

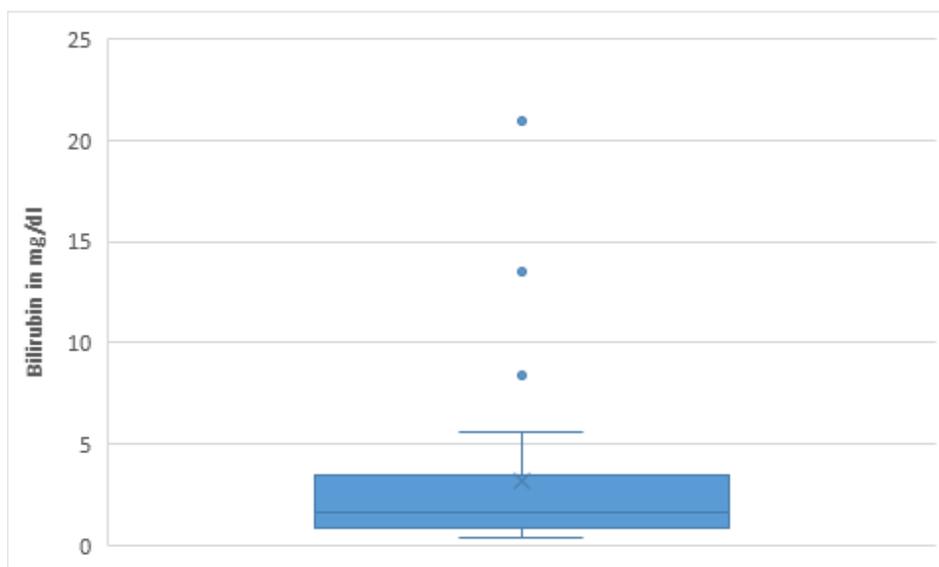


Abbildung 27: Box-Plot der Verteilung der Bilirubin-Werte vor der (ersten) Intervention (N=36). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.

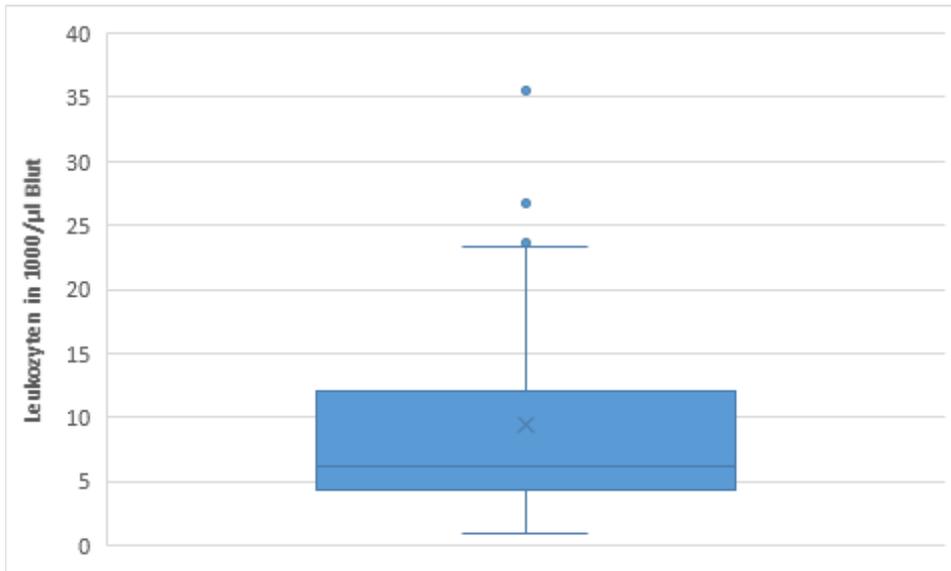


Abbildung 28: Box-Plot der Verteilung der Leukozyten-Werte vor der (ersten) Intervention (N=36). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.

3.2.4. Technisches Outcome

Die Drainagenanlage war in 96,9% (N=62) der Fälle erfolgreich. Bei zwei Patienten konnte die Drainagenanlage nicht zu Ende geführt werden. Grund war in beiden Fällen eine Blutung (siehe Kapitel 3.2.5).

In 51 Interventionen wurde nur eine Drainage eingelegt. Im Rahmen von zwölf Interventionen wurden zwei Drainagen benötigt und in einem Fall wurden drei Drainagen eingebracht (siehe Abbildung 29). Durchschnittlich waren es 1,2 ($\pm 0,5$) Drainagen.

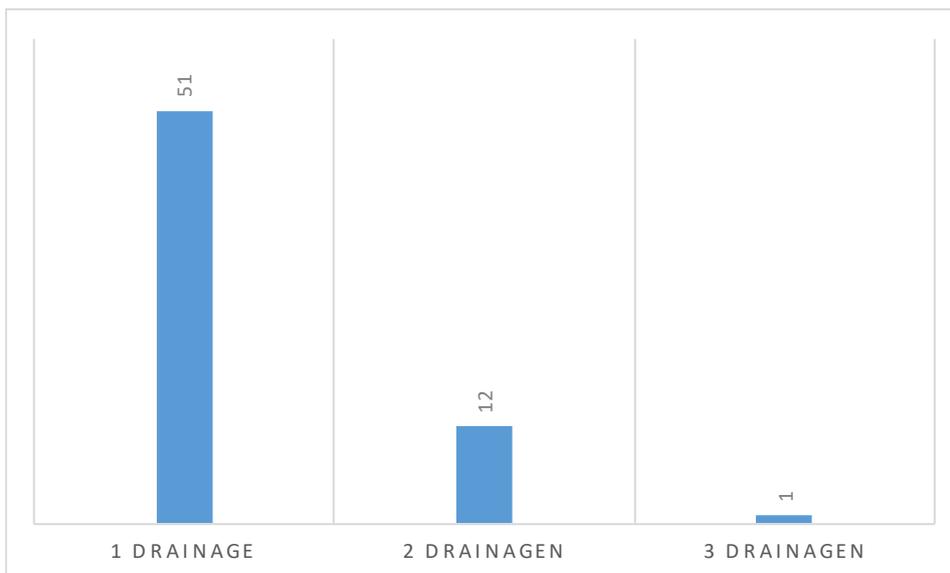


Abbildung 29: Verteilung der Anzahl der Drainagenanlagen pro Intervention (51 Patienten mit einer Drainagenanlage, 12 Patienten mit 2 Drainagenanlagen, ein Patient mit drei Drainagenanlagen).

Alle Drainagenanlagen bis auf eine erfolgten in Direkttechnik (98,4%). Diese wurde mittels Seldingertechnik eingelegt.

Der am häufigsten verwendete Drainagendurchmesser war 8F (N=30, 46,2%). Fast gleich häufig wurden Drainagen mit einem Durchmesser von 10F verwendet (N=29, 44,6%). Fünfmal war der Durchmesser 12F und in einem Fall 7,5F (siehe Abbildung 30). Für drei Drainagen lagen keine Angaben vor.

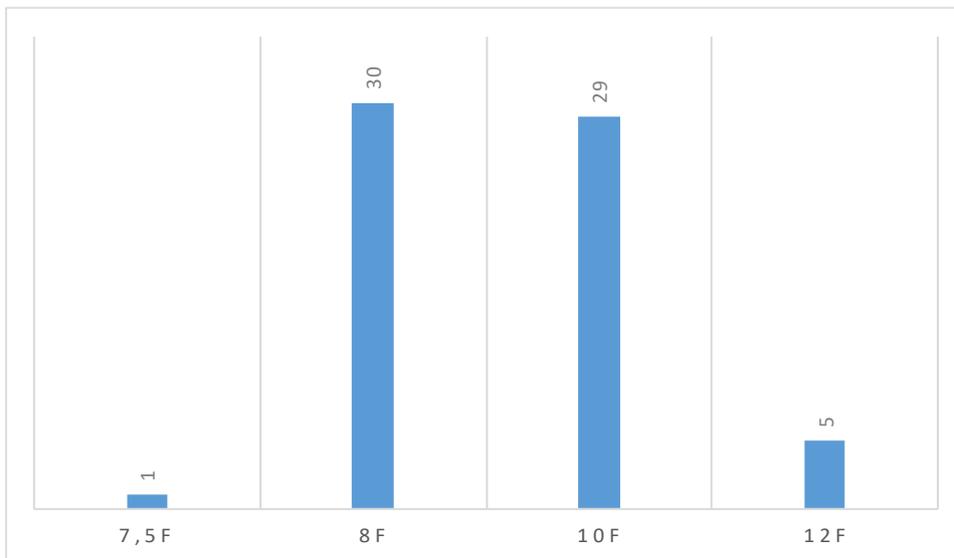


Abbildung 30: Verteilung der Drainagendurchmesser in French (Gesamtzahl von 65 Drainagen bei 61 Interventionen bei 36 Patienten).

Ein Patient erhielt eine 14F Van Sonnenberg-Doppellumendrainage.

Bei 28 Interventionen wurden die Drainagen direkt in den Flüssigkeitsverhalt eingeführt, 29 wurden transhepatisch. Bei 7 Interventionen lagen keine Informationen über den Drainagendurchmesser vor.

Die Liegedauer der Drainagen konnte in 64,1% der Fälle ermittelt werden (N=41). Die mittlere Liegedauer betrug 16,9 ($\pm 20,0$) Tage, der Median war sieben Tage. Die kürzeste Liegedauer betrug zwei Tage, die längste 88 Tage (siehe Abbildung 31).

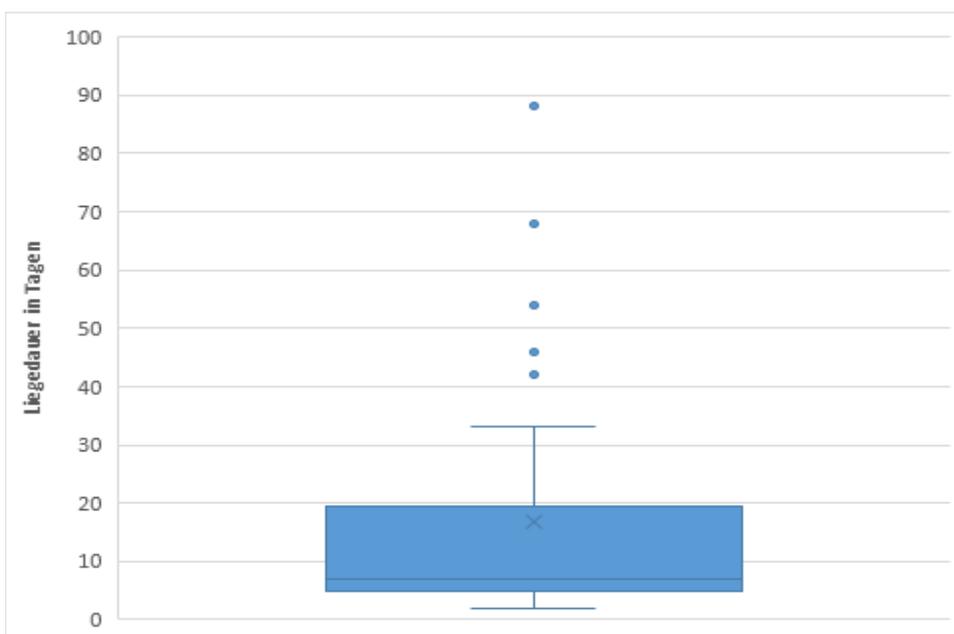


Abbildung 31: Box-Plot der Liegedauer der Drainagen (N=41). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.

3.2.5. Komplikationsrate

Bei 90,6% aller Interventionen ereigneten sich keinerlei Komplikationen. Im Folgenden sind die Komplikationen aufgelistet:

Minor Komplikationen (N=3, 4,7%):

- Drei Pneumothoraces (nicht behandlungsbedürftig)

Major Komplikationen (N=3, 4,7%):

- Blutung an der Biliomwand (daraufhin Aspiration des Hämatoms)
- Verletzung der Arteria mammaria (Manifestation bei Zug, operative Versorgung erforderlich)
- Beim gleichen Patienten Verletzung eines Mesenterialgefäßes (operative Versorgung am gleichen Tag)

3.2.6. Periinterventionelle Morbidität

Die periinterventionelle Morbidität betrug 21,9% (N=14) in einem Zeitintervall von 30 Tagen (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Periinterventionelle Morbidität.

Ereignis	Anzahl Patienten (N)
Dislokation	6
Sepsis	5
Cholangitis	2
Sepsis und Dislokation	1
Gesamtergebnis	14

3.2.7. Klinisches Outcome

Fünf Patienten verstarben innerhalb von 60 Tagen nach Intervention und wurden von der Analyse des klinischen Outcomes ausgeschlossen. Im Folgenden sind die Todesursachen dargestellt:

- Schweres Multiorganversagen bei abdomineller Infektion mit multiresistenten Keimen, medikamentöser Immunsuppression, erworbener Immuninkompetenz und rezidivierenden Darmleckagen. Der Patient verstarb drei Tage nach Intervention. (Alter: 62, Geschlecht: männlich)
- Septisches Multiorganversagen mit Infektion durch *Pseudomonas aeruginosa* und *Candida albicans*. Der Patient wurde dreimal innerhalb von 26 Tagen drainiert und verstarb sechs Tage nach der letzten Intervention. (Alter: 45, Geschlecht: männlich)
- Septisches Multiorganversagen mit multiresistenten Keimen (*Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecium*, *Candida glabrata*) mit der Leber als Infektionsherd. Sechsmalige Drainagenanlage innerhalb eines halben Jahres. Der Patient verstarb einen Tag nach der letzten Drainagenanlage. (Alter: 62, Geschlecht: männlich)
- Progredientes zirkulatorisches Versagen und Sepsis. Der Patient entwickelte nach der Lebertransplantation eine Anastomoseninsuffizienz. Zudem wurde ein Biliom zweimal CT-gesteuert punktiert. Beide Male wurde ein Gefäß verletzt, sodass es zu transfusionspflichtigen Blutungen kam, die jeweils operativ revidiert werden mussten. (Alter: 47, Geschlecht: männlich)
- Progredientes Multiorganversagen mit multiplen intraabdominellen Abszessen und nekrotisierender Pankreatitis. Der Patient verstarb sieben Tage nach zweimaliger CT-gesteuerter Drainagenanlage. (Alter: 58, Geschlecht: männlich)

Anzahl Interventionen:

24 Patienten bekamen nach der Lebertransplantation mit einem Abstand der Interventionen von höchstens 60 Tagen eine Drainagenanlage, neun Patienten zwei. Jeweils ein Patient unterzog sich drei-, vier- beziehungsweise sechsmal einer Intervention. Im Durchschnitt waren es 1,5 ($\pm 1,0$) Interventionen pro Patient. Zweimal trat ein Rezidiv auf (siehe Kapitel 3.1.6). In vier Fällen stellten sich die Patienten mit einem neuen Verhalt in der Klinik vor. In Abbildung 32 ist die Verteilung der Anzahl an Interventionen pro Patient dargestellt.

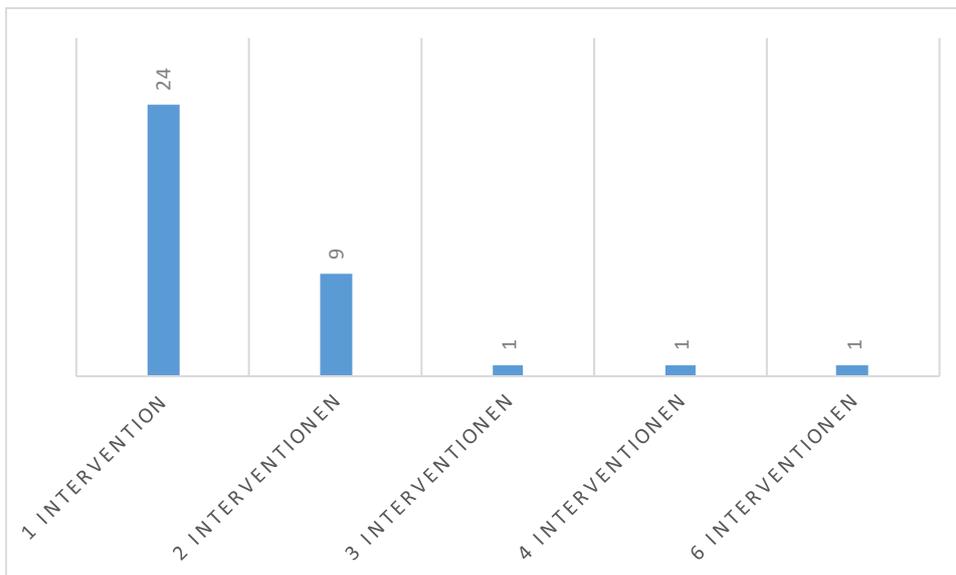


Abbildung 32: Anzahl Interventionen pro Lebertransplantation mit einem Abstand der Interventionen von höchstens 60 Tagen (N=36).

Operative Revision:

Drei Patienten (10%) mussten innerhalb von 60 Tagen operativ revidiert werden. Ein weiterer Patient bekam zweimal eine operative Revision aufgrund von intrainterventionellen Komplikationen (siehe Kapitel 3.2.5).

Bei einem Patienten erfolgte zwei Tage später unabhängig von der Flüssigkeitskollektion eine operative Revision aufgrund einer spontanen Darmperforation.

Labor:

Insgesamt wurden sechs Patienten ausgeschlossen, darunter waren fünf Patienten, die innerhalb von 60 Tagen nach der Intervention starben und ein Patient, welcher keine erfolgreich eingebrachte Drainage hatte.

Das CRP besserte sich in 90% (27 von 30 Patienten). Dabei betrug der Zeitraum bis zur Verbesserung im Mittel 17,9 ($\pm 8,6$) Tage. Das Bilirubin besserte sich bei präinterventioneller Erhöhung in 15 von 23 Fällen (65,2%) innerhalb von 15,2 ($\pm 8,9$) Tagen, die Leukozyten in 11 von 48 Fällen (22,9%) und benötigten im Mittel 11,09 ($\pm 7,1$) Tage (siehe Abbildungen 33 bis 35).

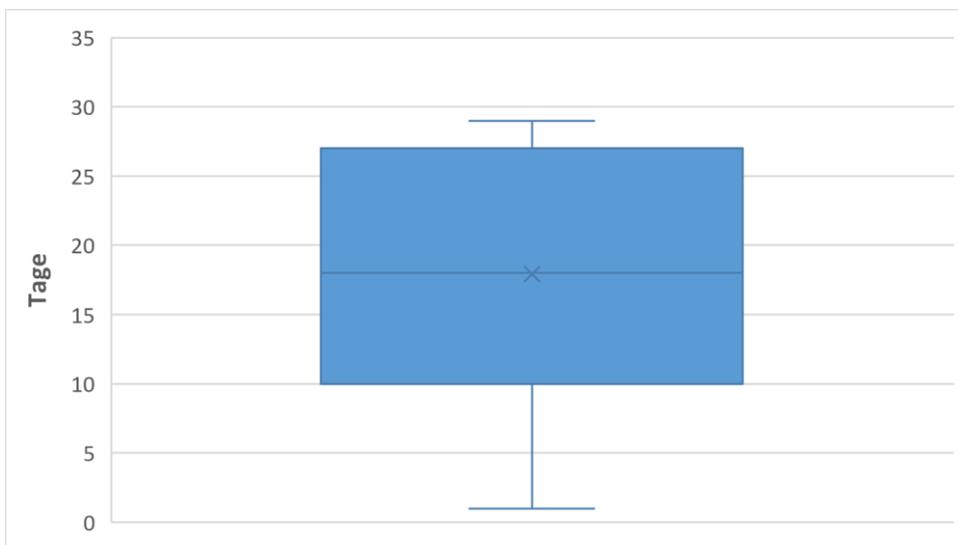


Abbildung 33: Box-Plot der Dauer der postinterventionellen Besserung der CRP-Werte nach Drainagenanlage in Tagen (N=27). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.

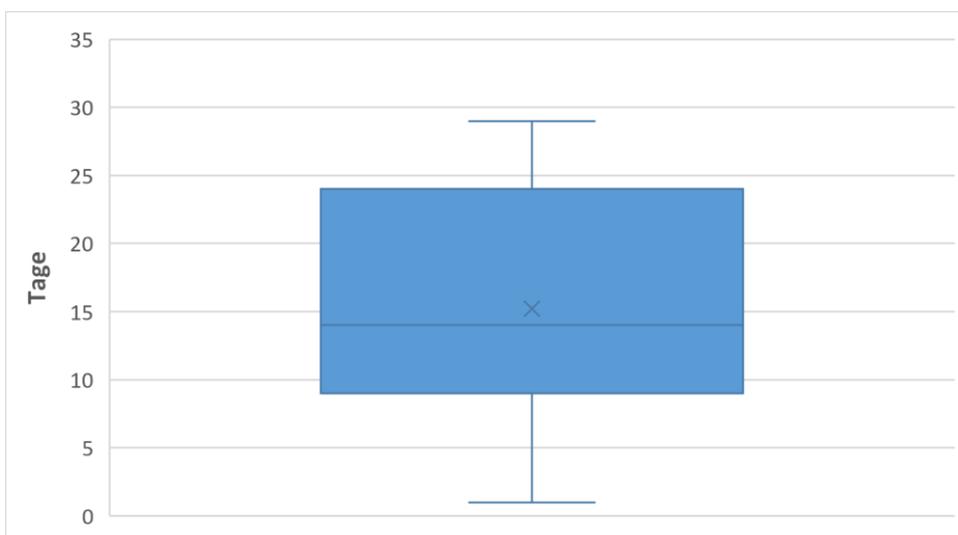


Abbildung 34: Box-Plot der Dauer der postinterventionellen Besserung der Gesamtbilirubin-Werte nach Drainagenanlage in Tagen (N=15). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.

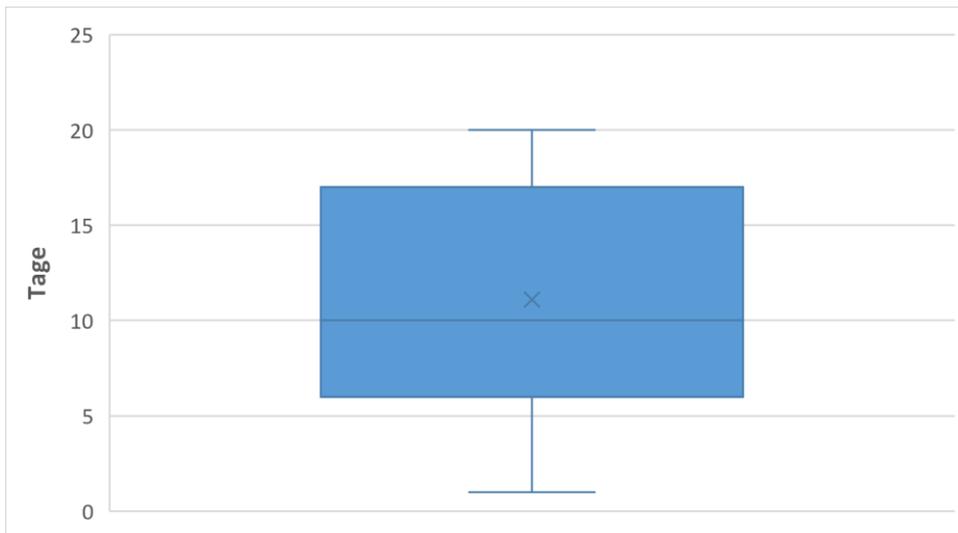


Abbildung 35: Box-Plot der Dauer der postinterventionellen Besserung der Leukozytenanzahl nach Drainagenanlage in Tagen (N=11). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.

Gesamt:

Klinischer Erfolg lag bei 83,3% der Patienten (25 von insgesamt 30 Patienten) vor, das heißt, die Patienten benötigten keine operative Revision und der CRP-Wert fiel um mindestens 50% ab bzw. normalisierte sich.

Klinisches Outcome – Anzahl Drainagen:

Die Anzahl der erforderlichen Drainagen wurde auf einen Zusammenhang mit dem klinischen Outcome hin getestet. Es zeigte sich eine signifikante Abweichung ($p=0,01$) bei besserem Outcome, je weniger Drainagen eingebracht wurden (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Vergleich des klinischen Outcomes mit der Anzahl der erforderlichen Drainagen.

	klinisches Outcome	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Anzahl Drainagen insgesamt	nicht erfolgreich	5	2,40	1,140	,510
	erfolgreich	25	1,40	,645	,129

3.2.8. Bildgebung

Drei Patienten mit insgesamt 7 Interventionen mussten aufgrund von fehlenden CT-Bildern in der PACS-Archivierung von der Analyse ausgeschlossen werden.

Bei 16 Patienten waren die Verhalte randständig kontrastmittelaufnehmend. In 14 Fällen befanden sich Lufteinschlüsse im Verhalt.

Der durchschnittliche Durchmesser der Verhalte betrug 9,7 ($\pm 5,2$) cm. Der kleinste Verhalt war 2,7 cm groß, der größte 27,5 cm, bei einem Median von 8,4 cm. Die Verteilung der Durchmesser ist in Abbildung 36 dargestellt.

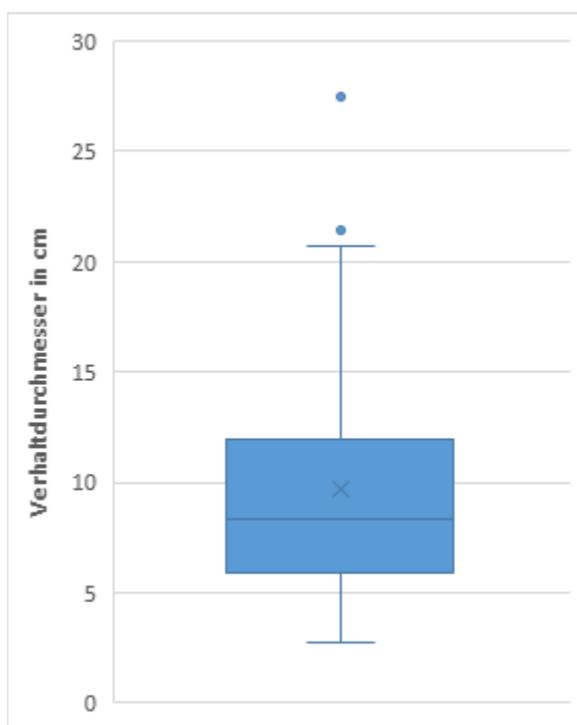


Abbildung 36: Box-Plot der Durchmesser der Flüssigkeitsverhalte (N Verhalte=64). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.

3.2.9. Strahlendosis

Da bei 19 Interventionen das Dosisprotokoll fehlte, mussten diese aus der Analyse ausgeschlossen werden.

Im Mittel betrug das DLP des präinterventionellen Planungs-CTs 374,1 ($\pm 236,6$) mGy*cm, der intrainerventionellen CT-Akquisitionen 84,4 ($\pm 112,9$) mGy*cm und des postinterventionellen Kontroll-CTs 279,3 ($\pm 211,4$) mGy*cm. Der DLP-Mittelwert betrug 737,8 ($\pm 448,1$) mGy*cm.

Abbildung 37 zeigt den Vergleich der DLP-Werte der Zeiträume 2005 – 2009 und 2010 – 2015. Bei der intrainerventionellen Strahlenbelastung war eine signifikante Reduktion um 75,8% ($p < 0,001$) zu beobachten.

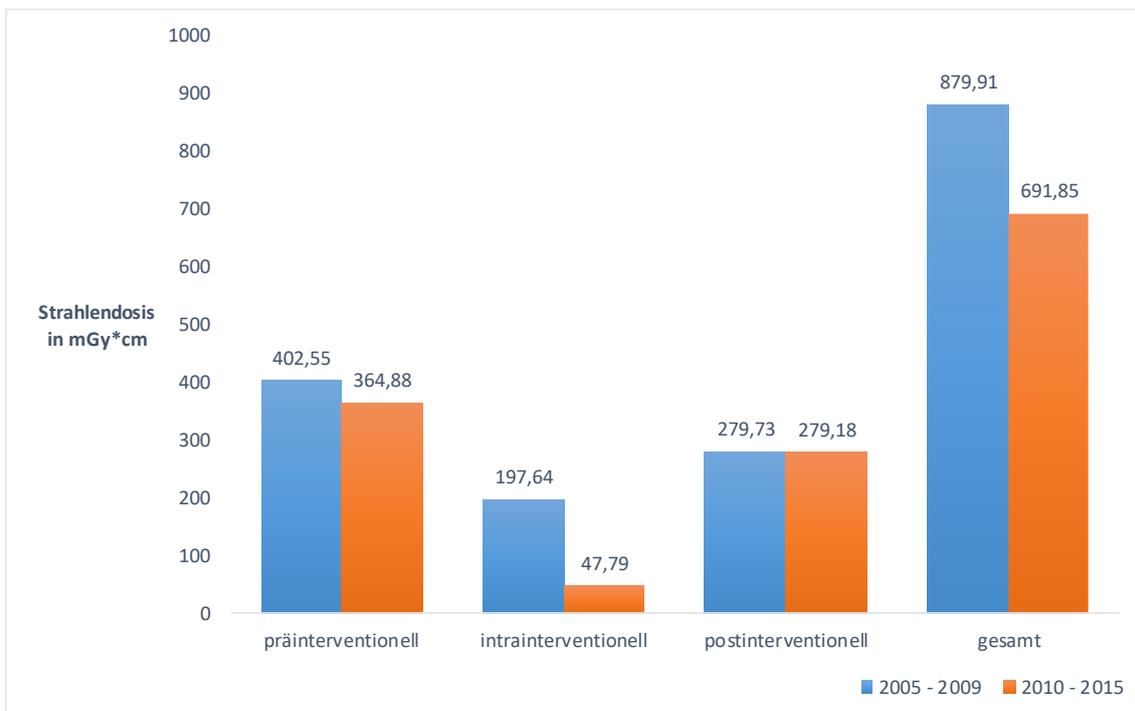


Abbildung 37: Strahlendosis der behandelten Patienten ($N=27$, N Interventionen= 45) durch die CT-gesteuerte Intervention im Vergleich der Zeiträume 2004 – 2009 (blau) und 2010 – 2015 (rot).

3.2.10. Mikrobiologie

Die Ergebnisse des bei der CT-gesteuerten Drainagenanlage gewonnenen Aspirats lagen von 34 (94,4%) mikrobiologischen Untersuchungen vor. Davon waren 23 (67,7%) positiv und elf (32,4%) negativ. Am häufigsten nachzuweisen waren Pilze der Gattung *Candida* (56,5%). Danach folgten Infektionen mit Enterokokken (47,8%), Staphylokokken (30,4%) und *Escherichia coli* (26,1%). Zweimal ließ sich *Pseudomonas aeruginosa* nachweisen, einmal davon war dieser multiresistent gegen verschiedene Antibiotikagruppen (MRGN). Ein isolierter *Escherichia coli* war ESBL-bildend, ein *Enterococcus faecium* gegen Vancomycin resistent (VRE).

Die genaue Verteilung ist in Abbildung 38 und Tabelle 9 dargestellt.

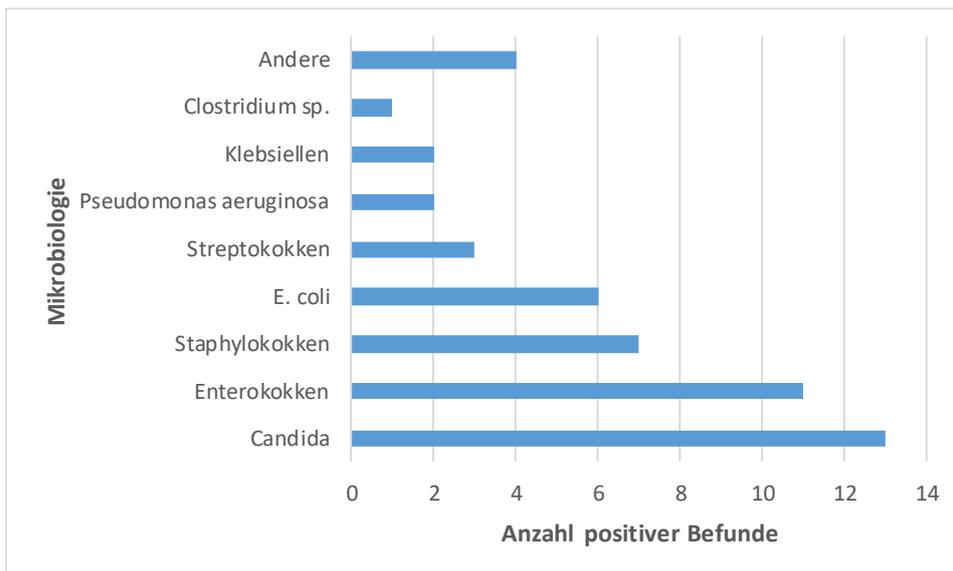


Abbildung 38: Anzahl positiver Befunde verschiedener Erreger, die aus den Flüssigkeitskollektionen isoliert werden konnten.

Tabelle 9: Anzahl positiver Befunde verschiedener Erreger mit Unterscheidung der Arten.

Erreger	Anzahl positiver Befunde
Candida	
Candida albicans	9
Candida bracarensis	1
Candida glabrata	2
Candida tropicalis	1
Enterokokken	
E. faecalis	2
E. faecium	10
Staphylokokken	
7	
Escherichia coli	
6	
Streptokokken	
3	
Pseudomonas aeruginosa	
2	
Klebsiellen	
Klebsiella oxytoca	1
Klebsiella pneumoniae	1
Clostridium sp.	
1	
Andere	
Lactobacillus sp.	1
Actinomyces species	1
Prevotella sp.	1
Rothia mucilaginosa	1
Stenotrophomonas maltophilia	1

4. Diskussion

In dieser Studie wurde die CT-Fluoroskopie gesteuerte Drainagenanlage im Hinblick auf das technische und klinische Outcome sowie die Komplikationsrate bei einem großen Kollektiv von insgesamt 181 Patienten mit symptomatischen abdominellen Flüssigkeitsverhalten nach Leberresektion und Lebertransplantation untersucht. Besonders hervorzuheben ist der relativ hohe Anteil an Patienten nach Lebertransplantation in Bezug auf die (relativ zur Leberresektion) geringere Häufigkeit dieses Operationsverfahrens.

Es konnte ein hoher technischer Erfolg der CT-Fluoroskopie gesteuerten Drainagenanlage festgestellt werden mit technischen Misserfolgen in nur drei Fällen bei Patienten nach Leberresektion (LR) sowie in zwei Fällen bei Patienten nach Lebertransplantation (LTX). Insgesamt ergab sich eine technische Erfolgsrate von 98,2% (LR) beziehungsweise 96,9% (LTX). Es zeigte sich ein klinischer Erfolg bei 72,0% (LR) und 83,3% (LTX) der Patienten. Bis zur Normalisierung des CRP oder dessen Rückgang um mindestens 50% dauerte es im Schnitt zwei bis drei Wochen, genauso lange war die durchschnittliche Liegedauer. Die Komplikationsraten waren gering (LR: 4,1%, LTX: 9,4%), wobei die behandlungsbedürftigen Major Komplikationen 2,3% (LR) und 4,7% (LTX) ausmachten. 13,6% (LR) und 10,0% (LTX) der Patienten benötigten nach der Drainagenanlage eine operative Revision.

Die Vergleichbarkeit dieser Studie mit anderen Publikationen ist besonders durch drei Faktoren limitiert:

- Drainagenanlagen bei Leberabszessen wurden in bisherigen Arbeiten meistens nicht anhand der bildgebenden Technik unterteilt, das heißt, die Ergebnisse von CT-, CT-Fluoroskopie- und Ultraschallsteuerung wurden meist zusammen bewertet (20, 21, 70, 72, 73, 79-85).
- Die Studien, die speziell die CT-Fluoroskopie gesteuerte Drainagenanlage untersuchten, beschäftigen sich auch mit anderen anatomischen Lokalisationen wie zum Beispiel Verhalten in der Pankreasloge oder im gesamten Abdomen (82-91). Als Unterkategorie der Flüssigkeitsverhalte fallen zudem in der Literatur die Biliome größtenteils weg.

- Als Flüssigkeitsverhalte wurden meist Abszesse untersucht (20, 21, 70, 72, 73, 79, 81, 90, 92) (wobei man die Diagnose „Abszess“ ohne Analyse des Aspirats nicht sicherstellen kann).

Dabei war die Anzahl der Patienten, die eine perkutane Drainagenanlage bekamen, in den vorliegenden Publikationen häufig klein ($N < 50$), und es handelte sich nicht um Kollektive speziell nach einem operativen Eingriff an der Leber, wie es bei dieser Studie der Fall ist.

Als Alternative zur interventionellen Behandlung von Flüssigkeitskollektionen ist vor allem die Möglichkeit zur operativen Drainagenanlage zu nennen. Diese ist jedoch mit einer höheren Mortalität assoziiert (93). Bei Patienten mit hohem perioperativem Risiko sowie gut perkutan zu erreichenden Flüssigkeitskollektionen sollte also primär die interventionelle Drainagenanlage in Betracht gezogen werden.

4.1. CT-Fluoroskopie gesteuerte Drainagenanlage

4.1.1. Technisches Outcome und Komplikationsrate

CT-Fluoroskopie gesteuerte Drainagenanlagen konnten unabhängig von der Lokalisation schon in früheren Studien einen hohen technischen Erfolg erzielen.

Fünf repräsentative Arbeiten, welche alle die CT-Fluoroskopie gesteuerte Drainagenanlage untersuchten, verzeichneten eine technische Erfolgsrate von 100% (82, 86, 88, 90, 91). Zwei der Autorengruppen, Silverman et al. und Spies et al., konnten bei Einsatz der sequentiellen CT ebenfalls einen hohen technischen Erfolg (97% und 100%) erzielen. In einer Studie von Daly et al. wurde bei drei von insgesamt 59 Patienten keine erfolgreiche Flüssigkeitsaspiration bzw. Drainagenanlage erreicht, wodurch die Erfolgsrate 95% betrug (89). Die Patientenzahl war jedoch in allen Publikationen sehr gering (zwischen 20 und 143 Patienten) (siehe auch Tabelle 10).

Diese hohen technischen Erfolgsraten der CT-Fluoroskopie gesteuerten Drainagenanlage konnten in unserer Studie mit annähernd gleich hohen Werten bestätigt werden. Ein Erfolg von 100% ist hingegen in einem universitären Setting mit höheren Fallzahlen und komplexeren Fällen, wie wir sie untersuchten (LR: 170 Interventionen, LTX: 64 Interventionen), unwahrscheinlich.

Komplikationsraten konnten in nur vier der Studien ausgemacht werden und schwankten zwischen 1,7% und 14,3%. Bei den Studien von Daly et al. und Takaki et al. trat bei jeweils einem Patienten ein Endotoxinschock auf und bedingte eine Komplikationsrate von 1,7% beziehungsweise 5%. Der Grund für die Komplikationsrate von 2,8% von Kato et al. war ein Hämatom, Silverman et al. verzeichneten drei Hämatome bei 21 Interventionen.

Silverman et al. und Spies et al., die beide die CT-Fluoroskopie mit der sequentiellen CT-Steuerung verglichen (retrospektiv und prospektiv), fanden außerdem heraus, dass sich die beiden Methoden in der Interventionszeit nicht unterscheiden. Bei der CT-Fluoroskopie konnte jedoch von Silverman et al. im Vergleich zur sequentiellen CT eine höhere Strahlenbelastung festgestellt werden ($p < 0,001$). Bei drei Patienten, die eine Biopsie unter sequentieller CT bekommen sollten, musste in derselben Studie aufgrund von fehlender Kooperation seitens des Patienten allerdings auf CT-Fluoroskopie gewechselt werden.

Unsere Ergebnisse lagen bzgl. der Komplikationsrate im Mittelfeld (LR: 4,1%, LTX: 9,4%). Sechs der 13 Komplikationen waren Minor Komplikationen und demnach nicht behandlungsbedürftig. Da Pneumothoraces mehr als die Hälfte der Zwischenfälle ausmachten, scheint es empfehlenswert, dass der Radiologe sich mit dieser Komplikation auskennt und sie zu behandeln weiß.

Tabelle 10: Ergebnisse verschiedener Studien für den technischen Erfolg der CTFD sowie für die Komplikationsrate. Fehlende Werte wurden mit „-“ eingetragen, CTFD = CT-Fluoroskopie gesteuerte Drainagenanlage.

Autor	Patienten (N)	davon CTFD (N)	technischer Erfolg	Komplikationsrate
Daly et al. (89)	97	59	95%	1,7%
Kato et al. (82)	32	32	100%	2,8%
Silverman et al. (91)	143	21	100%	14,3%
Soyer et al. (88)	99	64	100%	-
Spies et al. (90)	78	17	100%	-
Takaki et al. (86)	20	20	100%	5,0%

4.1.2. Morbidität und klinisches Outcome

Der Vergleich mit der Literatur erwies sich für die Evaluation der Morbidität und des klinischen Outcomes als schwierig, da oft unterschiedliche Kriterien zugrunde gelegt wurden. Nur bei Studien, die die Gründe der Morbidität genau auflisteten, konnte ein Vergleich angestellt werden. Zum Vergleich des klinischen Outcomes wurde die Rate an operativen Revisionen herangezogen.

Die Morbiditätsraten in früheren Publikationen betragen, wie in Tabelle 11 dargestellt, zwischen 2,5% und 25,9% (20, 21, 67, 70, 72, 73, 79-81, 83-85, 87, 89, 92, 94, 95). Die Ursachen waren überwiegend eine Sepsis (48% der Ursachen) und Drainagendislokation (42% der Ursachen). Des Weiteren trat in einem Fall eine Peritonitis auf (84), in einem Fall ein Pleuraerguss und Empyem (73) sowie in einem weiteren Fall eine Cholangitis (72). Die von uns ermittelten Morbiditätsraten liegen im oberen Feld (22,4% und 21,9%). Man kann also feststellen, dass die Morbiditätsrate bei Patienten mit Leberresektion und Lebertransplantation höher ausfällt. Besonders bei der Entstehung einer Sepsis muss mit beachtet werden, dass die Ursache bei diesen Patienten nicht zwangsläufig die Drainagenanlage war. Beispielsweise können hier die Schwächung des Abwehrsystems der Leber durch die Operation sowie ein allgemein geschwächtes Immunsystem des Patienten aufgrund anderer Erkrankungen wie Diabetes mellitus eine Rolle spielen.

Außerdem besteht bei operativen Eingriffen wie der Leberresektion immer das Risiko einer Keimverschleppung, besonders in das Gallengangssystem, wodurch es ebenfalls zur Sepsis kommen kann (70). Dislokationen als zweithäufigste Ursache der Morbidität müssen bei einer unzureichenden Drainage der Flüssigkeitskollektion aufgrund der relativen Häufigkeit immer in Betracht gezogen werden.

Die Evaluation des klinischen Outcomes und insbesondere die Frage, ob eine Drainagenanlage einen erneuten operativen Eingriff verhindern kann, ist von großem klinischen Interesse. Die Angaben zu nötigen operativen Revisionen schwanken in den Literaturangaben sehr stark (0-33,3%), jedoch häufen sich die Werte im Bereich zwischen 10 und 20%. Einige Autoren beschränkten sich auf Leberabszessdrainagen (20, 21, 70, 72, 73, 80, 81, 94, 95), andere untersuchten sämtliche Flüssigkeitskollektionen, allerdings mit Lokalisation im Abdomen und Becken (89) oder am Pankreas (85, 87). Die Art der Bildsteuerung war meistens der Ultraschall oder die sequentielle CT. Unsere Werte liegen mit 16,8% (LR) beziehungsweise 10% (LTX) im Mittelfeld, obwohl man bei einem vergleichbaren Patientenkollektiv, ähnlich wie bei der Morbiditätsrate, höhere Werte erwarten könnte. Die Laborwerte (CRP, Leukozyten, Bilirubin) fielen im Schnitt nach zwei Wochen ab. Das Bilirubin bei Patienten nach Lebertransplantation benötigte am längsten, um sich zu normalisieren.

Eine Studie, die sich mit unserer vergleichen lässt, wurde von Lo et al. (67) durchgeführt. Die Autoren untersuchten 347 Patienten, die eine Leberteilektomie bekamen, auf biliäre Komplikationen, und fanden eine Inzidenz von 8,1%. Neun Patienten bekamen eine perkutane Drainagenanlage, die bildgebende Technik war leider nicht angegeben. Eine operative Revision nach der Drainagenanlage musste bei drei der neun Patienten durchgeführt werden (33,3%). Deutlicher Nachteil der Publikation ist das sehr kleine Patientenkollektiv in Bezug auf die Drainagenanlage.

Bei Patienten nach Lebertransplantation lässt sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl der benötigten Drainagen und dem klinischen Outcome nachweisen ($p = 0,01$). Demnach ist das klinische Outcome eines Patienten umso besser, je weniger Drainagenanlagen dieser benötigt. Dieses Ergebnis lässt sich nachvollziehen, da gerade Patienten mit weniger schwerwiegenden Verhaltenshäufig von nur einer Drainage klinisch profitieren. Bei Patienten nach Leberresektion bestand in unserer Studie allerdings kein solcher Zusammenhang.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Drainagenanlagen effektiv operative Revisionen nach Leberresektion und Lebertransplantation verhindern können. Dabei sind alle drei Arten der Bildsteuerung (Ultraschall, sequentielle CT, CT-Fluoroskopie) geeignet. Nach größeren Eingriffen wie der erweiterten Hemihepatektomie unterscheidet sich das klinische Outcome nicht signifikant von dem nach kleineren Operationen. Somit ist auch hier die Drainagenanlage eine geeignete Methode.

Tabelle 11: Ergebnisse verschiedener Studien für die Morbiditätsrate sowie für die Rate an operativen Revisionen. Fehlende Werte wurden mit „-“ eingetragen, PD = perkutane Drainagenanlage.

Autor	Patienten (N)	davon PD (N)	Morbiditätsrate	operative Revision
Ahmed et al. (79)	40	39	5,1%	2,6%
Barakate et al. (20)	98	79	-	19,0%
Chou et al. (80)	483	200	-	8,0%
Cronin et al. (87)	51	57	-	5,9%
Daly et al. (89)	119	34	-	14,7%
Dulku et al. (81)	42	20	15,0%	10,0%
Liao et al. (94)	175	175	-	18,3%
Lo et al. (67)	347	9	-	33,3%
Mezhir et al. (21)	58	58	-	9,0%
Pearce et al. (70)	42	21	19,1%	0,0%
Rahimian et al. (95)	79	44	-	6,8%
Risse et al. (83)	42	47	8,5%	-
Shahnazi et al. (84)	41	41	2,5%	-
Sohn et al. (85)	1061	84	-	13,1%
Tan et al. (73)	80	36	16,7%	19,4%
Thomas et al. (92)	33	27	25,9%	-
Yu et al. (72)	64	32	12,5%	3,1%

4.1.3. Strahlendosis

Unsere Ergebnisse zeigten eine signifikante Reduktion der Strahlenbelastung ($p < 0,001$ für die CT-Fluoroskopie) im zeitlichen Verlauf des untersuchten Studienzeitraums von 2004-2015. In der zweiten Hälfte des Studienzeitraums war das intrainerventionelle DLP um 70,9% (LR) beziehungsweise 75,8% (LTX) geringer als in der ersten Hälfte. Das liegt zum einen an der verbesserten Technik (s. Kapitel 1.1.1.), und zum anderen an der stetig gewachsenen Erfahrung der Radiologen, welche einen effizienten Einsatz der CT-Fluoroskopie in Quick-Check-(Einzelschuss-) Technik weitgehend ohne Notwendigkeit der kontinuierlichen CT-Fluoroskopie sowie eine schnellere Durchführung der Intervention ermöglicht (41, 96).

Als Referenzwert für eine diagnostische CT des oberen Abdomens pro Scanserie bei einem Erwachsenen gibt die Röntgenverordnung des Bundesamts für Strahlenschutz (Stand: 22. Juni 2016) 360 mGy*cm an (97). Die von uns ermittelten Mittelwerte von 103,64 mGy*cm und 84,42 mGy*cm für die CT-Fluoroskopie liegen unter diesem Grenzwert und sind vergleichbar mit einer CT der Lunge. Umgerechnet in die effektive Strahlendosis (1,7 mSv für ein DLP von 100 mGy*cm einer Abdomen-CT) liegt der Wert auch unter der Strahlendosis von 2,1 mSv, der man in Deutschland im Schnitt pro Jahr natürlicherweise ausgesetzt ist (Bundesamt für Strahlenschutz, Stand 09.06.2020 (98)).

Unsere Ergebnisse decken sich mit denen von Kloeckner et al. (6), die 335 abdominelle Drainagenanlagen untersuchten. Der Mittelwert des intrainterventionellen DLP betrug 108 mGy*cm und der Gesamtwert war nur geringfügig höher als der Wert in unserer Studie (siehe Tabelle 12). Joemai et al. (99) erfassten das DLP von 62 Biopsien und Drainagen unterschiedlicher Lokalisation, Kim et al. (42) das DLP von 72 Lungenbiopsien. Bei beiden Studien lag das intrainterventionelle DLP deutlich höher (305 mGy*cm und 384 mGy*cm), obwohl die Radiologen in der Studie von Kim et al. alle vier bis neun Jahre Erfahrung aufweisen konnten. Allerdings ist bei diesen beiden Publikationen die Vergleichbarkeit dadurch eingeschränkt, dass teilweise Biopsien und keine Drainagenanlagen beurteilt wurden. Außerdem wurden die Aufnahmen bei Kim et al. mit einem Röhrenstrom-Zeit-Produkt von 30 mAs angefertigt, in unserem Setting ist ein Röhrenstrom-Zeit-Produkt von 10-20 mAs Standard.

*Tabelle 12: Ergebnisse verschiedener Studien für die Strahlenbelastung (DLP, Einheit: mGy*cm) präinterventionell, intrainterventionell und postinterventionell. Fehlende Werte wurden mit „-“ eingetragen.*

Autor	Jahr	DLP präint.	DLP intraint.	DLP postint.	DLP prä- und postint.	DLP gesamt
unsere Studie (LR)	2021	356,4	103,6	227,7	584,1	686,3
unsere Studie (LTX)	2021	374,1	84,4	279,3	653,4	737,8
Joemai et al. (99)	2009	375	305	-	-	-
Kim et al. (42)	2010	-	384	-	-	-
Kloeckner et al. (6)	2013	-	108	-	694	802

Der direkte Vergleich der Strahlenbelastung mit anderen Studien ist erschwert, da sich CT-Scanner, die Höhe des verwendeten Röhrenstroms, Dauer der Intervention sowie die Durchleuchtungszeit, Verfahrensweise (kontinuierliche Bildakquisition oder Einzelbilder) sowie die Erfahrung des Radiologen unterscheiden. So weichen die Werte von Joemai et al. und Kim et al. deutlich von denen von Kloeckner et al. sowie den unseren ab. Wir konnten im Vergleich im Schnitt eine geringe Strahlenbelastung des

Patienten durch die Intervention nachweisen, die weit unter dem Referenzwert für eine diagnostische Abdomen CT liegt. Zu beachten sind allerdings die im Vergleich zur Intervention höheren Strahlenbelastungen der präinterventionellen Planungs-CT und postinterventionellen Kontroll-CT.

4.1.4. Mikrobiologie

Obwohl die CRP-Werte in 95,4% (LR) und 97,2% (LTX) vor der jeweiligen Intervention erhöht waren, gab es nur in 67,9% beziehungsweise 67,7% einen positiven mikrobiologischen Befund. Das legt nahe, dass die Patienten häufig aus anderen Gründen hohe Entzündungswerte besaßen (zum Beispiel postoperativ, bei Hepatitis etc.) und ein erhöhter CRP-Wert in vielen Fällen nicht bedeutete, dass der Verhalt infiziert war. Der Anteil an infizierten Verhalten deckt sich mit den Ergebnissen einer Studie zur Drainage von Verhalten des Pankreas von Liu et al. (64,9%, (100)).

Auffällig in unserer Studie war die hohe Kontamination mit Pilzen der Gattung *Candida* (LR: 30%, LTX: 38%). In der Literatur über Leberabszesse gibt es über die *Candida*-Besiedlung nur selten Angaben. In einer Studie von Mezhir et al. waren es nur 19% und bei Dulku et al. 20% (21, 81). Eine Ursache dieser Diskrepanz kann sein, dass *Candida* häufig nicht der infektiösauslösende Keim ist, da er nur fakultativ pathogen ist und damit nicht in der Literatur aufgelistet wird. Bei uns war er meistens entweder in Abszessen zusammen mit anderen Keimen nachzuweisen oder in Verhalten, die nicht als Abszess klassifiziert werden konnten. Eine weitere Ursache könnte die Tatsache sein, dass unsere Patienten ein krankheitsbedingt stark geschwächtes Immunsystem besaßen und damit anfälliger für Pilzinfektionen waren.

Die Infektion mit *Haemophilus influenzae* war eine Mischinfektion zusammen mit fünf anderen Bakterien. Dieser Erreger sitzt normalerweise an den Schleimhäuten, ein Nachweis in der Leber ist selten. Betroffene Patienten haben meistens prädisponierende Faktoren wie eine Immunschwäche (101). Diese kann auch durch einen Eingriff an der Leber verursacht sein, wie ihn unsere Patienten bekamen.

Enterococcus faecalis und *faecium* waren bei uns die Keime, die am häufigsten nachzuweisen waren, diese sind physiologischerweise im menschlichen Darm lokalisiert (102). Durch operative Eingriffe können diese beiden Keime jedoch verschleppt werden

und als fakultativ pathogene Erreger eine Infektion verursachen. Staphylokokken, die bei uns zweithäufigste Bakterienart, befinden sich normalerweise auf der Haut und im Darm und können durch Kontamination in die Leber gelangen.

Die Art der isolierten Bakterien ist zudem zeit- und ortsabhängig. Huang et al. (10) stellten in einem Vergleich von Leberabszessen der Zeiträume 1952-1972 und 1973-1993 fest, dass Infektionen mit *Candida* sp. häufiger wurden ($p < 0,05$) und es eine Abnahme von *E. coli* ($p < .05$) sowie eine Zunahme von Klebsiellen, Streptokokken ($p < .05$) und *Pseudomonas* ($p < .05$) gab. Die Autoren vermuten als Grund eine Zunahme des Antibiotikaeinsatzes sowie einen gestiegenen Einsatz von Langzeitkathetern und biliären Stents.

Bei Studien aus asiatischen Ländern zeigte sich eine hohe Prävalenz (78-87%) von Klebsiellen (72, 73, 103, 104) im Gegensatz zu *E. coli* und Enterokokken in westlichen Ländern (16, 20, 21, 70, 81, 105). In einer Studie aus den USA von Rahimian et al. (95) wurde als häufigster pathogener Keim ebenfalls *Klebsiella* isoliert, allerdings war dieser hauptsächlich bei asiatischen Patienten zu finden.

4.2. Limitationen

Da die Daten unserer Studie retrospektiv unter Betrachtung eines 10-Jahres-Zeitraums aus den klinischen EDV-Systemen und klinischen Papierakten erhoben wurden, waren diese teilweise unvollständig. Bei manchen Patienten fehlten wichtige Angaben wie Arztbriefe, Blutwerte oder Angaben zur Liegedauer, sodass diese Patienten aus der Auswertung ausgeschlossen werden mussten. Bei der Evaluation der periinterventionellen Morbidität war es (im Sinne einer möglichen multifaktoriellen Analyse) durch das retrospektive Studiendesign und durch die Multimorbidität der Patienten nicht möglich, nur Ereignisse zu erfassen, die speziell auf die Drainagenanlage oder auf einen unzureichend drainierten Abszess zurückzuführen waren. Die Rate besonders an neu aufgetretenen septischen Verläufen ist somit nur eine Beschreibung des Patientenzustandes und kann nicht zur Bewertung der CT-Fluoroskopie gesteuerten Drainagenanlage selbst herangezogen werden. Das klinische Follow-Up wurde durch Verlegungen und vorzeitige Entlassungen einiger weniger Patienten erschwert oder war zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht mehr möglich.

5. Zusammenfassung

Nach Leberresektionen und Lebertransplantationen können Flüssigkeitskollektionen an der Leber entstehen, welche eine Drainage erfordern. Die Behandlung durch eine CT-Fluoroskopie gesteuerte Drainagenanlage dieser beiden Kollektive wurde bisher noch unzureichend hinsichtlich ihrer Erfolgsquote untersucht. Ziel dieser Studie war daher die Evaluation des technischen und klinischen Outcomes sowie der Komplikationsrate bei Patienten, welche nach Leberresektion bzw. Lebertransplantation eine CT-gesteuerte Drainagenanlage von postoperativen Flüssigkeitskollektionen erhalten haben.

Hierfür wurden retrospektiv 128 Patienten nach Leberresektion bzw. 36 Patienten nach Lebertransplantation und anschließender CT-Fluoroskopie gesteuerter Drainagenanlage im Zeitraum von 2004-2015 in die Studie eingeschlossen. Die Daten wurden durch Heranziehen von Arztbriefen, Operationsberichten, radiologischen und mikrobiologischen Befunden, Laborwerten und CT-Aufnahmen retrospektiv ermittelt. Der technische Erfolg wurde definiert als primär erfolgreiches Einbringen einer Drainage mit anschließender Aspiration. Der klinische Erfolg wurde definiert als ein Rückgang des CRP um mindestens 50% beziehungsweise dessen Normalisierung innerhalb von 30 Tagen, und das zusätzliche Ausbleiben einer operativen Revision nach der Intervention. Zusätzlich wurden die intrainerventionelle Strahlenbelastung und die mikrobiologischen Ergebnisse des Aspirats untersucht.

Die Ergebnisse zeigten, dass die CT-Fluoroskopie gesteuerte Drainagenanlage nach Leberresektion und Lebertransplantation eine geeignete Methode ist, um symptomatische Flüssigkeitsverhalte abzuleiten und eine erneute Operation zu vermeiden. Die technische Erfolgsrate lag bei Patienten nach Leberresektionen bei 98,2%, bei Patienten nach Lebertransplantationen bei 96,9%. Die klinische Erfolgsrate lag bei 72,0% (LR) bzw. 83,3% (LTX). 13,6% (LR) und 10,0% (LTX) der Patienten benötigten nach der Drainagenanlage eine operative Revision. Das Ausmaß der Leberresektion war dabei in unserer Studie für das klinische Outcome nicht entscheidend. Peri- bzw. postinterventionelle Komplikationen wie Pneumothoraces oder sekundäre Drainagendislokationen traten in unserer Studie mit einer Rate von 4,1% bei Patienten nach Leberresektion bzw. mit einer Rate von 9,4% bei Patienten nach Lebertransplantation insgesamt selten auf.

Die intrainterventionelle Strahlenbelastung ist in unserem Studienkollektiv in den letzten Jahren signifikant kleiner geworden (um 70,9% bzw. 75,8%), was am ehesten durch die wachsende Erfahrung des durchführenden Radiologen sowie durch den effizienten Einsatz der CT-Fluoroskopie in Quick-Check-(Einzelschuss-) Technik begründet ist (41, 96). Um die Strahlendosis gering zu halten, empfiehlt sich die Verwendung dieser Methode anstelle einer kontinuierlichen Durchleuchtung.

In der mikrobiologischen Untersuchung des Aspirats der untersuchten Drainagenanlagen lag bei 67,9% bzw. 67,7% ein positiver Befund vor. Am häufigsten konnten Enterokokken (42,1% bzw. 47,8%) und Staphylokokken (30,3% bzw. 30,4%) sowie Pilze der Gattung *Candida* (30,3% bzw. 56,5%) isoliert werden.

Frühere Studien untersuchten vorwiegend interventionelle Drainagenanlagen sowohl unabhängig von der bildgebenden Methode (20, 21, 70, 72, 73, 79-85) als auch der genauen Lokalisation der Verhalte (82-91), was die Vergleichbarkeit unserer Studie limitiert. Die technische Erfolgsrate schwankte in früheren Publikationen zwischen 94% und 100% (82, 86, 88-91), eine operative Revision war in 0-33,3% notwendig (20, 21, 70, 72, 73, 80, 81, 85, 87, 89, 94, 95). Unsere technischen und klinischen Ergebnisse bestätigen somit frühere Untersuchungen.

Die von uns gemessene intrainterventionelle Dosisexposition durch die CT-Fluoroskopie alleine lag mit 103,6 mGy*cm bzw. 84,4 mGy*cm unter dem Referenzwert für eine diagnostische CT des Abdomens von 360 mGy*cm (97).

Prinzipiell steht als Alternative für die Sanierung postoperativer Flüssigkeitskollektionen neben einer Drainagenanlage unter Steuerung durch alternative bildgebende Verfahren wie die sequentielle CT oder den Ultraschall die offene Operation zur Verfügung. Besonders bei Patienten mit einem hohen perioperativen Risiko sollte die minimal-invasive CT-Fluoroskopie gesteuerte Drainagenanlage jedoch bevorzugt zum Einsatz kommen, da das Verfahren sich – wie durch unsere Daten bestätigt – durch eine hohe technische Erfolgsrate, geringe Komplikationsrate und eine geringe postinterventionelle Morbidität und Mortalität auszeichnet (93).

6. Literaturverzeichnis

1. Katada K, Anno H, Takeshita G, Ogura Y, Koga S, Ida Y, et al. [Development of real-time CT fluoroscopy]. *Nihon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi*. 1994;54(12):1172-4.
2. Bale R, Widmann G. Navigated CT-guided interventions. Minimally invasive therapy & allied technologies : MITAT : official journal of the Society for Minimally Invasive Therapy. 2007;16(4):196-204.
3. Robert B, Yzet T, Regimbeau JM. Radiologic drainage of post-operative collections and abscesses. *Journal of visceral surgery*. 2013;150(3 Suppl):S11-8.
4. Trumm CG, Pahl A, Helmberger TK, Jakobs TF, Zech CJ, Stahl R, et al. CT fluoroscopy-guided percutaneous vertebroplasty in spinal malignancy: technical results, PMMA leakages, and complications in 202 patients. *Skeletal radiology*. 2012;41(11):1391-400.
5. Strobl FF, Schwarz JB, Haeussler SM, Paprottka PM, Rist C, Thierfelder KM, et al. Percutaneous CT fluoroscopy-guided core biopsy of pancreatic lesions: technical and clinical outcome of 104 procedures during a 10-year period. *Acta radiologica (Stockholm, Sweden : 1987)*. 2016;284185116678274.
6. Kloeckner R, dos Santos DP, Schneider J, Kara L, Dueber C, Pitton MB. Radiation exposure in CT-guided interventions. *European journal of radiology*. 2013;82(12):2253-7.
7. Eckert P. Drainagen und Drainagetechniken in der operativen Medizin: Indikationen, Technik, Material: J.F. Bergmann-Verlag; 2013.
8. Wunddrainagen – Im Zweifel bitte nicht! *Z Orthop Unfall*. 2010;148(06):624-6.
9. Men S, Akhan O, Koroglu M. Percutaneous drainage of abdominal abscess. *European journal of radiology*. 2002;43(3):204-18.
10. Huang CJ, Pitt HA, Lipsett PA, Osterman FA, Jr., Lillemoe KD, Cameron JL, et al. Pyogenic hepatic abscess. Changing trends over 42 years. *Annals of surgery*. 1996;223(5):600-7; discussion 7-9.
11. Mahnken AH, Wilhelm K, Rieke J. CT- and MR-Guided Interventions in Radiology. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2013.
12. Andersson R, Forsberg L, Hederstrom E, Hochbergs P, Bengmark S. Percutaneous management of pyogenic hepatic abscesses. *HPB surgery : a world journal of hepatic, pancreatic and biliary surgery*. 1990;2(3):185-8.
13. Mandel SR, Boyd D, Jaques PF, Mandell V, Staab EV. Drainage of hepatic, intraabdominal, and mediastinal abscesses guided by computerized axial tomography. Successful alternative to open drainage. *American journal of surgery*. 1983;145(1):120-5.
14. Levin DC, Eschelmann D, Parker L, Rao VM. Trends in Use of Percutaneous Versus Open Surgical Drainage of Abdominal Abscesses. *Journal of the American College of Radiology : JACR*. 2015;12(12 Pt A):1247-50.
15. Avella DM, Toth JW, Reed MF, Gusani NJ, Kimchi ET, Mahraj RP, et al. Pleural space infections after image-guided percutaneous drainage of infected intraabdominal fluid collections: a retrospective single institution analysis. *BMC surgery*. 2015;15:42.
16. Alvarez Pérez JA, González JJ, Baldonado RF, Sanz L, Carreño G, Junco A, et al. Clinical course, treatment, and multivariate analysis of risk factors for pyogenic liver abscess. *American journal of surgery*. 2001;181(2):177-86.
17. Ferraioli G, Garlaschelli A, Zanaboni D, Gulizia R, Brunetti E, Tinozzi FP, et al. Percutaneous and surgical treatment of pyogenic liver abscesses: observation over a 21-year period in 148 patients. *Digestive and Liver Disease: Official Journal of the Italian Society of Gastroenterology and the Italian Association for the Study of the Liver*. 2008;40(8):690-6.
18. Miedema BW, Dineen P. The diagnosis and treatment of pyogenic liver abscesses. *Annals of surgery*. 1984;200(3):328-35.

19. Hope WW, Vrochides DV, Newcomb WL, Mayo-Smith WW, Iannitti DA. Optimal treatment of hepatic abscess. *The American surgeon*. 2008;74(2):178-82.
20. Barakate MS, Stephen MS, Waugh RC, Gallagher PJ, Solomon MJ, Storey DW, et al. Pyogenic liver abscess: a review of 10 years' experience in management. *The Australian and New Zealand journal of surgery*. 1999;69(3):205-9.
21. Mezhir JJ, Fong Y, Jacks LM, Getrajdman GI, Brody LA, Covey AM, et al. Current management of pyogenic liver abscess: surgery is now second-line treatment. *Journal of the American College of Surgeons*. 2010;210(6):975-83.
22. Hounsfield GN. Nobel Award address. *Computed medical imaging. Medical physics*. 1980;7(4):283-90.
23. Cormack AM. Early two-dimensional reconstruction and recent topics stemming from it. *Science (New York, NY)*. 1980;209(4464):1482-6.
24. Beckmann EC. CT scanning the early days. *The British journal of radiology*. 2006;79(937):5-8.
25. Reiser M. *Multislice CT*. Berlin ; London: Springer; 2001.
26. Rubin GD. *Computed tomography: revolutionizing the practice of medicine for 40 years*. *Radiology*. 2014;273(2 Suppl):S45-74.
27. Kopp AF, Heuschmid M, Claussen CD. Multidetector helical CT of the liver for tumor detection and characterization. *European radiology*. 2002;12(4):745-52.
28. Kopka L, Rogalla P, Hamm B. [Multislice CT of the abdomen--current indications and future trends]. *Rofo*. 2002;174(3):273-82.
29. Wiesner W. [CT - diagnosis and differential diagnosis of inflammatory acute intestinal conditions]. *Praxis*. 2011;100(17):1033-9.
30. Schramm P. [CT diagnosis in acute cerebral ischemia]. *Der Radiologe*. 2005;45(5):420, 2-9.
31. Rubin GD, Leipsic J, Joseph Schoepf U, Fleischmann D, Napel S. CT angiography after 20 years: a transformation in cardiovascular disease characterization continues to advance. *Radiology*. 2014;271(3):633-52.
32. Wechsler RJ, Schweitzer ME, Karasick D, Deely DM, Glaser JB. Helical CT of talar fractures. *Skeletal radiology*. 1997;26(3):137-42.
33. Daftary A, Haims AH, Baumgaertner MR. Fractures of the calcaneus: a review with emphasis on CT. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc*. 2005;25(5):1215-26.
34. Davies J, Chalmers AG, Sue-Ling HM, May J, Miller GV, Martin IG, et al. Spiral computed tomography and operative staging of gastric carcinoma: a comparison with histopathological staging. *Gut*. 1997;41(3):314-9.
35. Diaz ML, Villanueva A, Herraiz MJ, Noguera JJ, Alonso-Burgos A, Bastarrika G, et al. Computed tomographic appearance of chest ports and catheters: a pictorial review for noninterventional radiologists. *Current problems in diagnostic radiology*. 2009;38(3):99-110.
36. Zeman RK, Fox SH, Silverman PM, Davros WJ, Carter LM, Griego D, et al. Helical (spiral) CT of the abdomen. *AJR Am J Roentgenol*. 1993;160(4):719-25.
37. Mueller PR, vanSonnenberg E, Ferrucci JT, Jr. Percutaneous drainage of 250 abdominal abscesses and fluid collections. Part II: Current procedural concepts. *Radiology*. 1984;151(2):343-7.
38. Haaga JR. Interventional CT: 30 years' experience. *European radiology*. 2005;15 Suppl 4:D116-20.
39. Prosch H, Stadler A, Schilling M, Burklin S, Eisenhuber E, Schober E, et al. CT fluoroscopy-guided vs. multislice CT biopsy mode-guided lung biopsies: accuracy, complications and radiation dose. *European journal of radiology*. 2012;81(5):1029-33.
40. Paprottka PM, Helmberger T, Reiser MF, Trumm CG. [Computed tomography guidance: fluoroscopy and more]. *Der Radiologe*. 2013;53(11):974-85.

41. Paulson EK, Sheafor DH, Enterline DS, McAdams HP, Yoshizumi TT. CT fluoroscopy--guided interventional procedures: techniques and radiation dose to radiologists. *Radiology*. 2001;220(1):161-7.
42. Kim GR, Hur J, Lee SM, Lee HJ, Hong YJ, Nam JE, et al. CT fluoroscopy-guided lung biopsy versus conventional CT-guided lung biopsy: a prospective controlled study to assess radiation doses and diagnostic performance. *European radiology*. 2011;21(2):232-9.
43. Clavien PA SM, Fong Y, Georgiev P. *Atlas of upper gastrointestinal and hepato-pancreato-biliary surgery*: Springer Berlin Heidelberg; 2007.
44. Jarnagin WR, Gonen M, Fong Y, DeMatteo RP, Ben-Porat L, Little S, et al. Improvement in perioperative outcome after hepatic resection: analysis of 1,803 consecutive cases over the past decade. *Annals of surgery*. 2002;236(4):397-406; discussion -7.
45. Poon RT, Fan ST, Lo CM, Liu CL, Lam CM, Yuen WK, et al. Improving perioperative outcome expands the role of hepatectomy in management of benign and malignant hepatobiliary diseases: analysis of 1222 consecutive patients from a prospective database. *Annals of surgery*. 2004;240(4):698-708; discussion -10.
46. Zimmitti G, Roses RE, Andreou A, Shindoh J, Curley SA, Aloia TA, et al. Greater complexity of liver surgery is not associated with an increased incidence of liver-related complications except for bile leak: an experience with 2,628 consecutive resections. *Journal of gastrointestinal surgery : official journal of the Society for Surgery of the Alimentary Tract*. 2013;17(1):57-64; discussion p.-5.
47. Imamura H, Seyama Y, Kokudo N, Maema A, Sugawara Y, Sano K, et al. One thousand fifty-six hepatectomies without mortality in 8 years. *Archives of surgery (Chicago, Ill : 1960)*. 2003;138(11):1198-206; discussion 206.
48. Kingham TP, Correa-Gallego C, D'Angelica MI, Gonen M, DeMatteo RP, Fong Y, et al. Hepatic parenchymal preservation surgery: decreasing morbidity and mortality rates in 4,152 resections for malignancy. *Journal of the American College of Surgeons*. 2015;220(4):471-9.
49. Bhattacharjya S, Puleston J, Davidson BR, Dooley JS. Outcome of early endoscopic biliary drainage in the management of bile leaks after hepatic resection. *Gastrointest Endosc*. 2003;57(4):526-30.
50. Brustia R, Fleres F, Tamby E, Rhaïem R, Piardi T, Kianmanesh R, et al. Postoperative collections after liver surgery: Risk factors and impact on long-term outcomes. *Journal of visceral surgery*. 2019.
51. Copelan A, George D, Kapoor B, Nghiem HV, Lorenz JM, Eryl B, et al. Iatrogenic-related transplant injuries: the role of the interventional radiologist. *Seminars in interventional radiology*. 2015;32(2):133-55.
52. Cheng YF, Chen YS, Huang TL, de Villa V, Chen TY, Lee TY, et al. Interventional radiologic procedures in liver transplantation. *Transpl Int*. 2001;14(4):223-9.
53. Halliday KE, Frazer CK, Ormonde D, Bell R, House AK, Reed WD. Intra-abdominal fluid collections after liver transplantation. *Australas Radiol*. 1997;41(2):93-8.
54. Fan ST, Lo CM, Liu CL, Lam CM, Yuen WK, Yeung C, et al. Hepatectomy for hepatocellular carcinoma: toward zero hospital deaths. *Annals of surgery*. 1999;229(3):322-30.
55. Newhook TE, LaPar DJ, Lindberg JM, Bauer TW, Adams RB, Zaydfudim VM. Morbidity and mortality of hepatectomy for benign liver tumors. *American journal of surgery*. 2016;211(1):102-8.
56. Sato M, Tateishi R, Yasunaga H, Horiguchi H, Yoshida H, Matsuda S, et al. Mortality and morbidity of hepatectomy, radiofrequency ablation, and embolization for hepatocellular carcinoma: a national survey of 54,145 patients. *Journal of gastroenterology*. 2012;47(10):1125-33.
57. Reed DN, Jr., Vitale GC, Wrightson WR, Edwards M, McMasters K. Decreasing mortality of bile leaks after elective hepatic surgery. *American journal of surgery*. 2003;185(4):316-8.
58. Tsao JI, Loftus JP, Nagorney DM, Adson MA, Ilstrup DM. Trends in morbidity and mortality of hepatic resection for malignancy. A matched comparative analysis. *Annals of surgery*. 1994;220(2):199-205.

59. Lam CM, Lo CM, Liu CL, Fan ST. Biliary complications during liver resection. *World journal of surgery*. 2001;25(10):1273-6.
60. Kasper HU, Drebber U, Dries V, Dienes HP. [Liver metastases: incidence and histogenesis]. *Zeitschrift fur Gastroenterologie*. 2005;43(10):1149-57.
61. Konstantinidis IT, Mastrodomenico P, Sofocleous CT, Brown KT, Getrajdman GI, Gönen M, et al. Symptomatic Perihepatic Fluid Collections After Hepatic Resection in the Modern Era. *J Gastrointest Surg*. 2016;20(4):748-56.
62. Kornasiewicz O, Hołowko W, Grąt M, Gorski Z, Dudek K, Raszeja-Wyszomirska J, et al. Hepatic abscess: a rare complication after liver transplant. *Clinical transplantation*. 2016.
63. Waage P. DSO Jahresbericht Organspende und Transplantation in Deutschland 2019. Frankfurt/Main: Deutsche Stiftung Organtransplantation; 2020.
64. Hoffmann K, Unsinn M, Hinz U, Weiss KH, Waldburger N, Longerich T, et al. Outcome after a liver resection of benign lesions. *HPB : the official journal of the International Hepato Pancreato Biliary Association*. 2015;17(11):994-1000.
65. Yamashita Y, Hamatsu T, Rikimaru T, Tanaka S, Shirabe K, Shimada M, et al. Bile leakage after hepatic resection. *Annals of surgery*. 2001;233(1):45-50.
66. Tanaka S, Hirohashi K, Tanaka H, Shuto T, Lee SH, Kubo S, et al. Incidence and management of bile leakage after hepatic resection for malignant hepatic tumors. *Journal of the American College of Surgeons*. 2002;195(4):484-9.
67. Lo CM, Fan ST, Liu CL, Lai EC, Wong J. Biliary complications after hepatic resection: risk factors, management, and outcome. *Archives of surgery (Chicago, Ill : 1960)*. 1998;133(2):156-61.
68. Safdar N, Said A, Lucey MR, Knechtle SJ, D'Alessandro A, Musat A, et al. Infected bilomas in liver transplant recipients: clinical features, optimal management, and risk factors for mortality. *Clin Infect Dis*. 2004;39(4):517-25.
69. Yanaga K, Kanematsu T, Takenaka K, Sugimachi K. Intraoperative septic complications after hepatectomy. *Annals of surgery*. 1986;203(2):148-52.
70. Pearce NW, Knight R, Irving H, Menon K, Prasad KR, Pollard SG, et al. Non-operative management of pyogenic liver abscess. *HPB: the official journal of the International Hepato Pancreato Biliary Association*. 2003;5(2):91-5.
71. vanSonnenberg E, Wittich GR, Goodacre BW, Casola G, D'Agostino HB. Percutaneous abscess drainage: update. *World journal of surgery*. 2001;25(3):362-9; discussion 70-2.
72. Yu SCH, Ho SSM, Lau WY, Yeung DTK, Yuen EHY, Lee PSF, et al. Treatment of pyogenic liver abscess: prospective randomized comparison of catheter drainage and needle aspiration. *Hepatology (Baltimore, Md)*. 2004;39(4):932-8.
73. Tan Y-M, Chung AY-F, Chow PK-H, Cheow P-C, Wong W-K, Ooi LL, et al. An appraisal of surgical and percutaneous drainage for pyogenic liver abscesses larger than 5 cm. *Annals of surgery*. 2005;241(3):485-90.
74. Daly B, Templeton PA. Real-time CT fluoroscopy: evolution of an interventional tool. *Radiology*. 1999;211(2):309-15.
75. Wang D. Image Guidance Technologies for Interventional Pain Procedures: Ultrasound, Fluoroscopy, and CT. *Curr Pain Headache Rep*. 2018;22(1):6.
76. Carlson SK, Bender CE, Classic KL, Zink FE, Quam JP, Ward EM, et al. Benefits and safety of CT fluoroscopy in interventional radiologic procedures. *Radiology*. 2001;219(2):515-20.
77. Wallace MJ, Chin KW, Fletcher TB, Bakal CW, Cardella JF, Grassi CJ, et al. Quality improvement guidelines for percutaneous drainage/aspiration of abscess and fluid collections. *Journal of vascular and interventional radiology : JVIR*. 2010;21(4):431-5.
78. Gnannt R, Fischer MA, Baechler T, Clavien PA, Karlo C, Seifert B, et al. Distinguishing infected from noninfected abdominal fluid collections after surgery: an imaging, clinical, and laboratory-based scoring system. *Investigative radiology*. 2015;50(1):17-23.
79. Ahmed S, Chia CLK, Junnarkar SP, Woon W, Shelat VG. Percutaneous drainage for giant pyogenic liver abscess--is it safe and sufficient? *American journal of surgery*. 2016;211(1):95-101.

80. Chou FF, Sheen-Chen SM, Chen YS, Chen MC. Single and multiple pyogenic liver abscesses: clinical course, etiology, and results of treatment. *World journal of surgery.* 1997;21(4):384-8; discussion 8-9.
81. Dulku G, Mohan G, Samuelson S, Ferguson J, Tibballs J. Percutaneous aspiration versus catheter drainage of liver abscess: A retrospective review. *The Australasian medical journal.* 2015;8(1):7-18.
82. Kato T, Yamagami T, Iida S, Tanaka O, Hirota T, Nishimura T. Percutaneous drainage under real-time computed tomography-fluoroscopy guidance. *Hepato-gastroenterology.* 2005;52(64):1048-52.
83. Risse JH, Keulers P, Günther RW. [CT guided percutaneous drainage of retro- and extraperitoneal abscesses and fluid collection]. *Rofo.* 1998;168(3):281-6.
84. Shahnazi M, Khatami A, Jamzad A, Shohitavi S. Safety and Efficacy of Percutaneous CT-Guided Drainage in the Management of Abdominopelvic Abscess. *Iran J Radiol.* 2014;11(3):e20876.
85. Sohn TA, Yeo CJ, Cameron JL, Geschwind JF, Mitchell SE, Venbrux AC, et al. Pancreaticoduodenectomy: role of interventional radiologists in managing patients and complications. *Journal of gastrointestinal surgery : official journal of the Society for Surgery of the Alimentary Tract.* 2003;7(2):209-19.
86. Takaki H, Yamakado K, Kuriyama N, Nakatsuka A, Sakuma H, Isaji S. Percutaneous drainage of pancreatic fistula following pancreatectomy with CT-fluoroscopic guidance. *Diagnostic and interventional imaging.* 2017;98(1):43-50.
87. Cronin CG, Gervais DA, Castillo CF, Mueller PR, Arellano RS. Interventional radiology in the management of abdominal collections after distal pancreatectomy: a retrospective review. *AJR Am J Roentgenol.* 2011;197(1):241-6.
88. Soyer P, Fargeaudou Y, Boudiaf M, Hamzi L, Rymer R. [Percutaneous abdominopelvic interventional procedures using real-time CT fluoroscopy guidance at 21 mAs: an analysis of 99 consecutive cases]. *Journal de radiologie.* 2008;89(5 Pt 1):565-70.
89. Daly B, Krebs TL, Wong-You-Cheong JJ, Wang SS. Percutaneous abdominal and pelvic interventional procedures using CT fluoroscopy guidance. *AJR Am J Roentgenol.* 1999;173(3):637-44.
90. Spies V, Butz B, Altjohann C, Feuerbach S, Link J. [CT-guided biopsies, drainage and percutaneous gastrostomies: comparison of punctures with and without CT fluoroscopy]. *Rofo.* 2000;172(4):374-80.
91. Silverman SG, Tuncali K, Adams DF, Nawfel RD, Zou KH, Judy PF. CT fluoroscopy-guided abdominal interventions: techniques, results, and radiation exposure. *Radiology.* 1999;212(3):673-81.
92. Thomas J, Turner SR, Nelson RC, Paulson EK. Postprocedure sepsis in imaging-guided percutaneous hepatic abscess drainage: how often does it occur? *AJR Am J Roentgenol.* 2006;186(5):1419-22.
93. Politano AD, Hranjec T, Rosenberger LH, Sawyer RG, Tache Leon CA. Differences in morbidity and mortality with percutaneous versus open surgical drainage of postoperative intra-abdominal infections: a review of 686 cases. *The American surgeon.* 2011;77(7):862-7.
94. Liao W-I, Tsai S-H, Yu C-Y, Huang G-S, Lin Y-Y, Hsu C-W, et al. Pyogenic liver abscess treated by percutaneous catheter drainage: MDCT measurement for treatment outcome. *European journal of radiology.* 2012;81(4):609-15.
95. Rahimian J, Wilson T, Oram V, Holzman RS. Pyogenic liver abscess: recent trends in etiology and mortality. *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America.* 2004;39(11):1654-9.
96. DeSimone AK, Post A, Duszak R, Jr., Duong PT. Radiology Trainee vs Faculty Radiologist Fluoroscopy Time for Imaging-Guided Procedures: A Retrospective Study of 17,966 Reports Over a 5.5-Year Period. *Current problems in diagnostic radiology.* 2018;47(4):233-7.

97. Schegerer AA. Bekanntmachung der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte für diagnostische und interventionelle Röntgenanwendungen. Salzgitter, Deutschland: Bundesamt für Strahlenschutz; 2016 22.06.2016.
98. BfS - Wie hoch ist die natürliche Strahlenbelastung in Deutschland? : Bundesamt für Strahlenschutz; 2020 [updated 09.06.2020, aufgerufen am 27.03.2021. Available from: https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/natuerliche-strahlenbelastung/natuerliche-strahlenbelastung_node.html.
99. Joemai RM, Zweers D, Obermann WR, Geleijns J. Assessment of patient and occupational dose in established and new applications of MDCT fluoroscopy. *AJR Am J Roentgenol.* 2009;192(4):881-6.
100. Liu T, Sun S, Gao H, Gao Y, Xu Q, Liu X, et al. CT-guided percutaneous catheter drainage of pancreatic postoperative collections. *Minimally invasive therapy & allied technologies : MITAT : official journal of the Society for Minimally Invasive Therapy.* 2019:1-6.
101. O'Bryan TA, Whitener CJ, Katzman M, Appelbaum PC. Hepatobiliary infections caused by *Haemophilus* species. *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America.* 1992;15(4):716-9.
102. Hof H. *Medizinische Mikrobiologie* 2019.
103. Chang FY, Chou MY. Comparison of pyogenic liver abscesses caused by *Klebsiella pneumoniae* and non-K. pneumoniae pathogens. *Journal of the Formosan Medical Association = Taiwan yi zhi.* 1995;94(5):232-7.
104. Chan KS, Chen CM, Cheng KC, Hou CC, Lin HJ, Yu WL. Pyogenic liver abscess: a retrospective analysis of 107 patients during a 3-year period. *Japanese journal of infectious diseases.* 2005;58(6):366-8.
105. Pang TCY, Fung T, Samra J, Hugh TJ, Smith RC. Pyogenic liver abscess: an audit of 10 years' experience. *World journal of gastroenterology.* 2011;17(12):1622-30.

7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Resektionsarten modifiziert nach Clavien et al. (43).....	7
Abbildung 2: Computertomograph SOMATOM Definition AS+ der Marke Siemens (Siemens Healthineers, Forchheim, Deutschland) am Klinikum Großhadern.	12
Abbildung 3: Setting einer CT-Fluoroskopie gesteuerten abdominalen Drainagenanlage. Der Patient liegt in Rückenlage auf dem CT-Tisch. Die Einstichstelle wurde desinfiziert und steril abgedeckt. Der Radiologe kann auf den beiden in Sichtweite angebrachten Bildschirmen die per CT-Fluoroskopie erzeugten Bilder (rechter Monitor) sowie die CT-Planungsbilder (linker Monitor) einsehen.	13
Abbildung 4: Im 90°-Winkel zurechtgebogene 10 French Drainage (Resolve NL, Merit Medical Systems, Inc., USA).	14
Abbildung 5: CT-Fluoroskopie gesteuerte Drainagenanlage in axialer Schnittführung. Die Bilder zeigen den schrittweise erfolgenden Vorschub der Drainage und das Einbringen der Drainage in den Verhalt.	14
Abbildung 6: Drei erfolgreich eingebrachte Drainagen mit jeweils einem Dreiwegehahn. Die Drainagen werden im nächsten Schritt angenäht.	15
Abbildung 7: CT Abdomen in venöser Kontrastmittel-Phase auf Höhe der Leber in axialer Schnittführung mit einem Abszess am Resektionsrand mit typischer Kontrastmittelaufnahme im Randbereich und Lufteinschlüssen.	19
Abbildung 8: Flowchart des Patientenkollektivs nach Leberresektion.	22
Abbildung 9: Altersverteilung des Patientenkollektivs der Leberteilresektion (N=128, blau: männlich, rot: weiblich).	23
Abbildung 10: Operationsverfahren (N=128 Patienten mit insgesamt 132 Operationen).	25
Abbildung 11: Box-Plot der Verteilung der CRP-Werte vor der (ersten) Intervention (N=130). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.	26
Abbildung 12: Box-Plot der Verteilung der Gesamtbilirubin-Werte vor der (ersten) Intervention (N=130). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.	27

Abbildung 13: Box-Plot der Verteilung der Leukozyten-Werte vor der (ersten) Intervention (N=130). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.	27
Abbildung 14: Verteilung der Anzahl der Drainagenanlagen pro Intervention (145 Patienten mit einer Drainagenanlage, 24 Patienten mit 2 Drainagenanlagen, ein Patient mit drei Drainagenanlagen).	28
Abbildung 15: Verteilung der Drainagendurchmesser in French (Gesamtzahl = 182 Drainagen).	29
Abbildung 16: Box-Plot der Liegedauer der Drainagen (N=125).	29
Abbildung 17: Anzahl Interventionen pro Leberteilresektion (N=132).	33
Abbildung 18: Box-Plot der Dauer der postinterventionellen Besserung der CRP-Werte nach Drainagenanlage in Tagen (N=85). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.	34
Abbildung 19: Box-Plot der Dauer der postinterventionellen Besserung der Gesamtbilirubin-Werte nach Drainagenanlage in Tagen (N=28). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.	35
Abbildung 20: Box-Plot der Dauer der postinterventionellen Besserung der Leukozytenanzahl nach Drainageanlage in Tagen (N=50). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.	35
Abbildung 21: Box-Plot der Durchmesser der Flüssigkeitsverhalte (N Verhalte=173). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.	37
Abbildung 22: Strahlendosis der behandelten Patienten (N=114, N Interventionen=146) durch die CT-gesteuerte Intervention im Vergleich der Zeiträume 2004 – 2009 (blau) und 2010 – 2015 (rot).	38
Abbildung 23: Anzahl positiver Befunde verschiedener Erreger, die aus den Flüssigkeitskollektionen isoliert werden konnten.	39
Abbildung 24: Flowchart des Patientenkollektivs nach Lebertransplantation.	41
Abbildung 25: Altersverteilung des Patientenkollektivs (N=36, blau: männlich, rot: weiblich)	42
Abbildung 26: Box-Plot der Verteilung der CRP-Werte vor der (ersten) Intervention (N=36). Dargestellte Werte: x=Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.	44

Abbildung 27: Box-Plot der Verteilung der Bilirubin-Werte vor der (ersten) Intervention (N=36). Dargestellte Werte: \bar{x} =Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.	44
Abbildung 28: Box-Plot der Verteilung der Leukozyten-Werte vor der (ersten) Intervention (N=36). Dargestellte Werte: \bar{x} =Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.	45
Abbildung 29: Verteilung der Anzahl der Drainagenanlagen pro Intervention (51 Patienten mit einer Drainagenanlage, 12 Patienten mit 2 Drainagenanlagen, ein Patient mit drei Drainagenanlagen).	46
Abbildung 30: Verteilung der Drainagendurchmesser in French (Gesamtzahl von 65 Drainagen bei 61 Interventionen bei 36 Patienten).	47
Abbildung 31: Box-Plot der Liegedauer der Drainagen (N=41). Dargestellte Werte: \bar{x} =Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.	47
Abbildung 32: Anzahl Interventionen pro Lebertransplantation mit einem Abstand der Interventionen von höchstens 60 Tagen (N=36).	50
Abbildung 33: Box-Plot der Dauer der postinterventionellen Besserung der CRP-Werte nach Drainagenanlage in Tagen (N=27). Dargestellte Werte: \bar{x} =Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.	51
Abbildung 34: Box-Plot der Dauer der postinterventionellen Besserung der Gesamtbilirubin-Werte nach Drainagenanlage in Tagen (N=15). Dargestellte Werte: \bar{x} =Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.	51
Abbildung 35: Box-Plot der Dauer der postinterventionellen Besserung der Leukozytenanzahl nach Drainagenanlage in Tagen (N=11). Dargestellte Werte: \bar{x} =Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.	52
Abbildung 36: Box-Plot der Durchmesser der Flüssigkeitsverhalte (N Verhalte=64). Dargestellte Werte: \bar{x} =Mittelwert, Querstrich im Kasten=Median.	53
Abbildung 37: Strahlendosis der behandelten Patienten (N=27, N Interventionen=45) durch die CT-gesteuerte Intervention im Vergleich der Zeiträume 2004 – 2009 (blau) und 2010 – 2015 (rot).	54
Abbildung 38: Anzahl positiver Befunde verschiedener Erreger, die aus den Flüssigkeitskollektionen isoliert werden konnten.	55

8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Indikationen zur Leberresektion.....	24
Tabelle 2: Periinterventionelle Morbidität.	30
Tabelle 3: Klinisches Outcome in Gegenüberstellung zum Operationsverfahren (N=107 Patienten).....	36
Tabelle 4: Vergleich des klinischen Outcomes mit der Anzahl der erforderlichen Drainagen.....	36
Tabelle 5: Anzahl positiver Befunde verschiedener Erreger mit Unterscheidung der Arten.	40
Tabelle 6: Indikationen zur Lebertransplantation (N=36).....	43
Tabelle 7: Periinterventionelle Morbidität.	48
Tabelle 8: Vergleich des klinischen Outcomes mit der Anzahl der erforderlichen Drainagen.....	52
Tabelle 9: Anzahl positiver Befunde verschiedener Erreger mit Unterscheidung der Arten.	56
Tabelle 10: Ergebnisse verschiedener Studien für den technischen Erfolg der CTFD sowie für die Komplikationsrate. Fehlende Werte wurden mit „-“ eingetragen, CTFD = CT-Fluoroskopie gesteuerte Drainagenanlage.....	60
Tabelle 11: Ergebnisse verschiedener Studien für die Morbiditätsrate sowie für die Rate an operativen Revisionen. Fehlende Werte wurden mit „-“ eingetragen, PD = perkutane Drainagenanlage.	62
Tabelle 12: Ergebnisse verschiedener Studien für die Strahlenbelastung (DLP, Einheit: mGy*cm) präinterventionell, intrainerventionell und postinterventionell. Fehlende Werte wurden mit „-“ eingetragen.....	63

9. Danksagung

Ich möchte mich bei Herrn Prof. Dr. med. Christoph Trumm für seine umfassende Unterstützung und für die Möglichkeit bedanken, unter seiner Aufsicht meine Dissertation durchzuführen. Frau Dr. Stella Winter danke ich für die hervorragende Betreuung und die ständige Bereitschaft, meine Fragen zu beantworten.

Meinen Eltern danke ich für die Unterstützung in allen Lebenslagen und für das Vertrauen, das sie mir entgegenbringen.

10. Eidesstattliche Versicherung

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

Technisches und klinisches Outcome sowie Komplikationsrate der CT-Fluoroskopie gesteuerten Drainagenanlage bei postoperativen Flüssigkeitskollektionen nach Leberresektion und Lebertransplantation

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

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

München, 07.04.2022

Veronika Franziska Greif

Ort, Datum

Unterschrift