# Analyse zur Kosteneffizienz des Einsatzes aktiver Drainagenreinigungsysteme nach herzchirurgischen Eingriffen

## INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Moritz Herzberg

aus Limburg an der Lahn

Gießen 2019

Aus dem Zentrum für Chirurgie,

der Klinik für Herz-, Kinderherz- und Gefäßchirurgie,
unter der Leitung von Prof. Dr. med. Andreas Böning,
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität
Gießen

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Andreas Böning
2. Gutachter: Prof. Dr. Christian Gissel
Tag der Disputation 09.06.2020

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis ..... I

1. Einleitung ..... 1

1.1 Kardiochirurgische Eingriffe mit Herz-Lungen-Maschine ..... 1

1.1.2 Anschluss der Herz-Lungen-Maschine ..... 1

1.1.3 Kardioplegie ..... 2

1.1.4 Perioperatives Management ..... 3

1.1.5 Ende der Operation ..... 3

1.2 Retained Blood Syndrome ..... 4

1.2.1 Pathophysiologie ..... 4

1.2.2 Definition ..... 5

1.2.3 Active Tube Clearance Technology ..... 6

1.3 Abrechnungssystem im deutschen Gesundheitswesen ..... 8

1.3.1 German Diagnosis Related Groups ..... 8

1.3.2 Erlösrechnung ..... 11

1.3.3 Zusatzentgelt ..... 13

1.4 Medizinische und gesundheitsökonomische Bewertung neuer Untersuchungs- und Therapiemethoden ..... 14

1.4.1 Medizinische Bewertung ..... 14

1.4.2 Gesundheitsökonomische Bewertung ..... 15

1.4.3 Ethische Aspekte der kombinierten Bewertung ..... 16

1.5 Fragestellung ..... 18

2. Methoden und Patienten ..... 19

2.1 Datenerhebung ..... 19

2.2 Kosten-Effektivitätsanalyse ..... 22

2.2.1 Ermittlung der Kosten für eine zusätzliche Therapie bei RBS ..... 22

2.2.2 Ermittlung des Gesamterlöses ..... 28
2.2.3 Vergleich von Gesamterlös und Kosten ..... 28
2.3 Verweildauer ..... 31
2.4 Statistik ..... 31
3. Ergebnisse ..... 32
3.1 Kostenkalkulation der Behandlung von RBS ..... 33
3.1.1 Re-Operation ..... 34
3.1.2 Pleurapunktion ..... 35
3.1.3 Perikardpunktion ..... 36
3.1.4 Neu aufgetretenes Vorhofflimmern ..... 37
3.1.5. Behandlung mit zusätzlichem Antibiotikum ..... 38
3.2 Zusätzliche Behandlungskosten durch die Behandlung von RBS im Vergleich zwischen der Gruppen ATC und Kontrolle ..... 40
3.2.1 Zusätzlich entstandene Kosten aufgrund RBS ..... 40
3.2.2 Zusätzlich entstandene Kosten aufgrund RBS – Vergleich der ATC- und Kontrollgruppe ..... 41
3.2.3 Effektivität der ATC Drainagen ..... 43
3.3 Vergleich von Kosten und Krankenhauserlösen ..... 44
3.3.1 Direkter Vergleich von Krankenhauserlösen ..... 44
3.3.2 Vergleich der Verlustindizes zwischen der ATC- und der Kontrollgruppe ..... 46
3.4 Vergleich der Verlustindizes zwischen Patienten mit RBS und Patienten ohne RBS ..... 49
3.5 Auswirkung auf die postoperative Verweildauer ..... 51
4. Diskussion ..... 53
4.1 Grundsätzliche Überlegung zur Kalkulation von Kosten und Erlösen im deutschen Gesundheitswesen ..... 53
4.1.1 Hindernisse ökonomischer Analysen im deutschen Gesundheitswesen ..... 54
4.1.2 Ökonomische Analysen in der Literatur ..... 55

4.2 Einsparung von zusätzlichen Behandlungskosten durch die Verwendung von ATC Drainagen....56
4.2.1 Effizienz von ATC Drainagen....58
4.2.2 Kosteneffizienz von ATC Drainagen....58
4.4.3 Berechnung der idealen Kosten und Effektivität der ATC Drainagen....60
4.3 Auswirkung auf den Krankenhauserlös durch die Verwendung von ATC Drainagen....61
4.3.1 Gesundheitsökonomische Sichtweise zur Reduzierung von Komplikationen in Bezug auf den Krankenhauserlös....62
4.3.2 Verweildauer....63
4.4 Ethische Gesichtspunkte....64
5. Zusammenfassung....66
6. Summary....67
7. Literaturverzeichnis....IV
8. Anhang....IX
Abkürzungsverzeichnis....IX
Abbildungsverzeichnis....XI
Tabellenverzeichnis....XII
Ehrenwörtliche Erklärung....XIII
Danksagung....XIV

# 1. Einleitung

Aortokoronare Bypass-Operationen, Herzklappen-Operationen oder Eingriffe an der thorakalen Aorta sind Prozeduren, die in der Regel mit kardioplegischem Herzstillstand an der Herz-Lungen-Maschine (HLM) durchgeführt werden.

Gemäß den Analysen der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie wurden in Deutschland seit dem Jahr 2007 im Schnitt jährlich 77458 Operationen an der HLM durchgeführt. Im Jahr 2016 wurden 42813 Bypassoperationen, 21877 Herzklappeneingriffe und 7369 Eingriffe an der thorakalen Aorta jeweils mit HLM durchgeführt [1].

Nach kardiochirurgischen Eingriffen mit HLM werden regelhaft Drainagen in den Thorax und in das Perikard eingebracht. Sammelt sich Wundsekret oder Blut im Thorax an, entstehen Komplikationen, die lebensbedrohlich sein können. Es hat sich gezeigt, dass durch eine Retention von Sekret unterschiedliche Komplikationen auftreten, die unter dem Begriff „Retained Blood Syndrome“ (RBS) zusammengefasst werden. Daher ist es wichtig, dass Flüssigkeitsansammlungen suffizient abfließen können.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden herkömmliche Drainagesysteme mit neueren Drainagen hinsichtlich der Kosteneffektivität verglichen. Das Lumen dieser neueren Drainagesysteme soll mit Hilfe einer besonderen Technologie effektiver gesäubert werden können.

## *1.1 Kardiochirurgische Eingriffe mit Herz-Lungen-Maschine*

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Daten von Patienten nach kardiochirurgischem Eingriff mittels medianer Sternotomie analysiert. Die Patienten unterzogen sich einer aortokoronaren Bypass-Operation, Ersatz- oder Rekonstruktion von Herzklappen sowie Eingriffen an der thorakalen Aorta. Alle Eingriffe wurden mit kardioplegischem Herzstillstand an der HLM vorgenommen.

### *1.1.2 Anschluss der Herz-Lungen-Maschine*

Für die kardiochirurgische Eingriffe ist der Einsatz einer HLM notwendig, die während der Operation die Funktion des Herzens und der Lunge übernimmt. Dafür wird sauerstoffarmes, venöses Blut über eine venöse Kanüle abgeleitet, über einen Membranoxygenator oxygeniert und decarboxyliert sowie über eine Pumpe und eine Zuleitung dem arteriellen Gefäßsystem wieder zugeführt.

Nachdem der Zugang meist mittels medianer Sternotomie geschaffen wurde, erfolgt der Anschluss an die HLM: Die Aorta und der rechte Vorhof bzw. die unter Hohlvene werden kanüliert. Für die zentrale venöse Kanüle wird meist eine venöse Zweistufenkanüle eingesetzt. Diese besteht aus zwei Elementen, von denen das erste in der V. Cava inferior und das zweite im rechten Vorhof platziert wird. Bei diesem Vorgehen handelt es sich um eine sogenannte einfache zentralvenöse Kanülierung. Die Voraussetzung für dieses Vorgehen sind Eingriffe, bei denen die rechte Herzhöhle nicht eröffnet wird [2].
Bevor die Kanülen in die Gefäße eingebracht werden können, ist es wichtig, ein volle systemische Antikoagulation für die extrakorporale Zirkulation herzustellen. Dafür wird gemäß den klinikspezifischen Standardverfahrensanweisungen (SOP = „*Standart-Operating-Procedures"*) bevorzugt unfraktioniertes Heparin in der Dosierung 300 bis 400 I.E pro kg Körpergewicht verwendet. Das Vorfüllvolumen der HLM wird dafür ebenfalls mit Heparin (5000 I.E. pro Liter) versetzt. Der Erfolg der medikamentösen Antikoagulation wird mit Hilfe der aktivierten Gerinnungszeit (ACT = „*activated clotting time*") regelmäßig überprüft. Ziel sollte eine ACT von mindestens 400 bis 600 Sekunden für die Zeit an der HLM sein [3].

### *1.1.3 Kardioplegie*

Um einen Eingriff am nichtschlagenden Herzen durchführen zu können, muss dieses zum Stillstand gebracht werden. Um einen Arrest des Herzens zu erreichen, kann grundsätzlich nach unterschiedlichen Techniken vorgegangen werden. Es ist möglich, das Herz mittels elektrisch induziertem Kammerflimmern zum Stillstand zu bringen. Weitere Techniken sind die ischämische Stilllegung und die Kardioplegie, also die medikamentöse Stilllegung des Herzens.
Die Wirkungsweise der kaliumreichen kardioplegen Lösung beruht auf einer Verminderung des Zellstoffwechsels, wodurch eine Erhöhung der Ischämietoleranz des nichtschlagenden Herzens erreicht wird. Durch die Erhöhung der extrazellulären Kaliumkonzentration bleibt die Zellmembran der Myokardzellen dauerhaft polarisiert. Die elektrische sowie mechanische Aktivität des Herzens werden dadurch vollständig unterbrochen. Der Sauerstoffbedarf wird so auf unter 1 ml pro Minute und 100 g Gewebe abgesenkt [2].
Nach dem Erreichen des Sollflusses der extrakorporalen Zirkulation wird die Aorta zunächst quer abgeklemmt. Sodann wird die Kardioplegielösung in die Aortenwurzel infundiert [2].

*1.1.4 Perioperatives Management*

Während der gesamten Operation wird der Patient engmaschig durch ein interdisziplinäres Team bestehend aus Herzchirurgie, Anästhesie und Kardiotechnik betreut.

Von anästhesiologischer Seite werden die Herzfunktion und Klappenmechanik während der gesamten Operation durch einen transösophagealen Ultraschall überwacht. Der Elektrolythaushalt sowie die Gerinnungssituation werden in regelmäßigen Abständen labordiagnostisch bestimmt und nach Absprache mit der Kardiotechnik optimiert. Weiterhin wird für eine ausreichende Narkosetiefe sowie eine suffiziente Kreislauffunktion, die ggf. medikamentös unterstützt werden muss, gesorgt [3].

*1.1.5 Ende der Operation*

Nach dem Ende des eigentlichen Eingriffs werden Thoraxdrainagen in den Pleurahöhlen und der Perikardhöhle platziert. Die dafür in Frage kommenden Positionen dieser Drainagen sind links- bzw. rechtspleural, retrosternal und perikardial. Eine Perikarddrainage sowie eine retrosternale Drainage kommen in unserer Klinik obligatorisch zum Einsatz. An welcher Stelle und wie viele Drainagen darüber hinaus eingelegt werden, entscheidet das Ausmaß der Operation. Pleuradrainagen werden eingelegt, wenn die entsprechende Pleura während der OP eröffnet wurde. Außerdem werden die Sonden eines passageren Herzschrittmachers auf das Myokard genäht.

Bevor das Herz wieder selbstständig schlagen kann, ist es essentiell, auf verschiedene Parameter zu achten. Zunächst ist die Reperfusion des Myokards wichtig. In Abhängigkeit der Dauer der Kardioplegie kann die Reperfusionszeit 10 bis 20 Minuten in Anspruch nehmen, bis das Myokard sich erholt und sich sein Stoffwechsel normalisiert hat [2].

Weiterhin müssen die Herzhöhlen entlüftet werden, bevor das Herz wieder selbstständig auswirft, da es ansonsten zu Luftembolien kommen kann [2,3].

Nach dem Anschließen und Einstellen eines passageren Herzschrittmachers wird unter ständiger echokardiographischer Kontrolle der Auswurfleistung beider Ventrikel der Fluss der HLM zunehmend reduziert, bis das Herz schließlich wieder allein schlägt.

Nachdem die Kanülen der HLM schließlich aus den zentralen Gefäßen entfernt und ihre Zugangswege mittels Tabaksbeutelnähten verschlossen wurden, wird die Gerinnung des Patienten mittels Protamin zur Antagonisierung von Heparin wieder normalisiert. Die

Dosierung des Protamins richtet sich nach der zuvor verwendeten Heparin-Dosierung. Pro 80 bis 100 I.E. Heparin wird 1 g Protamin zur Antagonisierung des Heparins benötigt [3].
Schließlich kann das Sternum mit Drähten verschlossen und die Wunde mehrschichtig genäht werden.

Der Patient wird unter Aufrechterhalten der Narkose zur postoperativen Überwachung auf die Intensivstation verlegt. Bevor der Patient extubiert werden kann, wird ein Thorax Röntgenbild angefertigt, um die Lage der Drainagen zu kontrollieren. Außerdem wird eine Echokardiographie zur Diagnostik von eventuellen Nachblutungen in der Perikard- oder der Pleurahöhlen durchgeführt.
Während der postoperativen Überwachung werden die Drainagen regelmäßig drainiert und die Fördermengen dokumentiert. Die Laborparameter werden hinsichtlich Gerinnungsfunktion und Blutbild regelmäßig kontrolliert.

### *1.2 Retained Blood Syndrome*

Wenn angestautes Blut nach einem kardiochirurgischen Eingriff nicht adäquat drainiert werden kann, staut sich Flüssigkeit im Pleura- oder Perikardraum an. Das Auftreten eines Perikardergusses, einer Perikardtamponade, eines Pleuraergusses oder eines Hämatothorax wird als Retained Blood Syndrome (RBS) bezeichnet. Um ein RBS zu definieren, können die genannten Komplikationen in jeder beliebigen Konstellation mit einander auftreten.

#### *1.2.1 Pathophysiologie*

Wie bereits von Christensen et al. illustriert wurde, besteht ein erheblicher Zusammenhang zwischen dem Therapieerfolg von Patienten nach kardiochirurgischen Eingriffen und postoperativen Blutungskomplikationen [4]. Demnach sind Blutungskomplikationen mit einer verlängerten Krankenhausverweildauer, einer erhöhten 30-Tages-Mortalität, einer verlängerten postoperativen Beatmungsdauer auf der Intensivstation sowie schließlich höheren Kosten assoziiert [4,5]. Nach Untersuchungen von Balzer et al. sowie Boyel et al. ist geronnenes, zurückgebliebenes Blut in der Pleura- und Perikardhöhle eine mögliche Erklärung für einen schlechteren Therapieerfolg von Patienten mit Blutungskomplikationen [6,7]. Der Zusammenhang von RBS mit

neuaufgetretenem Vorhofflimmern (VHF) oder der Notwendigkeit einer zusätzlichen antibiotischen Therapie können weitere Gründe für einen schlechteren Therapieverlauf von Patienten mit RBS sein. Diesen Zusammenhang zu untersuchen, war unter anderem Bestandteil dieser Arbeit.
Damit sich Blut nicht intrapleural oder intraperikardial anstaut, sondern drainiert werden kann, werden während kardiochirurgischer Eingriffe bis zu vier unterschiedliche Thorax- bzw. Perikarddrainagen eingelegt. Die Anzahl und Lage der Drainagen richten sich dabei nach den Erfordernissen des jeweiligen chirurgischen Eingriffs (siehe 1.1.4).
Die Drainagen werden in der postoperativen Phase auf der Intensivstation kontinuierlich unter Sog drainiert und die Fördermengen dokumentiert. Dabei wird ein Unterdruck von -20 mmHg angelegt. Die Drainagen sind mit einem Auffangbehälter verbunden, an dem sich die drainierte Menge in Milliliter genau ablesen lässt. Die Drainagen werden entfernt, sobald sie über einen Zeitraum von 12 Stunden weniger als 300 ml fördern [8].

Kommt Blut in Kontakt mit der Oberfläche von herkömmlich verwendeten Thoraxdrainagen, wird die Blutgerinnungskaskade in Gang gesetzt. An dieser Stelle entstehen Blutgerinnsel, wodurch das Lumen der Drainage eingeengt oder vollständig verschlossen werden kann. Bleibt deswegen Blut in der Pleura oder dem Perikard zurück, können das Herz oder die Lunge komprimiert werden, wodurch lebensbedrohliche kardiopulmonale Komplikationen entstehen können [9]. Die Inzidenz von intraluminalen Blutgerinnseln in Thoraxdrainagen bei Patienten nach kardiochirurgischen Eingriffen beträgt laut Karimov et al. 36 % aller am Herzen operierten Patienten [10]. Sirch et al. gehen in ihrer Studie über die Effektivität von Drainagen mit *Active Tube Clearance Technology (ATC)* ebenfalls davon aus, dass bis zu 36 % aller Thoraxdrainagen postoperativ obstruieren [11].

### *1.2.2 Definition*

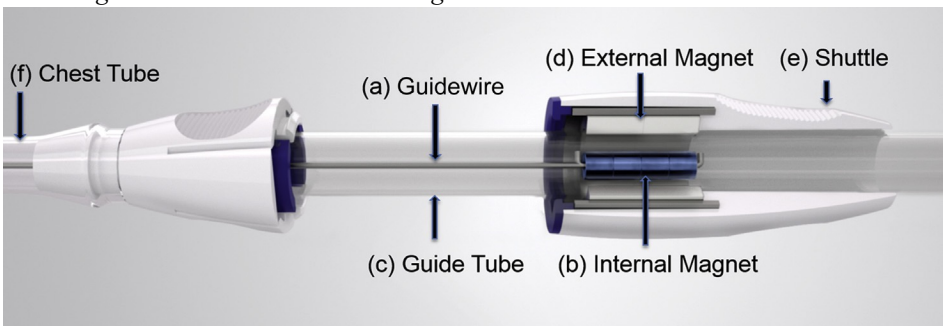
Von einem RBS spricht man beim Auftreten eines Hämatothorax, eines Pleura- bzw. Perikardergusses, oder einer Perikardtamponade. Verschiedene Autoren diskutieren, ob das Auftreten von Infektionen oder neu aufgetretenem VHF auf nicht drainiertes Blut zurückzuführen und somit zum Komplex RBS dazuzuzählen sind [7,11].
Nach Edward Boyle et al. sind 13,8 % bis 22,7 % aller Patienten nach einer Herzoperation von einem oder mehreren Komponenten des RBS betroffen [7].

Nach einer Studie von Christensen et al. bringt das Auftreten von postoperativen Blutungskomplikationen, die sich als RBS zusammenfassen lassen, eine erhöhte wirtschaftliche Belastung mit sich [5]. Das Auftreten von RBS hat somit nicht nur klinische, sondern auch wirtschaftliche Auswirkungen. Demnach hätten Innovationen, die solche Komplikationen minimieren können, eine große Bedeutung für die Kosteneffektivität in der Behandlung herzchirurgischer Patienten [4,5].

### *1.2.3 Active Tube Clearance Technology*

Um herkömmliche Thoraxdrainagen zu drainieren, wird ein Unterdruck im Drainagenlumen erzeugt, indem man von außen mechanisch Zug auf die Drainage ausübt („Melken“ der Drainagen). Dabei entsteht in der Drainage ein Unterdruck von bis zu -400 mmHg. Einer Arbeit von Day et al. zur Folge kann dies dazu führen, dass sich mikrovaskuläre Blutgerinnsel lösen und dadurch eine Nachblutung induziert wird [12].
Anders als bei herkömmlichen Thoraxdrainagen, sollen mit Hilfe von Drainagen mit *Active Tube Clearance Technology* (ATC) Blut und Blutkoagel effektiver drainiert werden können. Der Mechanismus beruht dabei auf einem in das Lumen vorschiebbaren Säuberungsdraht *(guidewire*), an dessen Ende sich eine Schlinge befindet. Dieser Draht kann mit Hilfe eines *guide-shuttles*, an dem der Draht magnetisch befestigt ist, von außen in die Thoraxdrainage vorgeschoben werden. Beim Zurückziehen des Drahtes soll so Drainagen-Lumen okkludierendes Material effektiver entfernt werden können [9]. Abbildung 1 zeigt die Mechanik einer ATC Drainage.

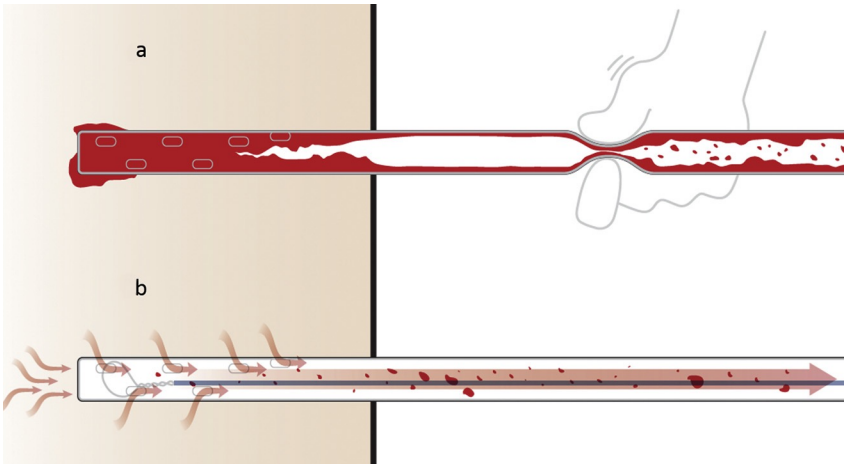
*Abbildung 1: Mechanik der ATC Drainage*




*Erläuterung: (a) Säuberungsdraht mit Schlinge („Guidewire"), der im Inneren eines (c) Führungslumens („Guide Tube") mit einem (b) inneren Magneten („Internal Magnet") verbunden ist. Der (b) innere Magnet ist mit einem (d) externen Magnet verbunden, der über den (e) Shuttle-Griff („Shuttle") bedient werden kann. Durch Vorschieben des (a) Säuberungsdrahtes mit Schlinge in die (f) Thoraxdrainage („Chest Tube") mit Hilfe des (e) „Shuttles" kann so aktiv Blut evakuiert werden.*
*Entnommen aus: [13].*

Nach den Schilderungen der Funktion von ATC von Vistarini et al. ist das Ausmaß, in dem die Drainage seine Aufgabe ausüben kann, entscheidend. Demnach sei es möglich, Blut aus ATC Drainagen in voller Länge der Drainage zu evakuieren, während herkömmliche Drainagen nur bis zum Hautniveau evakuiert werden können [13]. Abbildung 2 verdeutlicht die unterschiedlichen Funktionsweisen.

*Abbildung 2: Vergleich der Funktionsweisen beim Drainieren der unterschiedlichen Thoraxdrainagen*




*Erläuterungen: a) herkömmlicher Thoraxdrainagen, die mechanisch „gemolken" werden; b) Thoraxdrainagen mit ATC, bei denen das Blut aktiv aus voller Länge der Drainage evakuiert werden kann.*
*Abkürzung: ATC = Active Tube Clearance, melken = mechanische Evakuierung von Blut durch das Erzeugen von Unterdruck in der Drainage.*
*Entnommen aus: [13].*

Um dem Komplex des RBS und allen damit verbundenen Komplikationen vorzubeugen, soll die Verwendung von Drainagen mit einer ATC Vorteile liefern. Nach einer Studie von Sirch et al., bei der zwei Kohorten von Patienten nach einem kardiochirurgischen Eingriff hinsichtlich des Auftretens von RBS verglichen wurden, ließ sich in der Kohorte, in der eine Thoraxdrainage mit einer ATC verwendet wurde, das Auftreten eines RBS um 43 % reduzieren [11]. Hinsichtlich der einzelnen Komponenten, die ein RBS ausmachen, sowie neuaufgetretenem VHF ließen sich Unterschiede zwischen den Kohorten feststellen [11].
In einer separaten Partnerarbeit von Nicolas Heim zu diesem Thema erfolgte die Auswertung der Daten vor dem Hintergrund einer klinischen Fragestellung. Anhand der im Rahmen dieser Datenanalyse erlangten Erkenntnisse konnte ein Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von RBS und der Notwendigkeit einer Reexploration aufgrund von Blutungskomplikationen festgestellt werden [8]. Demnach waren die Reexplorationsraten in der Kontrollgruppe um 5 % niedriger als in der ATC Gruppe ($p = 0{,}015$) [8].

## *1.3 Abrechnungssystem im deutschen Gesundheitswesen*

### *1.3.1 German Diagnosis Related Groups*

Auf der Grundlage des §17b des Krankenhausfinanzierungsgesetztes (KHG) trat im Jahre 2003 in Deutschland erstmalig ein Abrechnungssystem in Kraft, das auf diagnosebezogenen Fallgruppen (DRG = *Diagnosis Related Groups*) basiert. Es handelt sich dabei um ein leistungsorientiertes und pauschaliertes Entgeltsystem für die Vergütung von Krankenhausleistungen [14].

Die DRG ist ein vierstelliger Diagnosenschlüssel, der sich aus verschiedenen Informationen zusammensetzt. Das erste Zeichen verweist auf die Hauptdiagnosegruppe, auch *Major Diagnostic Category* (MDC) genannt. Es ergibt sich aus dem erkrankten Organsystem. Die nächsten beiden Zeichen entstehen aus der sich auf die Hauptgruppe beziehenden Behandlung. Die letzte Stelle spiegelt den Schweregrad der DRG, bezogen auf den Ressourcenverbrauch, wider [15].

Am Beispiel einer ACB Operation, mit dem Diagnosenschlüssel F06F[1] lässt sich die Zusammensetzung des Schlüssels wie folgt erläutern:
Der Buchstabe „F“ steht für „Krankheiten und Störungen des Kreislaufsystems“. Die darauffolgenden Ziffern „06“ beziehen sich auf die erfolgte Behandlung, in diesem Fall eine „aortokoronare Bypassoperation“. Der letzte Buchstabe „F“ bedeutet in diesem Fall, dass die Behandlung dem geringsten Schweregrad mit dem geringsten Ressourcenverbrauch entspricht.
Hätte ein Patient im Rahmen seiner Behandlung beispielsweise eine intensivmedizinische Komplexbehandlung mit mehr als 392 Aufwandspunkten erhalten, müsste der gleiche DRG Schlüssel am Ende ein „A“ anstelle des „F“ tragen. In diesem Fall würde die DRG F06A abgerechnet werden.

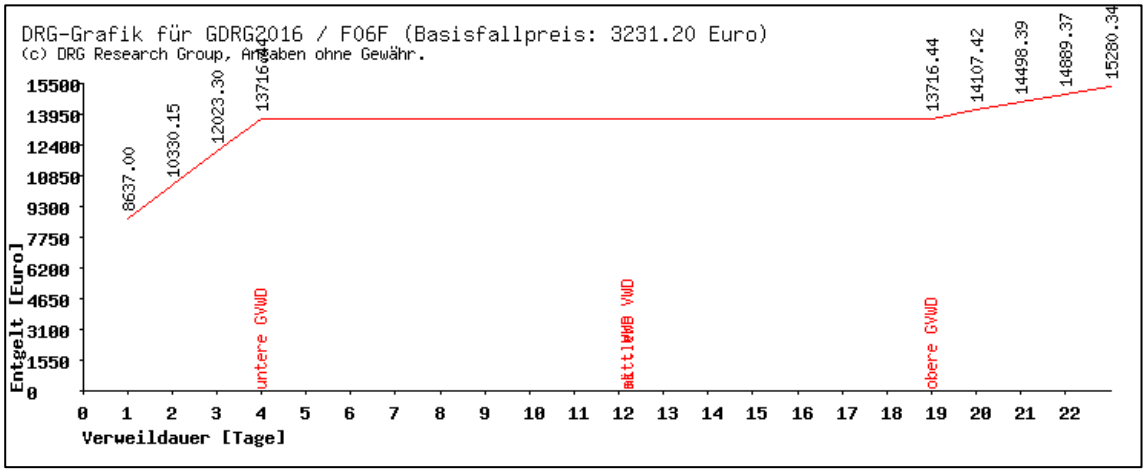
Der fallbezogene DRG-Code ergibt sich, gemäß der deutschen Kodierrichtlinien des Instituts für Entgeltsystem im Krankenhaus (InEK), nach der Beendigung eines Falls aus den nach ICD-10[2] verschlüsselten Diagnosen, den nach OPS verschlüsselten Prozeduren sowie Informationen über Alter, Geschlecht, Gewichtsangabe bei Neugeborenen, Verweildauer, Zahl der Stunden maschineller Beatmung und Entlassungsart.

Für eine graphische Darstellung der bereits oben erwähnten Fallpauschale F06F vergleiche Abbildung 3. Die Dauer einer stationären Behandlung nimmt Einfluss auf die DRG sowie den zugehörigen Fallwert. Jede DRG hat eine untere und eine obere Grenzverweildauer, ab der sich der Wert einer Fallpauschale zu ändern beginnt. Wird die untere Grenzverweildauer unterschritten, kommt es zu Abschlägen. Ein definierter Betrag wird also vom DRG Fallwert abgezogen. Wird die obere Grenzverweildauer überschritten, kommt es zu Zuschlägen.
Im Vergleich dazu ist in Abbildung 4 derselbe Fall mit einem entscheidenden Unterschied graphisch dargestellt. Hierbei wurde im *Grouper*[3] die Beatmungszeit mit 100 Stunden angegeben. Bei gleichen sonstigen Parametern ändert sich somit die DRG in A13D, mit

[1]Koronare Bypass-Operation ohne mehrzeitige komplexe OR-Prozeduren, ohne komplexe Konstellation, ohne intensivmedizinische Komplexbehandlung > 392 / 368 / Punkten., ohne Karotiseingriff, ohne invasive kardiologische Diagnostik, ohne intraoperative Ablation, ohne schwerste Komplikation und Komorbidität
[2] ICD = *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems.*
[3] *Grouper* = EDV-Programm zur Berechnung von Fallpauschalen anhand der DRG.

ihrem entsprechenden Fallwert. Die erste Stelle des Codes ändert sich dabei von F „Krankheiten und Störungen des Kreislaufsystems“ in A „prä MDC[4]“. Die DRG wird bei einer Beatmungszeit von 100 Stunden nicht mehr vom betreffenden Organsystem Herzkreislauf, sondern von der Beatmungszeit bestimmt.

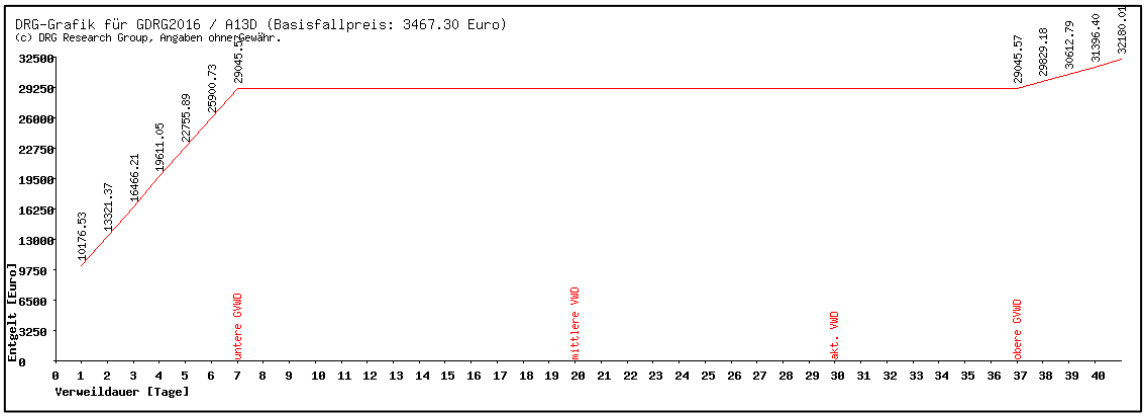
*Abbildung 3: Graphische Darstellung Der DRG F06F: Koronarbypass OP ohne Komplikationen und mit minimalem intensivmedizinischem sowie pflegerischem Aufwand. Der Fallwert ist anhand der roten Linie mit den entsprechenden Beträgen zu erkennen.*




*Abkürzungen: DRG = Diagnosis related groups, F06F = Koronare Bypass-Operation ohne mehrzeitige komplexe Prozeduren, ohne komplexe Konstellation, ohne intensivmedizinische Komplexbehandlung > 392 / 368 / Aufwandspunkte., ohne Karotiseingriff, ohne invasive kardiologische Diagnostik, ohne intraoperative Ablation, ohne schwerste Komplikation und Komorbidität; Quelle: DRG research group [16].*

[4] MDC, die keinem Organsystem zugeordnet werden kann.

*Abbildung 4: Graphische Darstellung der DRG A13D: Koronarbypass OP mit einer Beatmungszeit größer als 24 Stunden und einem erhöhten intensivmedizinischem Aufwand. Der Fallwert ist anhand der roten Linie mit den entsprechenden Beträgen zu erkennen.*




*Abkürzungen: DRG = Diagnosis related groups, A13D: Beatmung > 95 Stunden mit komplexer Prozedur, ohne hochkomplexen oder sehr komplexer Eingriff, ohne intensivmedizinische Komplexbehandlung > 1176 / 1104 / 1104 Punkte, ohne komplizierte Konstellation, ohne Eingriff bei angeborener Fehlbildung oder mit intensivmedizinischer Komplexbehandlung > - / 828 / - Punkten; Quelle: DRG research group [17].*

Für das Codieren sind im Krankenhaus tätige Kodierfachkräfte zuständig, die die fallbezogene DRG aus den verschlüsselten Inforationen über jeden Fall mit Hilfe von spezieller Software, DRG-Grouper genannt, ermitteln.

### *1.3.2 Erlösrechnung*

Wie viel Erlös ein Krankenhaus für einen entsprechenden Fall erhält, setzt sich grundsätzlich aus dem Basisfallwert (*baserate*) und dem Relativgewicht (*cost weight* = CW), auch Bewertungsrelation genannt, zusammen.

Gemäß §10 Krankenhausentgeltgesetz (KHEntG) ergeben sich folgende Zusammenhänge:

Seit 2009 gelten in Deutschland sich jährlich anpassende landesweit spezifische Basisfallwerte. Zur Ermittlung der Landesbasisfallwerte (LBFW) wird ein vom InEK ermittelter Bundesbasisfallwert zugrunde gelegt.

Die fallspezifischen Relativgewichte werden ebenfalls vom InEK ermittelt und in einem Fallpauschalenkatalog jährlich aktualisiert und veröffentlich. Dazu dienen die von Kalkulationskrankenhäusern zur Verfügung gestellten patientenbezogenen Kostendaten. Bei solchen Kalkulationen handelt es sich um Vollkostenrechnungen der entsprechenden Fälle, die dem InEK gemäß § 21 KHEntgG zur Verfügung gestellt werden [18]. Das InEK ermittelt daraus jährlich einen bundesweiten Kostendurchschnitt individuell für jeden

einzelnen Fall. Die Relativgewichte ergeben sich aus den von Kalkulationskrankenhäusern ermittelten Kosten eines Falls und einer sich jährlich anpassenden InEK-Bezugsgröße, die sich an der Summe der effektiven Bewertungsrelationen misst [19].

*Abbildung 5: Darstellung der Rechnung von Erlösen im deutschen Gesundheitswesen*

$$\text{DRG-Erlös} = \text{Basisfallwert} * \text{Relativgewicht } \textit{(CW)}$$

$$Relativgewicht(CW) = \frac{KosteneinerDRG}{InEKBezugsgröße}$$

$$InEKBezugsgröße = \frac{KostendurchschnittKalkulationshäuser}{\sum effektiveBewertungsrelationen(casemix)}$$

*Abkürzungen: DRG = Diagnosis Related Groups, CW = cost weight, InEK = Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus.*

Anhand des Beispiels einer ACVB OP mit der DRG F06F lassen sich diese Zusammenhänge wie folgt illustrieren:
Für das Jahr 2016 betrug die InEK Bezugsgröße 2856,71 €. Entsprechend der durchschnittlichen Kosten der Kalkulationskrankenhäuser (12164,64 €) geteilt durch die InEK Bezugsgröße im Jahr 2016 (2856,71 €) ergibt sich ein Relativgewicht von 4,258, welches sich entsprechend aus dem Fallpauschalenkatalog des InEK ablesen lässt [20].
Mit Hilfe dieser Informationen und dem Landesbasisfallwert für Hessen aus dem Jahr 2016 (3278,19 €) lässt sich nun der DRG Erlös für die DRG F06F berechnen.

$$(\text{Erlös}[\text{F06F}] = 3278{,}19\ € * 4{,}258)$$

Für eine Auflistung der für die Berechnung notwendigen Werte vergleiche Tabelle 1. Die entsprechenden Werte wurden aus dem Fallpauschalenkatalog sowie der InEK Datenmatrix aus dem Jahr 2016 übernommen und zur Berechnung der oben dargestellten Rechengrößen und schließlich dem Gesamterlös herangezogen.

*Tabelle 1: Kostenwerte zur Berechnung des Erlöses eines Falls mit der DRG F06F.*

| | |
|---|---|
| kalkulierte Gesamtkosten, (€) | 12164,64 |
| InEK Bezugsgröße 2016, (€) | 2856,71 |
| Relativgewicht | 4,258 |
| Landesbasisfallwert Hessen 2016, (€) | 3278,19 |
| Erlös, (€) | 13959,42 |

*Die entsprechenden Werte wurden aus der Datenmatrix sowie dem Fallpauschalenkatalog des InEK aus dem Jahr 2016 entnommen [20].*
*Abkürzungen: InEK = Institut für Entgeltsystem im Krankenhaus.*

Grundsätzlich kann jedes Krankenhaus, dass an einer Teilnahme der Kostenkalkulation interessiert ist und alle Voraussetzungen zur Teilnahme erfüllt, an der Kalkulation teilnehmen. Um an der Kalkulation von Behandlungskosten teilnehmen zu können, muss ein Krankenhaus eine Kalkulationsvereinbarung unterzeichnen. Die Voraussetzungen sowie die Richtlinien für die Teilnahme an der Kostenkalkulation sind in der Kalkulationsvereinbarung des InEK definiert. Das InEK veröffentlicht in regelmäßigen Abständen eine detaillierte Auflistung aller Kalkulationskrankenhäuser in Deutschland. Laut der aktuellsten Auflistung vom 11.10.2016 waren 340 Klinken als Kalkulationskrankenhäuser gelistet.

### *1.3.3 Zusatzentgelt*

Es besteht die Möglichkeit, eine Methode als Zusatzentgelt (ZE) in den Fallpauschalenkatalog aufnehmen zu lassen. Dazu muss diese Behandlungsmethode unverhältnismäßig hohe Kosten verursachen und darf bisher noch keiner DRG fest zugeordnet worden sein.

So lassen sich sehr spezielle und kostenintensive Verfahren, die im Rahmen unterschiedlicher klinischer Behandlungen notwendig werden können, wie zum Beispiel eine Therapie mit Gerinnungsprodukten, separat abrechnen. Die Voraussetzungen dafür, die Vergütung eines Verfahrens als ZE in den Fallpauschalenkatalog integrieren zu lassen, sind neben den bereits genannten noch eine genaue Definierbarkeit des Verfahrens sowie eine strukturelle Schieflage bei den Dienstleistern. Letzteres bedeutet, dass das

Verfahren in unterschiedlichen Kliniken in unterschiedlichem Maße zur Anwendung kommt. Für eine Auflistung der Vorrausetzungen, um ein Verfahren als ZE abrechenbar machen zu können, siehe Tabelle 2.

*Tabelle 2: Kriterien, die eine Leistung erfüllen muss, um als ZE in den Fallpauschalenkatalog aufgenommen werden zu können*

| |
|---|
| Streuung über mehrere DRG |
| Verfahren muss exakt definierbar sein |
| sporadisches Auftreten ohne feste Zuordnung |
| Kostenaufkommen von relevanter Höhe |
| Strukturelle Schieflagen |

*Abkürzungen: DRG = Diagnosis related groups, ZE = Zusatzentgelt.*

Die Verwendung des Blutprodukts Fibrinogen ist beispielsweise ein Verfahren, dessen Einsatz sehr kostenintensiv ist und einer starken strukturellen Schieflage unterliegt. Da auch alle weiteren Kriterien zutreffend sind, lässt sich die Verwendung von Fibrinogen als ZE abrechnen [21]. Die Höhe der Vergütung richtet sich dabei nach der verwendeten Menge in Gramm und ist aus dem Fallpauschalenkatalog des InEK abzulesen [20].

## *1.4 Medizinische und gesundheitsökonomische Bewertung neuer Untersuchungs- und Therapiemethoden*

### *1.4.1 Medizinische Bewertung*

Insbesondere an Universitätskliniken schreitet der medizinische Fortschritt dynamisch voran. Ziel medizinischer Innovationen ist es, stets neue Methoden in der klinischen Praxis anzuwenden, um die Effizienz therapeutischer und diagnostischer Verfahren zu verbessern.

Im Rahmen der Anwendung neuer Medizinprodukte darf ein neues Verfahren mit einer CE-Kennzeichnung in der stationären Patientenversorgung unter Verbotsvorbehalt angewendet werden und ist prinzipiell erstattungsfähig [22]. Ob ein solches Verfahren einen tatsächlichen Nutzen für den Patienten hat, muss gemäß *evidence based medicine* (EBM) wissenschaftlich untersucht werden.

*1.4.2 Gesundheitsökonomische Bewertung*

Um sowohl in der Gesellschaft als auch dem Gesundheitssystem den Innovationstransfer auf lange Sicht zu gewährleisten, ist eine angemessene finanzielle Vergütung einer solchen Methode im Rahmen des G-DRG Systems unabdingbar.

Vor diesem Hintergrund ermöglicht der Gesetzgeber Kliniken anhand einer Innovationsklausel, für neue Untersuchungs- und Behandlungsmethoden (NUB) zeitlich befristete Entgelte vereinbaren zu können, solange die entsprechenden neuen Methoden nach dem DRG System noch nicht vergütet werden können. In einem weiteren Schritt ist es möglich, die Vergütung von NUB in den Fallpauschalenkatalog des InEK aufzunehmen, um pauschalisiert über eine DRG abgerechnet werden zu können [23,24]. Dazu bedarf es eines NUB Antrags, der an das InEK gestellt werden muss. Aus dem Antrag müssen der wissenschaftlich fundierte Nutzen der Methode sowie die Information über die durch die Anwendung entstehenden Kosten hervorgehen. Der Nutzen der Methode sowie die für die gesetzlichen Versicherungen dadurch entstehenden Kosten werden nach einem Auftrag des gemeinsamen Bundesausschusses (G-BA) an das Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWIG) von diesem analysiert. Das IQWIG analysiert neben dem Nutzen anhand der Bewertung klinischer Studien auch die Häufigkeit der Anwendung über die Anzahl der gesetzlich versicherten behandelten Patienten.

Das G-DRG System ist als System zu verstehen, das lernt und sich stetig weiterentwickelt. Im Rahmen des medizinischen Fortschritts entstehen ständig innovative Untersuchungs- und Behandlungsmethoden, für die dem InEK keine ausreichende Kalkulationsgrundlage zur Verfügung stehen, da die gelieferten Daten der Kalkulationskrankenhäuser für diese NUB sowohl quantitativ als auch qualitativ unterrepräsentiert sind. Damit sich das G-DRG System an den medizinischen Fortschritt anpassen kann und auch Innovationen pauschal nach dem Abrechnungssystem in Deutschland von Krankenkassen abgerechnet werden können, können dem InEK innovative Methoden nach §6 Absatz 2 des KHEntgG vorgeschlagen werden. Um die Aufnahme einer NUB in das DRG System zu ermöglichen, bedarf es eines formellen Antrags, der elektronisch an das InEK gerichtet wird. Die Anfrage sollte gemäß §6 Abs. 2 KHEntgG neben genauen Informationen über die NUB sowie den Patienten, die mit dieser NUB behandelt bzw. untersucht werden sollen, ebenso die durch die NUB verursachten Mehrkosten sowie eine Begründung, warum die NUB im DRG System

derzeitig nicht ausreichend abgebildet wird, enthalten [23]. Nach Prüfung der bis zum 31. Oktober eines Kalenderjahrs fristgerecht eingegangenen Anträge, werden diese in Status 1-4 (vgl. Tabelle 3) eingeteilt. Das jeweilige Ergebnis wird den Krankenhäusern bis zum 31. Januar des Folgejahres mitgeteilt. Ist ein Antrag unzureichend oder kann aufgrund der Fülle der Anfragen nicht bearbeitet werden, dies würde Status 2 bzw. 3 entsprechen, so kann für das laufende Jahr ein krankenhausindividuelles Entgelt vereinbart werden [23]. Alle Anfragen, die das Prüfergebnis Status 1 erhalten haben, werden im Folgejahr automatisch hinsichtlich der Aufnahme in das G-DRG System durch den GBA, gemäß Kapitels 2 §§ 7, 10 und 11 der Verfahrensordnung des gemeinsamen Bundesausschuss, geprüft. So lange der Antrag in Bearbeitung ist oder durch das InEK nicht ausdrücklich abgelehnt wurde (Status 2), darf das Krankenhaus die NUB in der Patientenversorgung einsetzen und ein NUB Entgelt mit den Kostenträgern aushandeln. Die Höhe der für die Dienstleister und die Versicherer anfallenden Kosten richtet sich nach den von Kalkulationskrankenhäusern erhobenen Kostendaten sowie der Bewertung des Kostenaufkommens durch das IQWIG.

*Tabelle 3: Bearbeitungsstatus im NUB Zulassungsverfahren*

| Status | Bedeutung | Entgeltvereinbarung möglich |
|---|---|---|
| 1 | Kriterien der NUB Vereinbarung erfüllt | ja |
| 2 | Kriterien der NUB Vereinbarung nicht erfüllt | nein |
| 3 | Konnte innerhalb der Frist nicht bearbeitet werden | ja |
| 4 | Anträge unplausibel | ja |

*Abkürzung: NUB = Neue Untersuchungs- und Behandlungsmethode.*

### *1.4.3 Ethische Aspekte der kombinierten Bewertung*

Grundsätzlich sind medizinische und ökonomische Bewertungen von NUB gegeneinander abzuwägen. Aus medizinischer Sicht stellt sich zunächst die Frage, ob eine neue Untersuchungs- oder Behandlungsmethode sinnvoll ist und tatsächlich einen medizinischen Fortschritt darstellen würde. Die ökonomische Bewertung der innovativen Methode spielt dann insofern eine Rolle, als dass sie einerseits überhaupt refinanziert werden muss und darüber hinaus auch kosteneffizient sein sollte.

Im Rahmen dieser Untersuchung ist es beispielsweise von Bedeutung, ob Patienten aus medizinischer Sicht vom Einsatz der innovativen Thoraxdrainagen profitieren und ob der Einsatz dieser Innovation für die Kliniken kosteneffizient sein kann. Die Vergütung der

Maßnahme durch einen Kostenträger spielt sodann als weiterer wichtiger ökonomischer Aspekt eine große Rolle. Es ist dabei unabdingbar, dass Krankenhäuser entsprechend für die Durchführung von Behandlung und Diagnostik entlohnt werden, auch wenn diese Verfahren noch nicht im G-DRG System verankert sind und nach dem Fallpauschalenkatalog abgerechnet werden können. Dazu muss, wie oben erläutert, ein NUB Antrag an das InEK gestellt werden. Für die Zeit der Bearbeitung eines solchen Antrags, kann das Krankenhaus, unter Voraussetzung eines entsprechend zugewiesenen Status durch das InEK, ein NUB Entgelt mit einem Kostenträger aushandeln, auch wenn dessen Wirksamkeit noch nicht in vollen Maßen beurteilt bzw. wissenschaftlich untermauert werden konnte.

Eine ökonomische Bewertung medizinisch sinnvoller Maßnahmen ist ethisch gut zu vertreten, da durch eine nicht adäquate Re-Finanzierung sinnvoller innovativer Maßnahmen möglicherweise deren Einsatz verhindert werden könnte. Unter diesen Rahmenbedingungen ist es wichtig, dass innovative Behandlungsmethoden in einem adäquaten Umfang vergütet werden. Andersherum ist eine medizinische Bewertung ökonomisch sinnvoller Maßnahmen aus ethischer Sicht ebenso unabdingbar, da der primäre Nutzen einer Untersuchungs- oder Behandlungsmethode nicht durch eine Kostenersparnis motiviert sein sollte, sondern eher durch ihre Kosteneffektivität. Es bleibt zu erwähnen, dass ökonomische Bewertungen auch dazu führen könnten, dass medizinisch sinnvolle Maßnahmen nicht etabliert werden, weil der Kosteneinsatz zu hoch ist. Daher sollten ökonomische Untersuchungen im Sinne einer Kosten-Nutzwert-Analyse durchgeführt werden. Der Nutzwert einer Therapie wird dabei maßgeblich von der Lebensqualität der Patienten beeinflusst.

Um Lebensqualität zu messen, bietet sich beispielsweise die Maßeinheit der qualitätsbereinigten Lebensjahre (QUALY = *quality-adjusted-life years)* an. Ein QUALY errechnet sich aus der durch eine Therapie verlängernden Lebenszeit in Jahren und der von Patienten prozentual bewerteten Lebensqualität. Wird die Lebenserwartung von Patienten durch eine bestimmte Therapie im Schnitt beispielsweise um ein halbes Jahr verlängert und der Patient bewertet seine Lebensqualität mit 80 %, entspricht das einem QUALY von 0,4 (0,5 Jahre x 0,8 = 0,4) [25].

## *1.5 Fragestellung*

In Zusammenschau der vorhandenen Literatur zum Thema ATC und RBS ergibt sich einerseits die Frage, ob durch die Verwendung einer ATC Drainage Nachblutungsraten und der damit verbundene Komplex RBS nach herzchirurgischen Eingriffen signifikant reduziert werden können. Wir führten daher am Universitätsklinikum Gießen eine prospektive, kontrollierte, nicht-randomisierte Interventionsstudie durch. Im Rahmen dieser Studie wurden Reexplorationsraten zwischen einer Gruppe, die mit ATC Drainagen therapiert wurden, und einer Kontrollgruppe verglichen.
Das Ziel dieser Arbeit ist eine ökonomische Bewertung der Verwendung von ATC Drainagen nach herzchirurgischen Eingriffen mit medianer Sternotomie und Verwendung der HLM. Um sich diesem Ziel anzunähern, formulierten wir folgende zentrale Fragestellung:

- Können durch die Verwendung von ATC Drainagen zusätzliche Behandlungskosten für die Therapie von RBS eingespart werden?

Eine Kosten-Effektivitätsanalyse soll verdeutlichen, ob trotz der zunächst höheren ökonomischen Belastung durch die Anschaffung der Drainagen, der Behandlungspfad finanziell entlastet werden kann, indem zusätzliche Kosten für die Therapie des RBS reduziert werden. Dafür müssen die Einsparung der Kosten, die durch eine Behandlung von RBS in der Regel entstehen, und der Mehraufwand an Kosten, der durch den Einsatz der ATC-Drainage entsteht, gegeneinander abgewogen werden.
Weitere sekundäre Fragestellungen lauteten:

- Wie können Kosten im Krankenhaus prozessspezifisch adäquat ermittelt und abgebildet werden?
- Bestehen hinsichtlich der Krankenhauserlöse Unterschiede in Abhängigkeit der Komplikation RBS sowie in Abhängigkeit der verwendeten Drainage?

Um sich diesen Fragestellungen anzunähern, soll die Thematik der Entstehung und Deckung von Kosten im deutschen Gesundheitswesen beleuchtet werden.
Weiterhin soll die Methodik, die Wirtschaftlichkeit eines Medizinprodukts im deutschen Gesundheitswesen auf diesem Wege zu untersuchen, diskutiert werden.

# 2. Methoden und Patienten

## *2.1 Datenerhebung*

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine monozentrische, prospektive nicht-randomisierte Interventionsstudie. Dem Vorhaben wurde durch die zuständige Ethikkommission in der Sitzung vom 11.02.2016 (AZ 01/16) zugestimmt. Alle Patienten bekundeten ihr Einverständnis zur Teilnahme an der Studie, sowie der Analyse der erhobenen Daten für wissenschaftliche Zwecke.

Im Rahmen des Projektes wurden Daten von 706 erwachsenen (Alter >18 Jahre) herzchirurgischen Patienten erhoben, die sich im Zeitraum vom 01.01.2016 bis 31.12.2016 in der Klinik für Herz-, Kinderherz- und Gefäßchirurgie des Universitätsklinikums Gießen einer kardiochirurgischen Operation mit medianer Sternotomie unter Zuhilfenahme der HLM unterzogen. Die Entscheidung über die Zuordnung in die entsprechenden Gruppen erfolgte randomisiert, prospektiv anhand des OP-Datums. Patienten, die im Zeitraum zwischen dem 01. Januar 2016 und einschließlich dem 30. Juni 2016 operiert wurden, wurden der Kontrollgruppe zugeordnet. Alle Patienten, die ab dem 01. Juli 2016 bis zum Ende des Jahres 2016 operiert wurden, wurden der ATC Gruppe zugeordnet. Die Kontrollgruppe (n = 435) erhielt intraoperativ die herkömmlich verwendeten Thoraxdrainagen, während die Interventionsgruppe (n = 271) Drainagen mit ATC erhielt. Patienten, die nicht in die Datenerfassung eingewilligt haben, oder sich kathetergestützten oder minimalinvasiven Herzklappenoperationen unterzogen, wurden von der Analyse ausgeschlossen. Ebenso wurden Patienten, die das 18. Lebensjahr zum Zeitpunkt der Operation noch nicht erreicht haben von der Untersuchung ausgeschlossen.

Beide Gruppen wurden schließlich hinsichtlich des Auftretens der Komplikation RBS sowie des Kostenaufkommen der Behandlung eines RBS verglichen. Bei den Eingriffen handelte es sich um aortokoronare Bypassoperationen, Herzklappenoperationen sowie Eingriffe an der Aorta. Zur Erfassung der Daten wurden die entsprechenden Patientenakten aus dem Krankenhausinformationssystem der Klinik eingesehen. Die Informationen wurden dabei aus Arztbriefen, Operationsberichten und dem Protokoll der Intensivstation bezogen. Patientendaten der Normal- und Intensivstationen wurden aus den Patientendatenmanagementsystemen der Klinik bezogen (KAOS Desktop, Version 3.0.0.1, 2003, Abteilung für Klinische und Administrative DV, Gießen, Deutschland;

KisData, IMESO, Version 7.8.5.3195, 2017, Abteilung für Klinische und Administrative DV, Gießen, Deutschland).

Es wurden prä-, intra- sowie postoperative Informationen in einer Studiendatenbank (Microsoft Excel Version 16.16.3, 2018, Microsoft, Washington, USA) erfasst. Welche Patienteninformationen in diese Tabelle einflossen, kann Tabelle 4 entnommen werden.

*Tabelle 4: Übersicht über alle erfassten Patienteninformationen. Die Daten wurden dem Krankenhausinformationssystem der Klinik entnommen und in eine Studiendatenbank übertragen.*

| | *Parameter* | | *Einheit* |
|---|---|---|---|
| präoperativ | *Demographische Daten* | Geschlecht* | männlich, weiblich |
| | | Alter* | Jahre |
| | *BMI* | Körpergröße | Zentimeter (cm) |
| | | Körpergewicht | Kilogramm (kg) |
| | *Geplanter Eingriff* | Zeitpunkt der Operation | Datum |
| | | Dringlichkeit der Intervention* | elektiv, dringlich, notfall |
| | | Gewicht der Intervention* | CABG, non CABG, zwei Prozeduren, mehrere Prozeduren |
| | *Kardiovaskuläre Risikofaktoren* | Arterielle Hypertonie | ja, nein |
| | | Dyslipoproteinämie | ja, nein |
| | | Familiäre Prädisposition | ja, nein |
| | | Diabetes Mellitus* | IDDM, NIDDM |
| | | Raucheranamnese | ex, current, nein |
| | *EUROScore II* | Myokardinfarkt innerhalb der letzten 90 Tage | ja, nein |
| | | vorherige Herzoperation | ja nein |
| | | COPD | ja, nein |
| | | Linksventrikuläre Funktion | gut, leichtgradig-, mittelgradig-, schwergradig eingeschränkt |
| | | Aktive Endokarditis | ja, nein |
| | | Aortenaneurysma | ja, nein |
| | | Chronische Niereninsuffizienz | Stadium 1-5 (Stadien nach GFR) |
| | | Herzinsuffizienz | Stadium I-IV (Stadien nach NYHA) |
| | | Angina Pectoris | Stadium 4 , nein (Stadien nach CCS) |
| | | Pulmonale Hypertonie | ja, nein |
| | | Extrakardiale Arteriopathie (pAVK, Lungenembolie, cerebrovaskuläre Erkrankung) | ja, nein |
| | | Neurologische Dysfunktion(Abhängigkeit von Hilfe bei alltäglichen Dingen) | ja, nein |
| | | Präoperativ kritischer Status (IABP, Reanimation, VT, Notwendigkeit invasiver Beatmung, ANV) | ja, nein |
| | | Vorhofflimmern Prä OP | paroxysmal, permanent, persistierend, nein |
| | | Intensivstation Prä OP | ja, nein |
| | | Adrenalin Prä OP | ja, nein |
| | | Noradrenalin Prä OP | ja, nein |
| | | PDE Inhibitoren Prä OP | ja, nein |
| | | Dobutamin Prä OP | ja, nein |
| intraoperativ | | Diagnose | Freitext (z.B. Dreigefäß KHK) |
| | | Art des Eingriffes | Freitext (z.B. CABG / MKE) |
| | | Schnitt-Naht-Zeit (SNZ) | Minuten (ggf. SNZ der Re OP) |
| | | HLM-Zeit | Minuten |
| | | Aortenklemmzeit | Minuten |

| | | | |
|---|---|---|---|
| postoperativ | *Labor* | INR** | dimensionslos |
| | | PTT** | Sekunden (s) |
| | | Thrombozyten** | Tausend pro Mikroliter (Tsd./µl) |
| | | Kreatinin** | Milligramm pro Deziliter (mg/dl) |
| | | Harnstoff** | Milligramm pro Deziliter (mg/dl) |
| | | Glomeruläre Filtrationsrate (GFR)** | Milliliter pro Minute pro 1,73 $m^2$ (ml/min/1,73m2) |
| | | C-reaktives Protein (CRP)** | Milligramm pro Deziliter (mg/dl) |
| | | Leukozyten** | Tausend pro Mikroliter (Tsd./µl) |
| | | Hämoglobin** | Gramm pro Milliliter (g/ml) |
| | *ICU* | Erythrozytenkonzentrat | Anzahl |
| | | Thrombozytenkonzentrat | Anzahl |
| | | Frischplasma | Anzahl |
| | | Dauer der invasiven Beatmung | Stunden (h) |
| | | Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation | Stunden (h) |
| | | Dauer Krankenhausaufenthalt gesamt | Tagen (d) |
| | | Re Intubation | ja, nein, nicht extubiert (=ne) |
| | | Dauer der Therapie mit Inotropika | Stunden (h) |
| | *Thoraxdrainagen* | Fördermenge nach Position | Milliliter (ml) |
| | | Liegedauer | Stunden (h) |
| | | Position | Links, rechts, retrosternal, perikardial |
| | | Info über Art der Drainage | ATC, herkömmliche Drainage |
| | *Ersatzverfahren* | ECMO post OP | ja, nein (ggf. mit Dauer) |
| | | Dialyse post OP | ja, nein (vorübergehend oder dauerhaft) |
| | *Komplikationen* | Art der Entlassung | nach Hause, Anschlussheilbehandlung, anderes Krankenhaus, Tod |
| | | MACCE | cerebrovasculäres Ereignis, dialysepflicht, Re OP, Myokardinfarkt |
| | | Neuaufgetretenes VHF | ja, nein |
| | | Konversion eines neuaufgetretenen VHF | medikamentös, elektrisch, nicht erfolgt |
| | | Infektion post OP | ja, nein |
| | | Notwendigkeit einer zusätzlichen antibiotischen Therapie | ja, nein (ggf. Dokumentation des Wirkstoffes) |
| | *Pleura-, Perikarderguss, Hämatothorax* | Pleurapunktion | Milliliter (ml), Anzahl, Seite und Fördermenge |
| | | Perikardpunktion | ja, nein |
| | | Re Thorakotomie | ja, nein (ggf. mit Indikation) |
| | | sonstige Re OP aufgrund RBS | ja, nein (ggf. mit Indikation) |

*Abkürzungen: BMI = Body-Mass-Index, CABG = Koronararterieller Bypass Graft, KHK = Koronare Herzkrankheit, IDDM = Insulindependent Diabetes Mellitus, NIDDM = Non-Insulindependent Diabetes Mellitus, ex = ehemalig, current = derzeitig, COPD = Chronic Obstructiv Pulmonary Desease, GFR = Glomeruläre Filtrationsrate, NYHA = New York Heart Association, CCS = Canadian Cardiovascular Society, pAVK = periphere arterielle Verschlusskrankheit, IABP = Intraaortale Ballonpumpe, VT = Ventrikuläre Tachykardie, ANV = Akutes Nierenversagen, SNZ = Schnitt-Naht-Zeit, HLM = Herz-Lungen-Maschine, INR = International Normalized Ratio, PTT = Partielle Thromboplastinzeit, ICU = Intensive Care Unit, ATC = Active Tube Clearance, ECMO = Extrakorporale Membranoxygenierung, MACCE = Major Adverse Cardiac and Cerebrovascular Events, VHF = Vorhofflimmern, Re OPs = Revisions-Operation, * = ebenfalls für EURO II Score, ** = ebenfalls unmittelbar prä OP.*

## *2.2 Kosten-Effektivitätsanalyse*

### *2.2.1 Ermittlung der Kosten für eine zusätzliche Therapie bei RBS*

Da es, wie eingangs erläutert, schwierig ist, außerhalb von Kalkulationskrankenhäusern auf Informationen über Kosten einzelner Prozesse zurück zu greifen, wurden für die

Kosten einzelner Interventionen isolierte, klinikspezifische Modelle entwickelt und zur Kalkulation verwandt.
Um das Kostenaufkommen einer Intervention aufgrund von RBS innerhalb der beiden Gruppen zu untersuchen, wurden für die Behandlung der jeweiligen Komplikationen, die ein RBS beinhaltet, Kostenfaktoren ermittelt. Daraus ergeben sich verschiedene Kostenfaktoren für eine Re-OP, eine Pleura- oder Perikardpunktion, eine zusätzliche antibiotische Therapie sowie die Behandlung eines neu aufgetretenen VHF. Bei Vorkommen einer oder mehrerer Interventionen wurden die einzelnen Kostenfaktoren für die entsprechenden Interventionen addiert und ergaben einen Gesamtkostenpunkt für die Therapie eines RBS bei den jeweiligen Patienten.
Die einzelnen Kostenfaktoren setzten sich aus Personalkosten, Materialkosten sowie Betriebskosten zusammen. Für die Zusammenstellung der einzelnen Kostenpunkte wurden zunächst einzelne Standardmodelle für die entsprechenden Interventionen erstellt, so wie sie am UKGM Gießen standardmäßig durchgeführt werden. Anhand derer wurden Informationen über die Materialkosten vom Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung des Klinikums erlangt. Die Information darüber, welche Materialen für die jeweilige Intervention benötigt wurden, wurde direkt von den Mitarbeitern der kardiochirurgischen Intensivstation bzw. des OP in Erfahrung gebracht. Ebenso wurden die genauen Abläufe der Interventionen, mit Zeitangaben und Personalaufwand, mit Hilfe der Mitarbeiter der kardiochirurgischen Intensivstation erfragt. Die Informationen über die Höhe der Personalkosten pro Minute, betreffend das Kalenderjahr 2016, wurde vom Geschäftsbereich Personalmanagement des Klinikums bereitgestellt. Dafür wurden die Kosten pro Jahr durch 52 Wochen pro Kalenderjahr, 42 Stunden pro Wochen und 60 Minuten pro Stunde dividiert.

Für die Notwendigkeit einer Behandlung mittels Operation wurde zusätzlich ein zeitabhängiger Kostenfaktor ermittelt, der zur Ermittlung der OP-Kosten mit der jeweiligen Schnitt-Naht-Zeit multipliziert wurde. Für den Fall, dass im Rahmen aufgetretener Komplikationen mehr als eine Operation notwendig geworden sein sollte, wurde der Fixkostenfaktor mit der Anzahl der Eingriffe multipliziert. Zusammen mit der gesamten Schnitt-Naht-Zeit ergab sich so ein Gesamtkostenpunkt für eine bzw. mehrere Re-Operationen bei den jeweiligen Patienten.

Die Fixkosten ergeben sich aus den Materialkosten. Der zeitabhängige Kostenfaktor ergibt sich aus den Personalkosten sowie den Unterhaltungskosten für die Räumlichkeiten. Für die Auflistung der berechneten Kosten siehe Tabelle 5.

*Tabelle 5: Auflistung der Personal- und Materialkosten für eine Re-Operation*

| | *Quelle der Kosteninformation* |
|---|---|
| *Personalkosten* | |
| 1 Kardiotechniker | Personalmanagement UKGM |
| 1 Arzt Anästhesie | Personalmanagement UKGM |
| 1 Pflegekraft Anästhesie | Personalmanagement UKGM |
| 2 Ärzte KVC | Personalmanagement UKGM |
| 2 Pflegekräfte OP | Personalmanagement UKGM |
| *Materialkosten* | |
| Grundsieb | ZSVA |
| Herzsieb | ZSVA |
| Schrittmachersieb | ZSVA |
| Sterile Handschuhe | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Sterile Kittel | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Thoraxdrainage | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| OP Abdeckung | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| HLM Schlauchsystem | Krankenhausinformationssystem |
| Oxygenator | Krankenhausinformationssystem |
| div. Verbrauchsmaterial | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| *Unterhaltungskosten* | |
| Betriebskosten OP-Saal | OP Management |

*Abkürzungen: KVC = Kardiovaskuläre Chirurgie, UKGM = Universitätsklinik-Gießen-Marburg, HLM = Herz-Lungen-Maschine OP = Operation, ZSVA = Zentrale Sterilgutabteilung).*

Die Notwendigkeit einer Pleurapunktion inklusive der Anzahl und der Seite der Punktion wurde während der Datenerhebung erfasst. Sollten im Rahmen eines RBS eine oder mehrere Pleurapunktionen notwendig geworden sein, so wurde die Anzahl der Punktionen mit dem errechneten Kostenfaktor multipliziert. Für die Auflistung der berechneten Personal- sowie Materialkosten siehe Tabelle 6.

*Tabelle 6: Auflistung der Personal- und Materialkosten für eine Pleurapunktion*

| | *Quelle der Kosteninformation* |
|---|---|
| *Personalkosten* | |
| Arzt KVC | Personalmanagement UKGM Gießen |
| *Materialkosten* | |
| Punktionsnadel | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| 10 ml Spritze | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Lidocain 2% 10 ml | Apotheke |
| Subcutannadel | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Lochtuch | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Sterile Handschuhe | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Steriler Kittel | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Abdeckung | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Pleura CAT set | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Thoraxdrainage | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| div. Verbrauchsmetrial | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |

*Abkürzungen: UKGM = Universitätsklinik-Gießen-Marburg, KVC = Kardiovaskuläre Chirurgie, Pleura CAT Set = Punktionsset für die Perikardpunktion.*

Die Notwendigkeit und die Anzahl von Perikardpunktionen wurden während der Datenerhebung erfasst. Sollten im Rahmen eines RBS eine oder mehrere Perikardpunktionen notwendig geworden sein, wurde die Anzahl der Punktionen mit dem errechneten Kostenfaktor multipliziert. Für die Auflistung der berechneten Personal- sowie Materialkosten siehe Tabelle 7.

*Tabelle 7: Auflistung der Personal- und Materialkosten für eine Perikardpunktion*

| | *Quelle der Kosteninformation* |
|---|---|
| *Personalkosten* | |
| 3 Ärzte KVC* | Personalmanagement UKGM Gießen |
| 1 Pflegekraft | Personalmanagement UKGM Gießen |
| *Materialkosten* | |
| Punktionsnadel | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Lidocain 2% 10 ml | Apotheke |
| 10 ml Spritze | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Subcutan Nadel | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Lochtuch | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Sterile Handschuhe | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Steriler Kittel | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Abdecktuch | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Pigtail set | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Perikardpunktionskanüle | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| div. Verbrachsmaterial | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |

*Abkürzungen: * = ein Arzt für Diagnostik, KVC = Kardiovaskuläre Chirurgie, UKGM = Universitätsklinik-Gießen-Marburg, Pigtail set = Punktionsset für die Perikardpunktion.*

Kam es bei Patienten mit einem RBS zusätzlich zu neu aufgetretenem VHF, wurden die zusätzlichen Kosten, die bei der Therapie des VHF entstanden sind, berechnet und dokumentiert.

Für die Konversion eines neu aufgetretenen VHF bestand die Möglichkeit der medikamentösen sowie der elektrischen Therapie mittels R-Zacken getriggerter elektrischer Kardioversion. Das Vorkommen von neu aufgetretenem VHF sowie jeder unternommene Therapieversuch wurde während der Datenerhebung erfasst. Für den Fall, dass ein Patient mit einer medikamentösen Behandlung konvertiert werden konnte, wurden nur die speziell dafür benötigten Materialien sowie der nur speziell dafür benötigte Personalaufwand berechnet. Wurde ein Patient mittels elektrischer Kardioversion in einen Sinusrhythmus konvertiert, so wurden die Kosten sowohl für eine medikamentöse als auch eine elektrische Therapie berechnet. Für die Auflistung der berechneten Personal- sowie Materialkosten siehe Tabelle 8.

*Tabelle 8: Auflistung der Personal- und Materialkosten für die Behandlung eines Vorhofflimmerns*

| | *Quelle der Kosteninformation* |
|---|---|
| *Personalkosten* | |
| 1 Arzt KVC | Personalmanagement UKGM Gießen |
| Pflegekraft | Personalmanagement UKGM Gießen |
| *Materialkosten* | |
| Medikament zur Sedierung | Apotheke |
| Antiarrhythmikum | Apotheke |
| Infusionssystem | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| Defi Klebepatches für Kardioverion | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| div. Verbrauchsmaterial | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |

*Abkürzungen: KVC = Kardiovaskuläre Chirurgie, UKGM = Universitätsklinik-Gießen-Marburg, Defi = Defibrillator.*

Im Falle einer zusätzlichen postoperativen Therapie mit einem Antibiotikum, zum Beispiel aufgrund einer postoperativen Pneumonie im Rahmen eines RBS, wurden die entsprechenden Wirkstoffe der Therapie im Rahmen der Datenerhebung erfasst. Anhand der für das Klinikum gängigen Dosierungen und Therapiedauern sowie aktuell geltenden Leitlinien konnten so für die unterschiedlichen Wirkstoffe entsprechend unterschiedliche Kostenfaktoren ermittelt werden. Die Fixkosten für eine zusätzliche antibiotische Therapie ergeben sich aus dem Material- und Personalaufwand entsprechend Tabelle 9. Bei einer Therapie mit mehreren Antibiotika wurden die entsprechenden Fixkosten der jeweiligen Patienten zu einem Gesamtkostenpunkt addiert.

*Tabelle 9: Materialliste für die Therapie mit einem zusätzlichen Antibiotikum*

| | *Quelle der Kosteninformation* |
|---|---|
| *Personalkosten* | |
| 1 Arzt KVC | Personalmanagement UKGM Gießen |
| 1 Pflegekraft | Personalmanagement UKGM Gießen |
| *Materialkosten* | |
| Infusionssystem | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |
| zusätzliches Antibiotikum | Apotheke |
| div. Verbrauchsmaterial | Geschäftsbereich Wirtschaft und Dienstleistung |

*Abkürzungen: KVC = Kardiovaskuläre Chirurgie, UKGM = Universitätsklinik-Gießen-Marburg.*

Nach Evaluation aller Kostenpunkte und Berechnung der einzelnen Kosten für je Pleurapunktion, Perikardpunktion, Re-OP, Konversion eines VHF und antibiotischer Therapie wurden alle einzelnen Kostenpunkte zu einem Gesamtkostenpunkt für die Intervention bei Vorliegen von RBS addiert. Die angefallenen Kosten konnten so innerhalb der beiden Gruppen je nach Verwendung von ATC verglichen sowie einer statistischen Analyse unterzogen werden.

### *2.2.2 Ermittlung des Gesamterlöses*

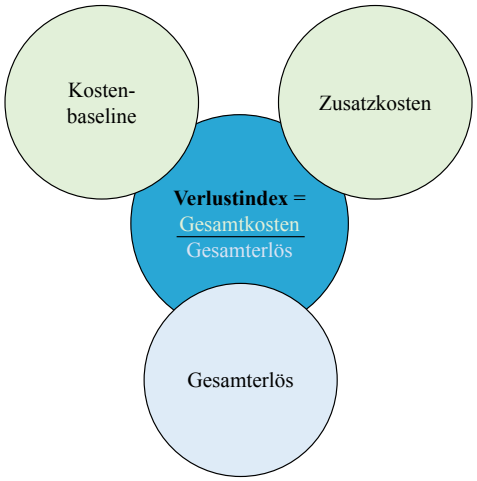
Die Information über den Gesamterlös aller in die Studie eingeschlossenen Patienten konnte aus dem Krankenhausinformationssystem der Klinik entnommen werden. Dafür wurden die Erlöse eines entsprechenden Falls anhand seiner Fallnummer sowie DRG mit Hilfe des Groupers des Krankenhausinformationssystems berechnet. Wurde bei einem Patienten ein extrabudgetäres Zusatzentgelt (ZE) abgerechnet, so wurde der entsprechende Entgeltschlüssel aus den Abrechnungsinformationen abgelesen und notiert. Die Höhe des geltenden Erlöses für die entsprechende ZE wurde anschließend aus dem Zusatzentgeltkatalog für extrabudgetäres Zusatzentgelt entnommen. Kam es aufgrund eines RBS innerhalb eines halben Jahres zu einer erneuten Aufnahme eines Patienten, so wurde zusätzlich auch mit dieser neuen Fallnummer nach diesem Protokoll verfahren, für den Fall, dass es nicht zu einer Fallzusammenführung gekommen ist. Im Falle einer Fallzusammenführung wurden auch die Erlöse des Falls der Wiederaufnahme in der ursprünglichen Fallnummer abgebildet. Alle Erlöse, die die Behandlung eines Patienten in einem Zeitraum bis zu sechs Monaten nach der initialen Operation erbracht hat, wurden zu einem Gesamtkrankenhauserlös zusammengefasst.

### *2.2.3 Vergleich von Gesamterlös und Kosten*

Um die einzelnen Fälle hinsichtlich der entstandenen Behandlungskosten und der erbrachten Erlöse aller Patienten ermitteln zu können, mussten zunächst drei verschiedene Informationen erhoben werden: Zum einen mussten die herkömmlichen Behandlungskosten eines jeden Patienten ermittelt werden (Kostenbaseline). Weiterhin mussten zusätzliche Behandlungskosten erfasst werden, die aufgrund der Behandlung eines RBS entstanden sind, und schließlich die Gesamterlös eines jeden Falls. Anhand dieser Informationen ließ sich für jeden Fall ein Verlustindex errechnen, der sich aus dem

Quotienten aus insgesamt entstandenen Behandlungskosten sowie erbrachten Krankenhauserlösen ergab (vgl. Abb. 6).
Bei einem Verlustindex von 1 wären beispielsweise die entstandenen Kosten gleich dem Erlös des jeweiligen Falles. Demnach wäre der erwirtschaftete Profit eines Falles desto höher, je kleiner der Verlustindex ist und umgekehrt.

*Abbildung 6: Zusammensetzung der Informationen über Kosten und Erlös zu einem Verlustindex. Die Summe aus der Kostenbaseline sowie den Zusatzkosten ergibt einen Gesamtkostenfaktor (grün). Der Verlustindex ergibt sich aus dem Quotienten aus Gesamtkosten und Gesamterlös.*




Für die Ermittlung der zusätzlichen Behandlungskosten sowie der Gesamterlöse siehe Kapitel 2.2.1 bzw. 2.2.2.
Für die Ermittlung der Kostenbaseline wurde jedem Patienten anhand seiner Einweisungsdiagnose ein Kostenpunkt zugeordnet. Dafür wurde für jeden Fall mit Hilfe der entsprechende DRG der Einweisungsdiagnose und der InEK Datenmatrix [26] eine Kostenbaseline ermittelt. Die Datenmatrix des InEK enthält die Informationen zu Behandlungskosten aller Fallpauschalen. Diese Informationen werden nach Kostenstellengruppen und Kostenartengruppen unterteilt und dem InEK jährlich von Kalkulationskrankenhäusern übermittelt. Für die Aufstellung der Kostenstellen- und Kostenartengruppen vergleiche Tabelle 10.

*Tabelle 10: Auflistung der Kostenartengruppen und Kostenstellengruppen der InEK der InEK Datenmatrix zur Kostenkalkulation eines Falls*

| *a) Kostenartengruppen* |
|---|
| 1. Personalkosten ärztlicher Dienst |
| 2. Personalkosten Pflegedienst |
| 3. Personalkosten des Funktionsdienstes und des medizinisch-technischen Dienstes |
| 4a. Sachkosten für Arzneimittel |
| 4b. Sachkosten für Arzneimittel (Einzelkosten/Ist-Verbrauch) |
| 5. Sachkosten für Implantate und Transplantate |
| 6a. Sachkosten des medizinischen Bedarfs (ohne Arzneimittel, Implantate, Transplantate) |
| 6b. Sachkosten des medizinischen Bedarfs (Einzelkosten/Ist-Verbrauch; ohne Arzneimittel, Implantate und Transplantate) |
| 6c. Sachkosten für von Dritten bezogene medizinische Behandlungsleistungen |
| 7. Personal- und Sachkosten der medizinischen Infrastruktur |
| 8. Personal- und Sachkosten der nicht medizinischen Infrastruktur |

| *b) Kostenstellengruppen* |
|---|
| 1. Normalstation |
| 2. Intensivstation |
| 3. Dialyseabteilung |
| 4. OP-Bereich |
| 5. Anästhesie |
| 6. Kreißsaal |
| 7. Kardiologische Diagnostik/Therapie |
| 8. Endoskopische Diagnostik/Therapie |
| 9. Radiologie |
| 10. Loboratorien |
| 11. Diagnostische Bereiche |
| 12. Therapeutische Verfahren |
| 13. Patientenaufnahme |

*Anmerkungen: a) Kostenartengruppen; b) Kostenstellengruppen*
*Quelle: Handbuch zur Kalkulation von Behandlungskosten Version 4.0 [21].*

Hat ein Patient beispielsweise eine koronare Herzkrankheit mit der Indikation für eine CABG OP, wurde ihm die Einweisungsdiagnose „F06F - Koronare Bypass-Operation ohne mehrzeitige komplexe OR-Prozeduren, ohne komplizierende Konstellation, ohne Karotiseingriff, ohne invasive kardiologische Diagnostik, ohne intraoperative Ablation“ zugeteilt. Die Kostenbaseline für diesen Fall konnte anhand der Summe der

Kostenstellen- und Kostenartengruppen ermittelt werden. Anhand des angeführten Beispiels ergibt sich eine Kostenaufstellung gemäß Tabelle 11.

*Tabelle 11: Aufstellung der Behandlungskosten zur Ermittlung der Kostenbaseline anhand des Beispiels der DRG F60F.*

| *Kostenstellengrupe/Kostenartengruppe* | *1* | *2* | *3* | *4a* | *4b* | *5* | *6a* | *6b* | *7* | *8* | *Summe* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *1* | 478,46 | 1023,01 | 63,55 | 92,89 | 26,29 | 0 | 99,41 | 2,66 | 290,09 | 778,28 | 2854,64 |
| *2* | 367,78 | 893,17 | 20,61 | 76,48 | 39,41 | 0 | 162,63 | 3,98 | 180,57 | 402,05 | 2146,68 |
| *4* | 944,6 | 0 | 908,61 | 91,39 | 91,12 | 24,46 | 760,7 | 911,32 | 397,72 | 616,35 | 4746,27 |
| *5* | 536,57 | 0 | 331,05 | 39,23 | 23,79 | 0 | 140,76 | 18,25 | 82,88 | 133,99 | 1306,52 |
| *7* | 18,39 | 0 | 23,3 | 1,8 | 0,01 | 1,4 | 11,69 | 17,74 | 8,58 | 15,31 | 98,22 |
| *8* | 0,78 | 0 | 0,9 | 0,03 | 0 | 0 | 0,29 | 0,11 | 0,31 | 0,58 | 3 |
| *9* | 49,92 | 0 | 65,54 | 0,48 | 0 | 0,03 | 7,44 | 2,36 | 27,22 | 31,55 | 184,54 |
| *10* | 29,3 | 0 | 143,82 | 5,3 | 138,56 | 0 | 137,79 | 24,54 | 21,78 | 64,34 | 565,43 |
| *11* | 58,32 | 0,45 | 121,31 | 0,66 | 0,01 | 0 | 6,13 | 9,32 | 17,68 | 45,46 | 259,34 |
| *Summe* | 2484,12 | 1916,63 | 1678,69 | 308,26 | 319,19 | 25,89 | 1326,84 | 990,28 | 1026,83 | 2087,91 | 12164,6 |

*Anmerkung: Die entsprechenden Kosten sind in Euro angegeben. Für die Auflistung der Kostenstellengruppen bzw. Kostenartengruppen siehe Tabelle 10.*

## *2.3 Verweildauer*

Die postoperativen Krankenhausverweildauern der einzelnen Fälle wurden aus dem Krankenhausinformationssystem der Klinik entnommen und dokumentiert. Dabei wurden die Tage ab dem ersten postoperativen Tag gezählt. War ein Patient beispielsweise insgesamt neun Tage stationär im Krankenhaus aufgenommen und wurde am zweiten Tag einer Operation unterzogen, so betrug die postoperative Krankenhausverweildauer sieben Tage.

Die mittleren und medianen Verweildauern wurden anschließend einer statistischen Analyse unterzogen, wobei zwischen den Gruppen ATC und Kontrolle sowie zwischen Patienten mit und ohne RBS unterschieden wurde.

## *2.4 Statistik*

Im Rahmen dieser Studie wurden die Einschlussphasen der beiden Gruppen im Vorhinein auf sechs Monate für die Kontrollgruppe sowie sechs Monate für die ATC Gruppe festgelegt. Eine explorative statistische Analyse wurde mit der Statistiksoftware RStudio (Version 1.1.423, RStudio inc., 2009-2018) durchgeführt. Die Daten wurden mittels Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung getestet. Normalverteilte Parameter wurden als Mittelwerte ± Standarddeviationen ermittelt und werden als solche dargeboten. Nicht

normalverteilte Parameter werden als Median einschließlich des Interquartilabstandes dargeboten. Vergleiche zwischen Gruppen oder Kohorten wurden anhand des Chi-Quadrat-Tests für nominale Variablen bzw. des Student‘s T-Test oder Wilcoxon-Mann-Whitney-Test für stetige Variablen ermittelt. Statistische Signifikanz wurde ab einem p-Wert von $p < 0,05$ angenommen.

Um die Krankenhausmortalität des RBS darzustellen, erfolgte eine multivariate Regressionsanalyse. Die RBS Komponenten wurden zunächst mittels einem binär logistischen Regressionsmodells analysiert. Im Anschluss wurde die Signifikanz der differierenden Ergebnisse mit Hilfe des Wilcoxon-Rank-SumTest ermittelt.

Das Assoziationsmaß zweier Merkmale wurde mittels Fischer Test ermittelt und als Odds Ratio dargeboten.

# 3. Ergebnisse

Insgesamt wurden Daten von 706 Patienten erhoben, von denen 271 Patienten der ATC Gruppe und 435 Patienten der Kontrollgruppe zugeordnet wurden. Der Anteil an isolierten nonCABG Eingriffen sowie an Eingriffen bei denen zwei Prozeduren durchgeführt wurden war in der Kontrollgruppe signifikant höher als in der ATC Gruppe (21% vs. 12%; 21% vs. 18%, $p = 0,002$). Die Verteilung der übrigen Merkmale wies in beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede auf. Der Euro Score II Wert betrug im Durchschnitt 6,3 ± 9% bzw. 6 ± 8%, was Operationen mit hohem Risiko entspricht [27]. Die präoperativ erhobenen Laborwerte waren im Normbereich. Für eine Auflistung der Verteilung der Basisdaten innerhalb der beiden Gruppen siehe Abbildung 7.

Eine statistische Auswertung der klinischen Daten war Inhalt einer Partnerarbeit von Nicolas Heim. Demnach konnten bezüglich des Auftretens eines RBS keine Unterschiede festgestellt werden. Die Re-OP Raten waren in der ATC Gruppe signifikant niedriger als in der Kontrollgruppe (4,1% vs. 9,9 %; $P = 0,015$) [8].

*Abbildung 7: Auswertung der Basisdaten*

| *Parameter* | *ATC (n=271)* | *Kontrolle (n=435)* | *p-Wert* |
|---|---|---|---|
| *Alter (Jahre)* | 67,92 ± 9,82 | 66,56 ± 11,35 | 0,27 |
| *BMI(kg/m²)* | 28,24 ± 5,13 | 28,24 ± 5,32 | 0,71 |
| *Geschlecht (weiblich)* | 65 (24) | 114 (26) | 0,51 |
| *Revisionseingriff* | 16 (6) | 30 (7) | 0,64 |
| *Gewicht des Eingriffs* | | | |
| Isolierter CABG | 182 (67) | 240 (55) | 0,002 |
| Isolierter nonCABG | 32 (12) | 95 (21) | |
| zwei Prozedure | 50 (18) | 92 (21) | |
| drei oder mehr Prozeduren | 7 (3) | 8 (2) | |
| *Dringlichkeit des Eingriffs* | | | |
| Elektiv | 144 (53) | 205 (47) | 0,26 |
| Dringlich | 96 (35) | 168 (39) | |
| Notfall | 31 (11) | 62 (14) | |
| *Euro Score II* | 6,3 ± 9 | 6 ± 8 | 0,5 |
| *INR präoperativ* | 1,07 ± 0,34 | 1,06 ± 0,2 | 0,8 |
| *aPTT präoperativ (s)* | 33,31 ± 14,27 | 35,21 ± 14,55 | 0,0001 |
| *Thrombozyten präoperativ (G/l)* | 231,18 ± 71,62 | 232,97 ± 76,01 | 0,6 |

*Abkürzungen: ATC = Active Tube Clearence, BMI = Body Mass Index, CABG = Koronararterieller Bypass Graft, INR = International Normalized Ratio, PTT = Partielle Thromboplastinzeit*

## *3.1 Kostenkalkulation der Behandlung von RBS*

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die zusätzlich entstanden Kosten ermittelt, die bei der Behandlung eines RBS angefallen sind. Gemäß der in Kapitel 2 beschriebenen Material- und Personallisten, wurden die einzelnen Kosten, die für die jeweilige Behandlung notwendig wurden, erfragt und dokumentiert.

### *3.1.1 Re-Operation*

Für die Kalkulation der Kosten einer Re-OP (Re-Thorakotomie bei Nachblutung oder Perikardtamponade) wurde ein Modell verwendet, bei dem eine HLM inklusive Kardiotechniker im Standby zur Verfügung stand. Demnach entstanden Personalkosten von 3,63 € pro Minute und Materialkosten von 745,56 €. Für die Betriebskosten des OP-Saals wurden 1,11 € pro Minute veranschlagt. Die einzelnen Kostenpunkte sind Tabelle 12 zu entnehmen.

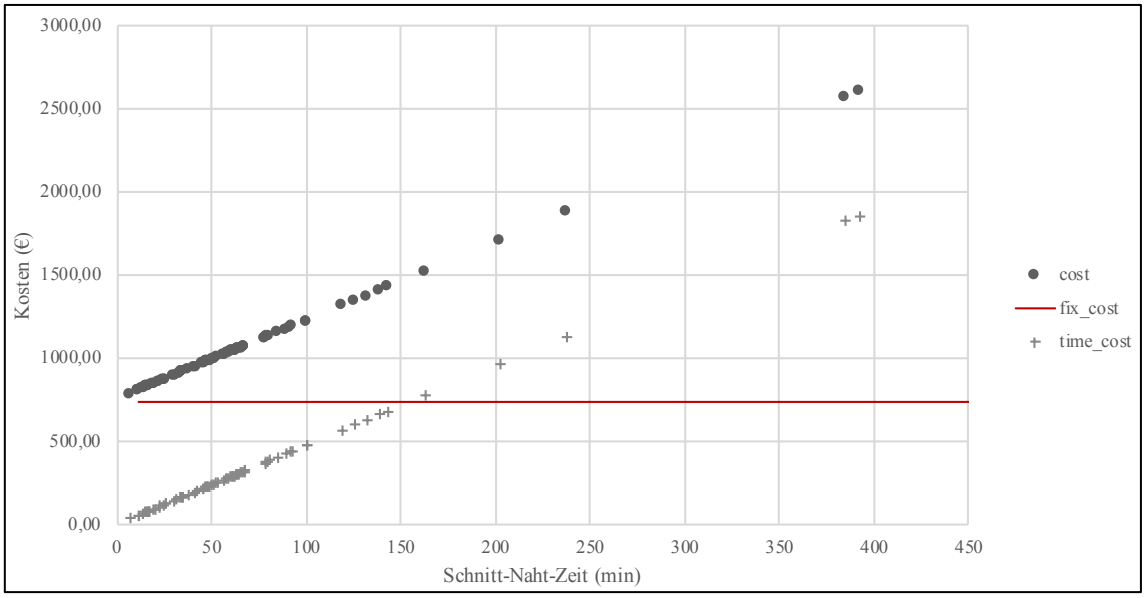
*Tabelle* 12*: Kostenkalkulation für eine Re-Operation – Modell einer 130-minütigen Operation mit HLM-Einsatz oder HLM-Standby*

| | *pro Minute (€)* | *pro OP (€)* |
|---|---|---|
| *Personalkosten* | | |
| Kardiotechniker | 0,48 | 62,40 |
| Arzt Anästhesie | 0,66 | 85,80 |
| 2 Ärzte KVC | 1,32 | 171,60 |
| Pflegekraft Anästhesie | 0,39 | 50,70 |
| 2 Pflegekräfte OP | 0,78 | 101,40 |
| *Materialkosten* | | |
| Grundsieb | | 88,50 |
| Herzsieb | | 50,56 |
| Schrittmachersieb | | 65,90 |
| 3 steriler Kittel | | 17,28 |
| 3 Paar sterile Handschuhe | | 1,80 |
| Thoraxdrainage/ATC | | 21,48/200* |
| OP Abdeckung | | 33,08 |
| HLM Schlauchsystem | | 446,83 |
| Oxygenator | | 41,56 |
| div. Verbrauchsmaterial | | 0,05 |
| *Unterhaltungskosten* | | |
| Betriebskosten OP Saal | 1,11 | 144,30 |
| *Summe* | 4,74 | 1361,76 |

*Abkürzungen: KVC = Kardiovaskuläre Chirurgie, HLM = Herz-Lungen-Maschine, OP = Operation, ATC = Active Tube Clearance; * = Je nach Zuordnung in einen der Behandlungsarme ergeben sich unterschiedliche Preise für eine Thoraxdrainage.*

Für jede OP ergibt sich ein Fixkostenfaktor von 745,56 € sowie ein Kostenfaktor pro Minute von 4,74 €. In Abhängigkeit von der Schnitt-Naht-Zeit entsteht die in Abbildung 8 dargestellte Beziehung. Für das Beispiel einer 130-minütigen Re-OP mit dem Einsatz einer HLM oder HLM im Standby ergibt sich somit ein Betrag von 1361,76 €.

*Abbildung 8: : OP-Kosten in Abhängigkeit der Schnitt-Naht-Zeit.*




*Anmerkung: Das Diagramm zeigt Fixkosten, Kosten pro Minute sowie Gesamtkosten, die während einer Re-OP in Abhängigkeit der Schnitt-Naht-Zeit entstanden sind.*
*X-Achse = Schnitt-Naht-Zeit in Minuten, Y-Achse = Kosten in Euro, cost = Gesamtkosen einer Re OP, fix_cost = Fixkosten für eine Re-OP, time_cost = OP-Kosten pro Minute.*

Es bleibt zu erwähnen, dass je nach Zuordnung in die unterschiedlichen Gruppen der Preis für eine Thoraxdrainage variiert. Der Einsatz der regulären Drainagen beläuft sich auf 21,48 €, während der Einsatz von ATC Drainagen Kosten von 199 € pro Patient verursacht. Bei dem Vergleich der pauschalen Kosten für eine Re-OP wurden die Kosten der unterschiedlichen Drainagen daher nicht verglichen. Der Vergleich soll im Nachhinein zwischen den beiden Gruppen angestellt werden.

### *3.1.2 Pleurapunktion*

Für die Kalkulation der Kosten, die bei der Behandlung eines Pleuraergusses entstanden sind, wurde das Modell einer Prozedur verwendet, wie sie auf der kardiochirurgischen Intensivstation des UKGM Gießen standardmäßig durchgeführt wird. Im Rahmen des entsprechenden Modells wurde eine Interventionsdauer von 20 Minuten angenommen.

Gemäß des in Kapitel 2 aufgelisteten Material- und Personalaufwandes einer Pleurapunktion, ergaben sich Gesamtkosten von 64,52 € pro Intervention. Die detaillierte Aufstellung der einzelnen Kosten ist Tabelle 13 zu entnehmen.

*Tabelle 13: Kostenkalkulation für eine Pleurapunktion – Modell einer 20-minütigen Intervention*

| | *pro Minute (€)* | *pro Intervention (€)* |
|---|---|---|
| *Personalkosten* | | |
| Arzt KVC | 0,66 | 13,20 |
| *Materialkosten* | | |
| Punktionsnadel | | 0,05 |
| Sterile Handschuhe | | 0,60 |
| Steriler Kittel | | 5,76 |
| 10 ml Spritze | | 0,04 |
| Lidocain 2% 10 ml | | 1,37 |
| Subcutannadel | | 0,95 |
| Lochtuch | | 1,23 |
| Abdeckung | | 0,51 |
| Thoraxdrainage | | 21,48 |
| Pleura CAT set* | | 19,28 |
| div. Verbrauchsmetrial | | 0,05 |
| *Summe* | 0,66 | 64,52 |

*Abkürzungen: KVC = Kardiovaskuläre Chirurgie, * = Set für die Einmalpunktion, das zudem zur Anlage einer permanenten Pleuradrainage verwendet wird.*

### *3.1.3 Perikardpunktion*

Die Kalkulation der Kosten, die bei einer Perikardpunktion anfallen, orientiert sich an einem Modell einer 15-minütigen Prozedur, wie sie auf der kardiochirurgischen Intensivstation des UKGM Gießen standardisiert durchgeführt wird. Gemäß der in Kapitel 2 aufgeführten Auflistung aller für eine Perikardpunktion notwendigen Materialien sowie des Personalaufwandes, ergeben sich Gesamtkosten von 141,69 € für eine 15-minütige Intervention. Darin enthalten ist ein Zeitrahmen für die sonographische

Diagnostik eines Perikardergusses, für den der Personalaufwand während einer zehnminütigen Sonographie berechnet wurde. Eine detaillierte Aufstellung aller angefallenen Kosten für eine Perikardpunktion ist Tabelle 14 zu entnehmen.

*Tabelle 14: Kostenkalkulation für eine Perikardpunktion – Modell einer 15-minütigen Intervention inklusive einer zehnminütigen Ultraschalldiagnostik*

| | *pro Minute (€)* | *pro Intervention (€)* | *pro Diagnostik (€)* |
|---|---|---|---|
| *Personalkosten* | | | |
| Pflegekraft | 0,39 | 5,85 | |
| 2 Ärzte KVC | 1,32 | 19,80 | |
| Arzt KVC | 0,66 | | 6,60 |
| *Materialkosten* | | | |
| Punktionsnadel | | 0,05 | |
| 10 ml Spritze | | 0,04 | |
| Lidocain 2% 10 ml | | 1,37 | |
| Subcutannadel | | 0,95 | |
| Lochtuch | | 1,23 | |
| Steriler Kittel | | 5,76 | |
| Sterile Handschuhe | | 0,60 | |
| Abdeckung | | 0,51 | |
| Pigtail Set* | | 91,63 | |
| Perikardpunktionskanüle | | 7,25 | |
| div. Verbrauchsmetrial | | 0,05 | |
| *Summe* | 2,37 | 141,69 | 6,60 |

*Abkürzungen: KVC = Kardiovaskuläre Chirurgie, * = Set für die Einmalpunktion, das zudem zur Anlage einer permanenten Perikarddrainage verwendet wird.*

### *3.1.4 Neu aufgetretenes Vorhofflimmern*

Die Kosten, die im Rahmen der Behandlung eines neuaufgetretenen VHF entstanden sind, wurden entsprechend dem Modell einer elektrischen sowie einer medikamentösen Kardioversion berechnet, wie sie auf der kardiochirurgischen Intensivstation des UKGM Gießen standardmäßig durchgeführt wird. Gemäß der Material- und Personalkostenaufstellung in Kapitel 2 ergaben sich für eine 20-minütige elektrische Kardioversion Gesamtkosten von 68,38 €. Für eine medikamentöse Kardioversion mit

dem Antiarrhythmikum Amiodaron, für die mit einem Zeitfaktor von fünf Minuten kalkuliert wurde, ergaben sich Gesamtkosten von 11,54 €.

Für den Fall, dass ein Patient nach einer elektrischen Kardioversion in einen Sinusrhythmus konvertiert werden konnte, wurde ein Betrag von 79,92 € berechnet, da gemäß des standardmäßigen Verfahren des UKGM Gießen der Versuch einer medikamentösen Kardioversion dem Versuch einer elektrischen Kardioversion vorausgeht. Blieb der Therapieversuch erfolglos, wurde ebenfalls mit 79,92 € kalkuliert, da in diesem Fall sowohl der Versuch der medikamentösen als auch der Versuch der elektrischen Kardioversion unternommen wurden. Eine detaillierte Aufstellung der einzelnen Kosten, die bei der Therapie des neuaufgetretenen VHF entstanden, sind Tabelle 15 zu entnehmen.

*Tabelle 15: Kostenkalkulation für die Therapie eines neuaufgetretenen VHF im Rahmen eines RBS*

| Elektrische Kardioversion Kardioversion | | | Medikamentöse Kardioversion | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *pro Minute (€)* | *pro Intervention (€)* | | *pro Minute (€)* | *pro Intervention (€)* |
| *Personalkosten* | | | *Personalkosten* | | |
| Pflegekraft | 0,39 | 7,80 | Pflege | 0,39 | 1,95 |
| Arzt KVC | 0,66 | 13,20 | Arzt KVC | 0,66 | 3,30 |
| *Materialkosten* | | | *Materialkosten* | | |
| Defi Klebepatches | | 44,60 | Infusionssystem | | 0,65 |
| Ethomidate | | 2,73 | Amiodaron | | 5,59 |
| div. Verbrauchsmaterial | | 0,05 | div. Verbruchsmaterial | | 0,05 |
| *Summe* | 1,05 | 68,38 | *Summe* | 1,05 | 11,54 |

*Anmerkung: Bei der Aufstellung unterscheiden sich Kosten für eine elektrische Kardioversion (links) von Kosten für eine medikamentöse Kardioversion (rechts); Abkürzungen: KVC = Kardiovaskuläre Chirurgie, Defi = Defibrillator, VHF = Vorhofflimmern.*

### *3.1.5. Behandlung mit zusätzlichem Antibiotikum*

Die Kosten, die aufgrund einer Therapie mit einem zusätzlichen Antibiotikum entstanden sind, wurden gemäß der Aufstellung des Material- und Personalkostenaufwandes aus Kapitel 2 kalkuliert. Tabelle 16 zeigt am Beispiel der Therapie mit dem Wirkstoff Piperacillin/Tazobactam (= Tazobac) die detaillierte Auflistung der für eine Einmalgabe dieses Wirkstoffs notwendigen Mittel. Bei einer Einmalgabe von Tazobac sind Kosten von 21,50 € entstanden.

*Tabelle 16: Kostenkalkulation einer zusätzlichen Behandlung mit einem Antibiotikum am Beispiel Piperacillin/Tazobactam (Einmalgabe)*

| | *pro Minute (€)* | *pro Intervention (€)* |
|---|---|---|
| *Personalkosten* | | |
| Pflege | 0,39 | 0,78 |
| Arzt KVC | 0,66 | 1,32 |
| *Materialkosten* | | |
| Infusionssystem | | 0,65 |
| Antibiotikum | | 18,70 |
| div. Verbrauchsmaterial | | 0,05 |
| *Summe* | 1,05 | 21,50 |

*Anmerkung: Der Kostenpunkt „Antibiotikum" wurde für die Kalkulation anderer antibiotischer Therapien durch die Kosten der entsprechenden Wirkstoffe substituiert.*
*Abkürzungen: KVC = Kardiovaskuläre Chirurgie.*

Gemäß der SOP des UKGM Gießen sowie aktuell geltender Leitlinien (Stand März 2018) wurde für jeden der zwölf verschiedenen Wirkstoffe, die zur Behandlung der RBS-bedingen Infektion eingesetzt wurden, ein Gesamtkostenfaktor errechnet. Diese einzelnen Gesamtkostenfaktoren ergeben sich aus dem Produkt der Kosten für eine Einmalgabe mit dem jeweiligen Wirkstoff, der Anwendungen pro Tag sowie der Behandlungsdauer in Tagen. Am Beispiel Tazobac ergaben sich Gesamtkosten von 322,50 € für eine zusätzliche Therapie mit diesem Wirkstoff. Eine Auflistung der verwendeten Wirkstoffe und deren Gesamtkostenfaktoren sind Tabelle 17 zu entnehmen.

*Tabelle 17: Übersicht über die Gesamtkosten der einzelnen Therapien mit den unterschiedlichen gängigen Wirkstoffen, die bei RBS Verwendung finden.*

| | *pro Intervention (€)* | *Behandlungsdauer (d)* | *Anwendung pro Tag* | *Gesamtkosten (€)* |
|---|---|---|---|---|
| Piperacillin/Tazobactam | 21,50 | 5 | 3 | 322,50 |
| Meropenem | 39,47 | 5 | 3 | 592,05 |
| Ampicillin/Sulbactam | 9,82 | 7 | 3 | 206,22 |
| Ciprofloxacin | 16,66 | 7 | 2 | 233,24 |
| Imipenem | 20,65 | 5 | 4 | 413,00 |
| Vancomycin | 29,90 | 10 | 2 | 598,00 |
| Linezolid | 60,99 | 14 | 2 | 1707,72 |
| Clindamycin | 9,19 | 7 | 3 | 192,99 |
| Levofloxacin | 16,66 | 7 | 2 | 233,24 |
| Erythromycin | 13,77 | 5 | 2 | 137,70 |
| Clarithromycin | 17,97 | 5 | 2 | 179,70 |
| Cefuroxim | 11,48 | 5 | 3 | 172,20 |

*Die Gesamtkosten ergeben sich aus der Anzahl der Anwendungen pro Tag und der Behandlungsdauer in Tagen entsprechend des im UKGM verwendeten Standards sowie aktueller Leitlinien.*

## *3.2 Zusätzliche Behandlungskosten durch die Behandlung von RBS im Vergleich zwischen der Gruppen ATC und Kontrolle*

### *3.2.1 Zusätzlich entstandene Kosten aufgrund RBS*

Die errechneten Kostenfaktoren der einzelnen Therapieverfahren zur Behandlung von RBS wurden mithilfe der während der Datenerfassung dokumentierten Informationen zu den entsprechenden Komplikationen zu zusätzlichen Teil- bzw. Gesamtkosten zusammengefasst. Diese Zusatzkosten wurden sodann innerhalb der beiden Gruppen verglichen. Die Ergebnisse wurden dabei noch einmal in Zusatzkosten pro RBS-Patient und Zusatzkosten pro Patient einer jeweiligen Gruppe unterteilt.

In Tabelle 18 sind alle Kosten aufgelistet, die zusätzlich wegen der Behandlung eines RBS entstanden sind.

Bei insgesamt 145 Patienten des Gesamtkollektivs (N = 706) sind zusätzliche Kosten aufgrund der Behandlung von RBS entstanden. Dies entsprach zusätzlichen Gesamtkosten von 233180,77 €. Pro Patient beliefen sich die Zusatzkosten auf 432,87 ± 1148,72 €.

Kosten für ein neu aufgetretenes VHF oder für eine zusätzliche antibiotische Therapie wurden nur dann mit einkalkuliert, wenn aufgestautes Blut die Ursache für die Behandlung gewesen ist.

Zwischen dem Auftreten von postoperativen Infektionen und RBS konnte ein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden ( Odds Ratio = 3; $p < 0{,}001$). Zwischen dem Auftreten von neu aufgetretenem VHF und RBS konnte kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden.

*Tabelle 18: Übersicht der durch RBS zusätzlich entstandenen Gesamtkosten*

| | Gesamtkohorte (N=706) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Häufigkeit, % | Kosten (€) | Zusatzkosten pro Patient mit RBS(€) | Zusatzkosten pro Patient des Gesamtkollektivs (€) |
| Pleurapunktion | 111 (16) | 11953,04 | 107,69 ± 82,66 | 16,93 ± 51,04 |
| Perikardpuntion | 15 (2) | 2125,35 | 141,69 ± 0 | 3,01 ± 20,45 |
| Re Operation | 53 (8) | 137838,06 | 2600,72 ±1996,73 | 195,24 ± 874,29 |
| Neuaufgetretenes VHF aufgrund RBS | 33 (5) | 1269,76 | 38,48 ± 33,93 | 4,71 ± 15,79 |
| Zusätzliche antibiotische Therapie aufgrund RBS | 79 (11) | 79994,56 | 1012,59 ± 971,29 | 212,99 ± 551,91 |
| Gesamt Zusatzkosten aufgrund RBS | 145 (20) | 233180,77 | 1608,14 ± 2031,28 | 432,87 ± 1148,72 |

*Anmerkung: Alle zusätzlichen Kosten, die durch die Behandlung von RBS entstanden sind. Abkürzungen: VHF = Vorhofflimmern, RBS = Retained Blood Syndrome, ATC = Active Tube Clearance.*

### *3.2.2 Zusätzlich entstandene Kosten aufgrund RBS – Vergleich der ATC- und Kontrollgruppe*

Tabelle 19 soll zunächst eine Übersicht über die absoluten sowie relativen Häufigkeiten des Aufkommens zusätzlicher Behandlungskosten aufgrund von RBS verschaffen. Dabei sind die einzelnen Komplikationen des RBS Komplex sowie die Häufigkeit des Kostenaufkommens von RBS insgesamt aufgelistet.

*Tabelle 19: Übersicht über die Häufigkeit des zusätzlichen Kostenaufkommen aufgrund von RBS*

| | Gesamt (N = 706) | ATC (n = 271) | Kontrolle (n = 435) | p-Wert |
|---|---|---|---|---|
| Pleurapunktion, n (%) | 11 (16) | 42 (15) | 69 (16) | 0,9 |
| Perikardpunktion, n (%) | 15 (2) | 7 (3) | 8 (2) | 0,51 |
| **Re Operation, n (%)** | **53 (8)** | **11 (4)** | **42 (10)** | **0,006*** |
| Neuaufgetretenes VHF aufgrund RBS, n (%) | 33 (5) | 11 (4) | 22 (5) | 0,88 |
| Zusätzliche antibiotische Therapie aufgrund RBS, n (%) | 79 (11) | 26 (10) | 53 (12) | 0,44 |
| Gesamtzusatzkosten aufgrund RBS, n (%) | 145 (20) | 48 (18) | 97 (22) | 0,7 |

*Abkürzung: VHF = Vorhofflimmern, RBS = Retained Blood Syndrome, ATC = Active Tube Clearance, * = hohes statistisches Signifikanzniveau*

Hinsichtlich der Inzidenz des RBS konnten in der ATC Gruppe (n = 271) gegenüber der Kontrollgruppe (n = 435) keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (18 % vs. 22 %, p = 0,7). Zwischen den Gruppen ATC und Kontrolle zeigte sich ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Häufigkeit für eine Re-OP aufgrund von RBS (4 % vs. 10 %, p = 0,006).

Eine detaillierte Aufstellung der zusätzlichen Behandlungskosten aufgrund von RBS im Vergleich der beiden Gruppen ist Tabelle 20 zu entnehmen. Die für die Behandlung von RBS zusätzlich entstandenen Kosten beliefen sich in der ATC Gruppe auf 366,93 ± 895,83 € pro Patient. In der Kontrollgruppe wurden durch die Behandlung von RBS 473,96 ± 1280,57 € pro Patient verursacht (p = 0,7).
Im Vergleich zwischen den beiden Gruppen, konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der zusätzlich entstandenen Behandlungskosten festgestellt werden.

*Tabelle 20: Übersicht der durch RBS zusätzlich entstandenen Kosten im Vergleich zwischen der ATC- und der Kontrollgruppe. Unterschieden wurden die Kosten pro Patient, bei dem zusätzliche Behandlungskosten wegen der entsprechenden Komplikation entstanden sind, sowie Mittelwerte, bezogen auf die jeweilige Gruppe.*

| | ATC (n = 271) | | | Kontrolle (n = 435) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Kosten (€) | Zusatzkosten pro Patient mit RBS (€) | Zusatzkosten pro Patient der Gruppe (€) | Kosten (€) | Zusatzkosten pro Patient mit RBS (€) | Zusatzkosten pro Patient der Gruppe (€) |
| Pleurapunktion | 5.177,52 | 123,27 ± 116,75 | 19,11 ± 63,78 | 6.775,52 | 98,2 ± 50,93 | 15,58 ± 41,18 |
| Perikardpuntion | 991,83 | 141,69 ± 0 | 3,66 ± 22,52 | 1.133,52 | 141,69 ± 0 | 2,61 ± 19,06 |
| Re Operation | 23.676,24 | 2152,39 ± 1424,57 | 87,37 ± 506,21 | 114.161,82 | 2718,14 ± 2119,81 | 262,44 ± 1034,64 |
| Neuaufgetretenes VHF aufgrund RBS | 400,46 | 36,41 ± 34,5 | 4,73 ± 15,97 | 869,30 | 39,51 ± 34,4 | 4,69 ± 15,69 |
| Zusätzliche antibiotische Therapie aufgrund RBS | 32.520,30 | 1250,78 ± 1204,68 | 252,06 ± 647,87 | 47.474,26 | 895,74 ± 821,65 | 188,65 ± 481,80 |
| Gesamt Zusatzkosten aufgrund RBS | 62.766,35 | 1307,63 ± 1576,41 | 366,93 ± 895,83 | 170.414,42 | 1756,85 ± 2214,73 | 473,96 ± 1280,57 |

*Abkürzungen: VHF = Vorhofflimmern, RBS = Retained Blood Syndrome, ATC = Active Tube Clearance*

### *3.2.3 Effektivität der ATC Drainagen*

Die gesamte Reexplorationsrate von 22 % in der Kontrollgruppe gegenüber 18 % in der ATC Gruppe entspricht einer Absoluten Risikoreduktion (ARR) von 4 % und somit einer *Number Needed to Treat* (NNT) von 22 Patienten. Bezüglich der Perikardpunktionen konnte kein positiver Effekt durch die Verwendung von ATC Drainagen nachgewiesen werden, wodurch eine negative NNT errechnet wurde, was somit einer *Number Needed to Harm* (NNH) von 135 Patienten entspricht.

Für eine detaillierte Auflistung der Effektivität der einzelnen Komplikationen, die ein RBS ausmachen, sowie die für die Anschaffung von ATC Drainagen zusätzlich entstehenden Kosten siehe Tabelle 21.

*Tabelle 21: Effektivität und Anschaffungskosten von ATC Drainagen. Die Effektivität von ATC Drainagen anhand der ARR sowie NNT.*

| | ARR, (%) | NNT | Kosteneinsparung pro Fall, (€) | Mehrkosten für ATC pro Fall, (€) | Mehrkosten bis Einsparung |
|---|---|---|---|---|---|
| Pleurapunktion | 0,4 | 275 | -3,53 | 177,52 | 48818 |
| Perikardpunktion | -7 | -135* | -1,05 | 177,52 | --- |
| **Re-Operation** | **6** | **18** | **175,07** | **177,52** | **3195,36** |
| Neuaufgetratenes VHF aufgrund RBS | 1 | 101 | -0,04 | 177,52 | 17929,52 |
| Zusätzliche AB Therapie aufgrund RBS | 3 | 39 | -63,41 | 177,52 | 6923,28 |
| **Reexploration wegen RBS gesamt** | **5** | **22** | **107,03** | **177,52** | **3905,44** |

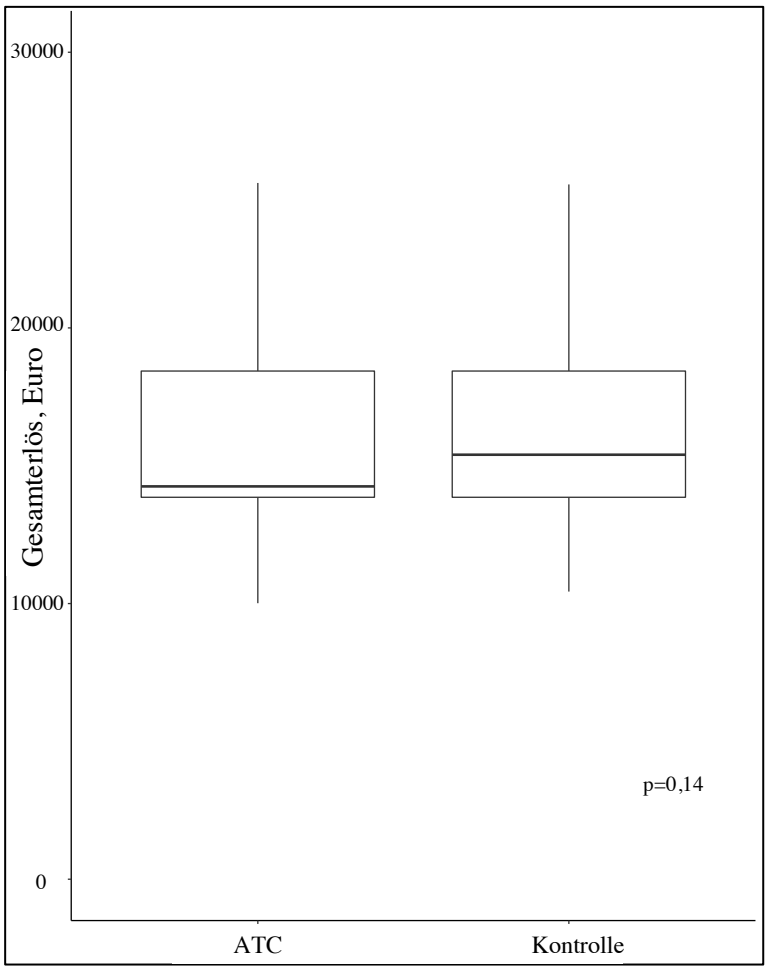
*Anmerkungen: Mehrkosten bis Einsparung = anfallende Anschaffungskosten für ATC pro Fall multipliziert mit der NNT. Fettgedruckt = Werte, bei denen es zu einer Kostenersparnis und einer Risikoreduktion kam. Abkürzung: ARR = Absolute Risikoreduktion, NNT = Number Needed to Treat, ATC = Active Tube Clearance, VHF = Vorhofflimmern, RBS = Retained Blood Syndrome, AB = Antibiotika, * = -NNT = NNH = Number Needed to Harm.*

## *3.3 Vergleich von Kosten und Krankenhauserlösen*

### *3.3.1 Direkter Vergleich von Krankenhauserlösen*

Die gemäß Kapitel 2 aus dem Krankenhausinformationssystem des UKGM Gießen dokumentierten Krankenhauserlöse der jeweiligen Fallnummern ergaben die in Abbildung 9 dargestellten medianen Krankenhauserlöse. Die Graphik zeigt den Vergleich zwischen der ATC- und der Kontrollgruppe. Zwischen den Gruppen ATC und Kontrolle konnte im Median kein signifikanter Unterschied hinsichtlich des Gesamterlöses festgestellt werden (16741,06 [13855,68 – 21718,22] € vs. 17224,38 [13855,68 – 25816,06] €, p = 0,14).

*Abbildung 9: Vergleich der medianen Gesamterlöse von Patienten in der ATC Gruppe und in der Kontrollgruppe*

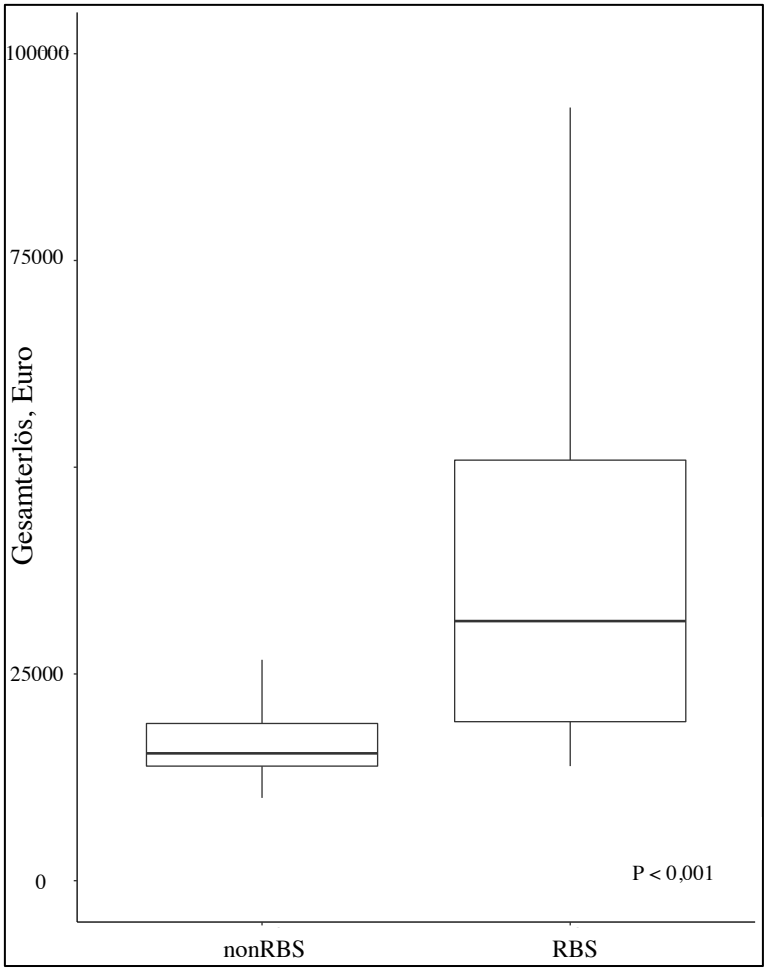



*Abkürzungen: ATC = Active Tube Clearance.*

In Abbildung 10 ist der Vergleich der medianen Krankenhauserlöse zwischen den Gruppen von Patienten mit und ohne RBS dargestellt.

Im Median konnte bezüglich der Krankenhauserlöse unter Einbezug des Gesamtkollektivs ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Kohorten der Patienten mit RBS und Patienten ohne RBS festgestellt werden.
Patienten mit RBS haben signifikant höhere Erlöse erbracht als Patienten ohne RBS. (32910,56 [19988,92 – 52809,69] € vs. 15399,55 [13855,68 – 19012,80] €, $p < 0,001$).

*Abbildung 10: Mediane der Gesamterlöse von Patienten mit RBS und ohne RBS.*




*Abkürzungen: RBS = Retained-Blood-Syndrome, nonRBS = Gruppe mit Patienten ohne RBS*

### *3.3.2 Vergleich der Verlustindizes zwischen der ATC- und der Kontrollgruppe*

Der im Rahmen der Datenerhebung für jeden Patienten dokumentierten Einweisungsdiagnose wurde die entsprechende DRG nach dem G-DRG System 2016 zugeordnet. Beispielsweise wurde allen Patienten, die als Einweisungsdiagnose eine koronare Herzkrankheit aufwiesen und sich einer CABG OP unterzogen, die DRG F06F[5] zugewiesen. Alle zugeordneten DRG inklusive der entsprechenden kalkulierten Kosten gemäß G-DRG Datenmatrix des Jahres 2016 können Tabelle 22 entnommen werden.

[5]Koronare Bypass-Operation ohne mehrzeitige komplexe OR-Prozeduren, ohne komplizierende Konstellation, ohne Karotiseingriff, ohne invasive kardiologische Diagnostik, ohne intraoperative Ablation.

*Tabelle 22: Auflistung der unterschiedlichen DRG inklusive der entsprechenden Gesamtkosten anhand der InEK Datenmatrix des Jahres 2016*

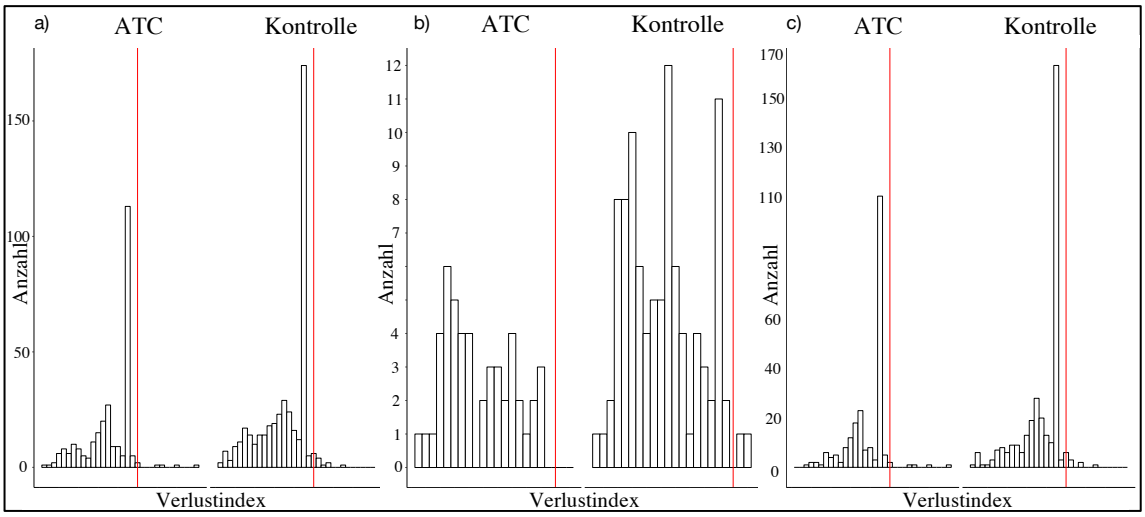
| Einweisungsgrund | Eingriff | DRG | Kosten (€) |
|---|---|---|---|
| Erkrankung der Herzkranzgefäße | ACB | F06F | 12164,64 |
| Erkrankung der Herzklappen | Herzklappenersatz/Rekonstruktion | F03F | 13519,72 |
| Herzklappenendokarditis | Herzklappenersatz/Rekonstruktion | F03E | 16184,34 |
| Erkrankung der thorakalen Aorta | Aortenbogenersatz | F07A | 16692,63 |
| Angeborene Herzfehler | Andere | F03C | 19102,36 |

*Abkürzungen: DRG = Diagnosis Related Groups, ACB = Aortokoronarer Bypass.*

Anhand der DRG wurde jedem Patienten eine Kostenbaseline zugeteilt, die mit Hilfe der G-DRG Datenmatrix des InEK aus dem Jahr 2016 ermittelt werden konnte. Zusammen mit den entstandenen Zusatzkosten, ergaben sich für alle Patienten der RBS Kohorte Gesamtkosten, die mit den jeweiligen Gesamterlösen in Verbindung gebracht werden konnten. Dazu wurde für jeden Fall ein Verlustindex errechnet, der sich aus dem Quotienten aus Gesamtkosten zu Gesamterlös ergab.

Abbildung 11 stellt die Anzahl von Patienten mit ihrem entsprechenden Verlustindex anhand von Histogrammen dar. Abgebildet sind die Vergleiche der entsprechenden Verlustindizes zwischen der ATC Gruppe und der Kontrollgruppe, bezogen auf die a) Gesamtpopulation (N = 706), b) auf alle Patienten der RBS Gruppe (n = 145) sowie c) auf alle Patienten, bei denen kein RBS auftrat (n = 561). Auf dem Niveau der roten Line (Verlustindex = 1) ergibt der Quotient aus Gesamtkosten und Gesamterlös = 1. Bei allen Patienten, dessen Verlustindex links der roten Linie lag, überwog der Gesamterlös. Bei allen Patienten, dessen Verlustindex rechts der roten Linie lag, überwogen die Kosten.

*Abbildung 11: Vergleich der Verlustindizes zwischen den Gruppen ATC und Kontrolle.*



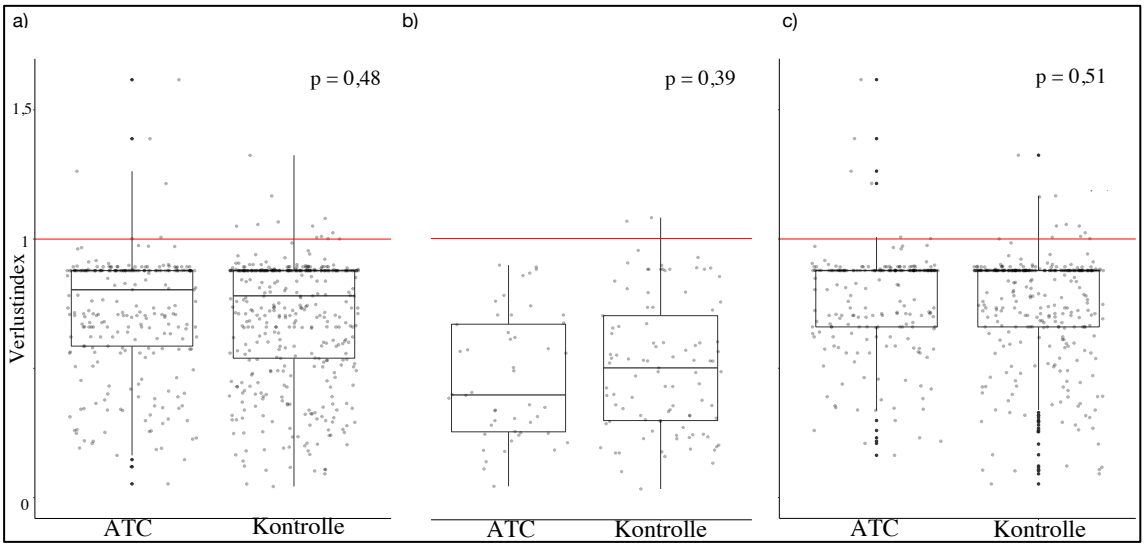

*Anmerkung: Die Abbildung zeigt die Anzahl der Patienten (Y-Achse) mit ihrem zugehörigen Verlustindex (X-Achse) Alle Patienten mit einem Verlustindex < 1 befinden sich links der roten Markierung, und haben keinen Verlust erbracht. Verlustindex = Gesamtkosten/Gesamterlös; rote Linie = Gesamtkosten /Gesamterlös = 1.*

*Legende: a) Bezogen auf die Gesamtpopulation (N = 706); b) Bezogen auf Patienten mit RBS (n = 145); c) Bezogen auf Patienten ohne RBS (n = 561).*

Hinsichtlich der Verlustindizes konnten zwischen der ATC und der Kontrollgruppe keine Unterschiede nachgewiesen werden.

In Abbildung 12 sind die entsprechenden Ergebnisse in Form von Boxplots abgebildet. Die einzelnen Punkte repräsentieren einzelne Patienten mit ihrem jeweiligen Verlustindex. Eine Häufigkeitsverteilung der Verlustindizes innerhalb der beiden Gruppen wird durch den jeweiligen Median abgebildet, der anhand der schwarzen Querbalken erkennbar ist. Die Räume oberhalb sowie unterhalb der Querbalken entsprechen den 75 % bzw. 25 % Interquartilbereichen. Die oberen und unteren Whisker bilden die maximalen bzw. minimalen Werte ab.

*Abbildung 12: Vergleich der Verlustindizes zwischen den Gruppen ATC und Kontrolle.*




*Abkürzungen: ATC = Active Tube Clearance*

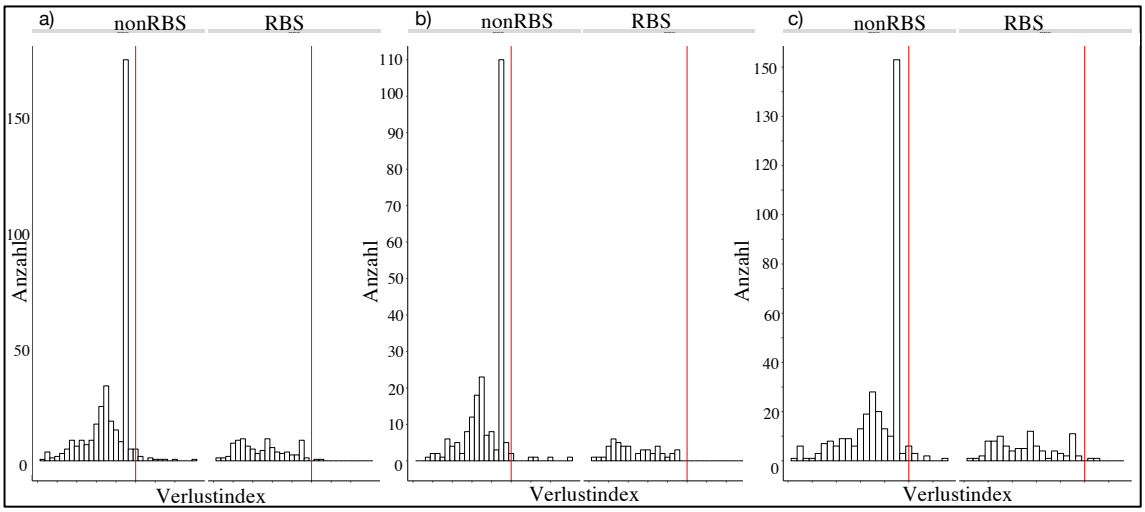
*Legende: a) Bezogen auf die Gesamtpopulation (N = 706); b) Bezogen auf Patienten mit RBS (n = 145); c) Bezogen auf Patienten ohne RBS (n = 561).*

### *3.4 Vergleich der Verlustindizes zwischen Patienten mit RBS und Patienten ohne RBS*

Abbildung 13 zeigt anhand von Histogrammen die Vergleiche der Verlustindizes zwischen den Gruppen von Patienten mit RBS und Patienten ohne RBS, bezogen auf die a) Gesamtpopulation (N = 706), b) auf alle Patienten der ATC Gruppe (n = 271) sowie c) auf alle Patienten der Kontrollgruppe (n = 435).

Gemäß der Definition des Verlustindex lassen sich diese Ergebnisse dahingehend interpretiere, dass in der Gruppe mit einem kleineren Verlustindex die Erlöse in Relation zu den Behandlungskosten überwiegen. Je kleiner der Verlustindex eines Falles ist, desto mehr Geld ist erwirtschaftet worden. Bei einem Verlustindex von 1, wären die entstandenen Kosten gleich dem erwirtschafteten Erlös eines Falles.

*Abbildung* 13*:Vergleich der Verlustindizes zwischen Patienten mit RBS und Patienten ohne RBS, bezogen auf die a) Gesamtpopulation (N = 706), b) Patienten der ATC Gruppe (n = 271) und c) Patienten der Kontrollgruppe (n = 435)*




*Anmerkung: Verlustindex = Gesamtkosten/Gesamterlös; rote Linie = Gesamtkosten = Gesamterlös; Abkürzungen: RBS = Patienten mit Retained-Blood-Syndromen, non-RBS = Patienten ohne Retained Blood Syndrom.*
*Legende: a) Bezogen auf die Gesamtpopulation (N = 706); b) Bezogen auf Patienten der ATC Gruppe (n = 276); c) Bezogen auf Patienten der Kontrollgruppe (n = 435).*

Der Vergleich der Verlustindizes zwischen Patienten mit RBS und Patienten ohne RBS erbrachte Unterschiede mit statistischer Signifikanz. Bei Patienten, bei denen ein RBS auftrat, konnten im Median signifikant niedrigere Verlustindizes ermittelt werden als bei Patienten, bei denen kein RBS auftrat (0,49 [0,3 – 0,68] vs. 0,88 [0,7 – 0,88], $p < 0,0001$).

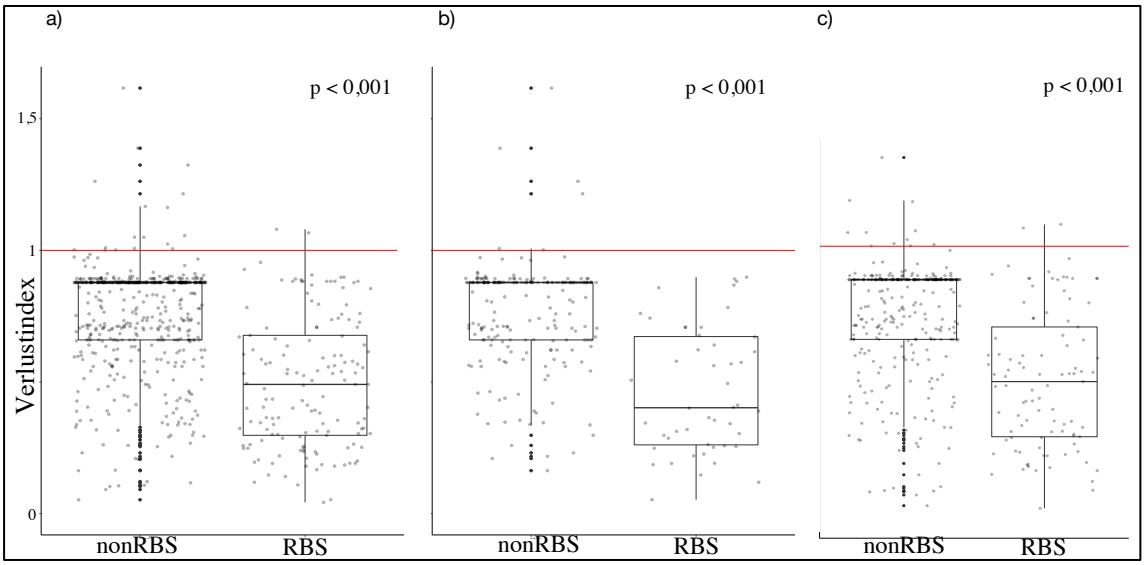
Sowohl unter Einbezug der Gesamtpopulation (N = 706) als auch im Rahmen einzelner Analysen innerhalb der ATC Gruppe (n = 276) und der Kontrollgruppe (n = 435) konnten in der Patientenkohorte mit RBS signifikant niedrigere Verlustindizes nachgewiesen werden.

Unter Einbezug aller Patienten der ATC Gruppe (n = 271) beliefen sich die Unterschiede im Median auf 0,4 [0,26 - 0,67] in der RBS Kohorte vs. 0,88 [0,66 - 0,89] in der Kohorte ohne RBS, $p < 0,0001$. Unter Einbezug aller Patienten der Kontrollgruppe (n = 435) auf 0,51 [0,3 - 0,7] in der RBS Kohorte vs. 0,88 [0,66 - 0,88] in der Kohorte ohne RBS, $p < 0,0001$.

Demnach haben Patienten mit einem RBS im Rahmen dieser Untersuchung einen signifikant höheren Profit erbracht.

Abbildung 14 verdeutlicht diesen Unterschied der Verlustindizes zwischen Patienten mit RBS und Patienten ohne RBS in Form von Boxplots.

*Abbildung 14: Vergleich der Verlustindizes zwischen Patienten mit RBS und ohne RBS.*




*Abkürzungen: RBS = Patienten mit Retained Blood Syndrome, nonRBS = Patienten ohne Retained Blood Syndrome.*

*Legende: a) Bezogen auf die Gesamtpopulation (N = 706); b) Bezogen auf Patienten der ATC Gruppe (n = 276); c) Bezogen auf Patienten der Kontrollgruppe (n = 435).*

## *3.5 Auswirkung auf die postoperative Verweildauer*

Die unterschiedlichen postoperativen Krankenhausverweildauern wurden gemäß Kapitel 2 einmal in Abhängigkeit von der Zuordnung in eine der Gruppen mit oder ohne ATC sowie im Unterschied zwischen Patienten mit und ohne RBS analysiert.

Eine Übersicht der mittleren und medianen postoperativen Verweildauern ist in Tabelle 23 dargestellt.

*Tabelle 23: Vergleich von postoperativer Krankenhausverweildauer zwischen der ATC- und der Kontrollgruppe sowie zwischen Patienten mit und ohne RBS*

| | | mittlere Verweildauer, d | mediane Verweildauer, d | p-Wert |
|---|---|---|---|---|
| Komplikation | RBS | 18,62 ± 22,71 | 13,51 | < 0,0001 |
| | nonRBS | 10,14 ± 4,42 | 9,5 | |
| Gruppe | ATC+ | 11,89 ± 12,52 | 9,54 | p = 0,35 |
| | ATC- | 11,88 ± 10,86 | 10,25 | |

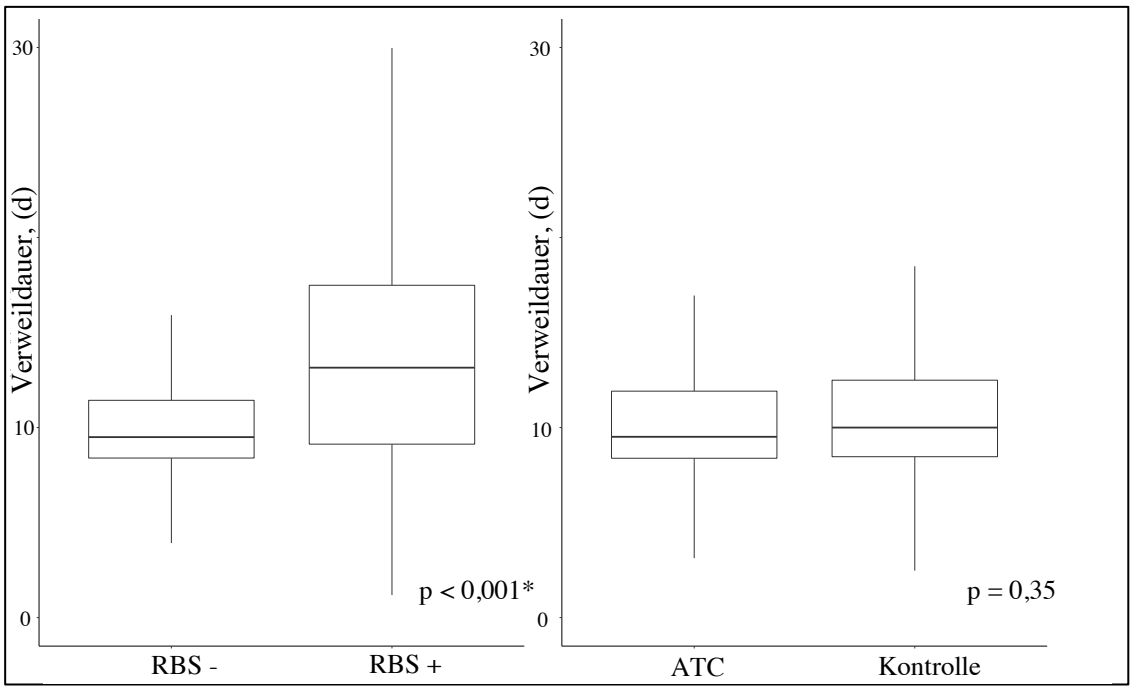
*Abkürzungen: RBS = Retained Blood Syndrome, nonRBS = Patienten ohne RBS, d = Tage, ATC = Active Tube Clearance.*

Der Vergleich zwischen Patienten mit RBS und ohne RBS zeigte signifikante Unterschiede. Bei Patienten mit RBS konnten signifikant höhere Krankenhausverweildauern ermittelt werden als bei Patienten ohne RBS (13,51 [9,47 – 22,06] vs. 9,5 [8,4 – 11,45], $p < 0,0001$).

Hinsichtlich der Verweildauer konnte zwischen der ATC- und der Kontrollgruppe kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden. Patienten, die mit einer ATC Drainage versorgt wurden, hatten demnach keine kürzere Behandlungsdauer als Patienten, die mit einer herkömmlichen Drainage versorgt wurden.

Abbildung 15 verdeutlicht die geschilderten Zusammenhänge. Die unterschiedlichen Mediane sind anhand der Querbalken des jeweiligen Boxplots zu erkennen.

*Abbildung 15: Postoperative Krankenhausverweildauer in Abhängigkeit der Gruppen ATC und Kontrolle (rechts) sowie Patienten mit RBS und ohne RBS (links*




*Abkürzungen: RBS = Retained Blood Syndrome, ATC = Active Tube Clearance, d = Tage, p = P-Wert, * = Ergebnis mit hohem Signifikanzniveau.*

# 4. Diskussion

Die zentrale Fragestellung dieser Arbeit lautete: „Können durch die Verwendung von ATC Drainagen zusätzliche Behandlungskosten für die Therapie von RBS eingespart werden?“

Dazu wurden die zusätzlich entstandenen Kosten, die bei den entsprechenden Interventionen entstehen, kalkuliert und anschließend zwischen zwei Studiengruppen unterschieden. Nach dem Vergleich der Kosten in der ATC Gruppe gegenüber der Kontrollgruppe lässt sich die zentrale Frage wie folgt beantworten: Durch die Verwendung von Thoraxdrainagen mit ATC können RBS assoziierte Behandlungskosten nicht nachweislich reduziert werden.

## *4.1 Grundsätzliche Überlegung zur Kalkulation von Kosten und Erlösen im deutschen Gesundheitswesen*

Spricht man von Kosten im Gesundheitswesen, müssen zwei prinzipiell unterschiedliche Begriffe voneinander getrennt werden. Einerseits kann von Behandlungskosten im Sinne

von Prozesskosten und andererseits von Krankenhauserlösen, also einem monetären Wert, den das Krankenhaus für einen Fall erhält, gesprochen werden.
Was die Behandlungskosten betrifft, so muss wiederum zwischen den tatsächlichen Prozesskosten sowie den sogenannten Opportunitätskosten unterschieden werden. Bei Prozesskosten handelt es sich um Kosten, die für ein Krankenhaus während der Behandlung eines Falles anfallen [28,29].
Spricht man von einer OP-Minute, so sind meistens die Opportunitätskosten oder Verzichtskosten gemeint. Diese fallen an, wenn die Möglichkeit zur Erbringung von Erlös nicht wahrgenommen wird.
Steht ein OP-Saal beispielsweise für eine Stunde still, sind die Opportunitätskosten gleich der Kosten, die in einer Stunde in diesem Operationsaal hätten verdient werden können.
Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die Prozesskosten der Behandlung von RBS ermittelt und mit den Erlösen in Beziehung gesetzt.

### *4.1.1 Hindernisse ökonomischer Analysen im deutschen Gesundheitswesen*

Die Kalkulation von tatsächlichen Kosten bzw. Einsparung einer bestimmten Behandlung oder eines bestimmten Prozesses lassen sich außerhalb von Kalkulationskrankenhäusern schwierig umsetzen. Grund dafür ist einerseits der enorme unter anderem auch personelle Aufwand einer Prozesskostenanalyse. In Krankenhäusern, die sich nicht an der Kalkulation beteiligen, wird häufig nicht jedes für eine Kalkulation wichtige Detail erfasst und dokumentiert. So ist beispielsweise die Sterilisation und das Bereithalten von Sterilgut ein wichtiger Prozess im Rahmen eines Falles, in dem eine Operation notwendig war. Ohne besonderes Augenmerk auf die Kosten einer Behandlung zu richten, werden die einzelnen Details, die für die Kalkulation der Kosten der Sterilisation von Sterilgut von Bedeutung wären, jedoch nicht erfasst.
Des Weiteren ließe sich so lediglich eine auf die entsprechende Klinik zutreffende Situation abbilden, die eventuell nicht objektiv mit dem Gesamtbild vergleichbar ist.

Bei der Analyse von Prozesskosten, so wie sie hier durchgeführt wurde, ist es möglich, dass die mit diesem Verfahren ermittelten Kostenwerte zwar die Realität in der analysierten Klinik abbilden, aber nur schwer generalisierbar sind.
Beispielsweise wurde im Rahmen dieser Arbeit mit einem Modell für eine 130-minutige Re-OP kalkuliert, bei der ein Kardiotechniker sowie eine HLM im Standby zur Verfügung stehen. Außerhalb dieses Modells wird allerdings nicht für jede Re-OP mit

diesem Setting verfahren. So gibt es auch Fälle, bei denen ein Kardiotechniker in Rufbereitschaft sein muss bzw. anwesend ist, aber die Materialien für die HLM nur im Standby vorhalten muss. Die anfallenden Kosten dieser unterschiedlichen Versionen einer 130-minütigen Re-OP würden unterschiedlich hohe Kosten verursachen.
Ein weiteres Problem bei der Erfassung von klinikspezifischen Prozesskosten stellte das Betriebsgeheimnis des Dienstleisters dar. Da die Verträge zwischen Herstellern bzw. Vertreibern von Medikamenten oder Medizinprodukten und den Dienstleistern nicht offen zugänglich sind und auch nicht gemacht werden können, musste im Rahmen dieser Analyse auf Listenpreise zurückgegriffen werden. An dieser Stelle verwässern die Modelle für die Kalkulation von Kosten, da Listenpreise mit krankenhausinternen Informationen über beispielsweise Gebäudemanagement und ZSVA kombiniert wurden. Das InEK umgeht dieses Problem, indem es einen Kostendurchschnitt mehrerer verschiedener Kalkulationskrankenhäuser gemäß § 21 KHEntG mit in die Kostenkalkulation einbezieht [18].
Um für die vorliegende Untersuchung einheitliche, klinikspezifische Werte von Prozesskosten ermitteln zu können, die sich vergleichen lassen, mussten einheitliche Standards entwickelt werden, an denen sich orientiert werden konnte.

### *4.1.2 Ökonomische Analysen in der Literatur*

Zu dem Thema der ökonomischen Analyse und Kostenkalkulation im Gesundheitswesen wurden in der Vergangenheit verschiedene Arbeiten mit unterschiedlicher Methodik publiziert. In einem Teil der Arbeiten beziehen sich die Autoren bei der Kalkulation von Kosten auf ein anderes Gesundheitssystem. So untersuchen Speier et al. zusätzliche Behandlungskosten postoperativer Komplikationen nach CABG OPs im amerikanischen Gesundheitssystem anhand von Krankenhausabrechnungen [30].
Weitere Untersuchungen, die an deutschen Kliniken stattfanden, sahen sich in ihrer Methodik mit den zuvor beschriebenen Problemen konfrontiert. So beziehen sich Christensen et al. in ihrer Analyse zum Teil auf Daten aus dem Entgeltkatalog des InEK, wobei diese Informationen eher auf Erlös- als auf Kostendaten beruhen. Zum Teil wird bezüglich der Kosteninformationen auf andere Autoren verwiesen, die ihre Informationen wiederum aus dem amerikanischen Raum beziehen [5].
In einer Studie von Graf et al. wird das Kostenaufkommen auf einer deutschen Intensivstation in Abhängigkeit vom *Therapeutic Intervention Scoring System* (TISS-28) Punkten untersucht, wobei man sich bezüglich der Herkunft der Kostendaten hier

wiederum auf eine Quelle aus dem amerikanischen Raum bezieht, in der ausdrücklich von der Nutzung der Daten für ökonomische Analysen abgeraten wird [31].
In einer weiteren deutschen Arbeit von Waeschele et al. wurde ein Modell zur Kalkulation von DRG-Erlösen pro OP-Minute entwickelt, um so eine Herangehensweise für einen Abgleich von Soll- und Ist-Kosten im OP zu liefern. Auf das Problem der Erfassung der Ist-Kosten, also Prozesskosten, wurde hier ebenso hingewiesen. Die Herangehensweise an dieses Problem bestand in diesem Fall darin, dass zur Kalkulation von Prozessen im OP die § 21-Daten des InEK herangezogen wurden [32].
Dieses Modell scheint im Vergleich mit anderen Arbeiten die höchste Reliabilität in Bezug auf Prozesskosten zu haben, weshalb im Rahmen der hier vorliegenden Arbeit nach diesem Modell verfahren wurde, um die Basisbehandlungskosten der entsprechenden Fälle zu ermitteln.
Für die Ermittlung von zusätzlichen Kosten wurde nach einem anderen Verfahren vorgegangen, da sich Kosten einzelner Behandlungen wie beispielsweise eine medikamentöse oder nicht-medikamentöse Kardioversion bei einem neu aufgetretenen VHF anhand des DRG-Systems schwer isoliert darstellen lassen. Eine DRG bezieht sich immer auf einen kompletten Fall mit seiner primären Einweisungsdiagnose. So würde in der Realität die DRG für eine Komplikation nicht extra abgerechnet werden bzw. eine bestimmte Komplikation kann im DRG System nicht isoliert abgebildet werden. Vielmehr würde sich die DRG, die anhand der Einweisungsdiagnose ermittelt wurde, in einen Grad höherer Komplexität ändern.
Aus diesem Grund wurde sich hier für die Entwicklung der verschiedenen klinikspezifischen Standardmodelle entschieden, die für die Analyse der Verlustindizes zu den Basisbehandlungskosten addiert wurden.

### *4.2 Einsparung von zusätzlichen Behandlungskosten durch die Verwendung von ATC Drainagen*

Wie eingangs angenommen und an anderer Stelle untersucht, sollen durch die Verwendung von ATC Thoraxdrainagen die Nachblutungsraten und der damit in Verbindung stehende RBS Komplex signifikant reduziert werden können. Gemäß den Untersuchungen von Sirch et al. konnten durch die Verwendung von ATC Drainagen die postoperative Nachblutungsrate um 43 %, und die Rate an neuaufgetretenem VHF um 33 % gesenkt werden. Beide Unterschiede waren statistisch signifikant [11].

Vistarini et al. schilderten einen Fall, bei dem eine postoperativ entwickelte Perikardtamponade mit Hilfe von ATC erfolgreich drainieren ließ [13]. Die Generalisierbarkeit dieser Untersuchung ist allerdings in Frage zu stellen, da es sich dabei nur um einen einzelnen Fall handelt, der keinem Vergleich mit einer Kontrolle unterzogen wurde.
Die Reduzierung von Nachblutungsraten soll nach Untersuchungen von Christensen et al. darüber hinaus zu einer ökonomischen Entlastung durch die Reduzierung zusätzlicher Behandlungskosten, die im Rahmen eines RBS entstehen, führen [5].

Im Rahmen dieser Studie wurde als primärer Endpunkt das zusätzliche Kostenaufkommen erfasst, das bei der Therapie von Nachblutungen und dem daraus resultierenden RBS entstand. Zur Untersuchung des rein klinischen Endpunkts, kann auf die Partnerarbeit von Nicolas Heim zu diesem Thema verwiesen werden [8].
Demnach konnte die Verwendung von ATC Drainagen die Häufigkeit von Re-OPs bedeutsam reduzieren.

Die Analyse der insgesamt entstandenen zusätzlichen Behandlungskosten aufgrund von RBS erbrachte keine signifikanten Unterschiede.
Im Vergleich zur Kontrollgruppe ließen sich in der ATC Gruppe signifikant niedrigere Zusatzkosten aufgrund von Re-OP ermitteln. Dieses Ergebnis ist am ehesten auf die signifikant verminderten Re-OP Raten durch den klinischen Effekt der ATC Drainagen zurückzuführen.
Die Unterschiede bezüglich des klinischen Nutzens im Hinblick auf die Re-OP-Rate entsprechen den Erkenntnissen von Grieshaber et al. [8].

Da bei der Berechnung der zusätzlichen Behandlungskosten einer Re-OP sowohl ein Fixkosten- als auch ein Zeitfaktor Einfluss auf die Behandlungskosten nehmen, ist die Höhe der zusätzlich entstandenen Behandlungskosten aufgrund von Re-OPs nicht notwendigerweise kausal mit dem Einsatz von ATC Drainagen in Verbindung zu bringen. Besagter Unterschied könnte am ehesten auch auf die Reduktion von interventionsbedürftigen Nachblutungen an sich zurückzuführen sein. Im Vergleich der zusätzlichen Behandlungskosten aufgrund von Re-OPs, lediglich unter Einbezug der Patienten, die eine Re-OP erhalten haben, konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden, was die zuvor aufgestellte Vermutung untermauert.

Nichtdestotrotz lässt sich aus den von Grieshaber et al. [8] gewonnenen Erkenntnissen ableiten, dass durch die Verwendung von ATC Drainagen die Notwendigkeit von Re-OPs signifikant reduziert werden konnte.

### *4.2.1 Effizienz von ATC Drainagen*

Um sich der Frage nach der möglichen Einsparung von Behandlungskosten durch die Verwendung von Drainagen mit ATC anzunähern, wurde eine Kosten-Effektivitäts-Analyse durchgeführt. Dafür muss zunächst die klinische Effektivität des Einsatzes der Drainage untersucht werden (Kapitel 3.2.3).

### *4.2.2 Kosteneffizienz von ATC Drainagen*

Die zusätzlichen Gesamtkosten, die pro Patienten aufgrund der Komplikation RBS entstanden, beliefen sich auf 366,93 ± 895,83 € in der ATC Gruppe gegenüber 473,96 ± 1280,57 € in der Kontrollgruppe. Somit konnten in der ATC Gruppe pro Patient 107,03 € an zusätzlichen Behandlungskosten gegenüber der Kontrollgruppe eingespart werden. Aus statistischer Sichtweise wird diese Kostenersparnis ab dem 23. Fall erreicht (Tabelle 21).

Die zusätzlichen Anschaffungskosten für eine ATC Drainage belaufen sich auf 177,52 €, entsprechend 199 € abzüglich 21,48 € für die Nutzung der regelhaft verwendeten Drainagen.

Das absolute zusätzliche Kostenaufkommen bis zum 23. Fall beträgt demnach 3905,44 €, entsprechend 177,52 € x 22 Fällen.

Bezüglich Re-OP ließen sich pro Patient in der ATC Gruppe 175,07 € an zusätzlichen Behandlungskosten gegenüber der Kontrollgruppe einsparen.

Bei einer ARR von 6 % und einer NNT von 18 Patienten wird diese Kostenersparnis ab dem 19. Fall erreicht. Die absoluten zusätzlichen Kosten aufgrund der Verwendung von ATC belaufen sich gemäß der oben angestellten Rechnung bis zum 19. Fall auf 3195,36 €. Damit ist das Kostenaufkommen hinsichtlich Re-OP zwar etwas günstiger als bezogen auf die gesamten Reexplorationsraten, wegen der hohen Anschaffungskosten der ATC Drainage ökonomisch jedoch ebenso wenig von Vorteil.

Die Auswertung der Kostenersparnis für die einzelnen Komplikationen Pleuraerguss, neuaufgetretenes VHF und zusätzliche antibiotische Behandlung ergaben höhere zusätzliche Behandlungskosten in der ATC gegenüber der Kontrollgruppe, was

zumindest bezogen auf den Pleuraerguss sowohl den ökonomischen als auch den klinischen Effekt der Nutzung von ATC Drainagen in Frage stellt (Tabelle 21).
Bezüglich des neu aufgetretenen VHF und der Notwendigkeit einer antibiotischen Therapie ließe sich an dieser Stelle diskutieren, ob das Vorkommen dieser grundsätzlich zur Definition des RBS dienlich sein kann. Diese Frage ist auch an anderer Stelle schon diskutiert worden [7].
Im Rahmen dieser Arbeit konnte diesbezüglich gezeigt werden, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen postoperativ Auftretenden Infektionen und dem Vorhandensein eines RBS besteht. Zwischen dem Auftreten von neu aufgetretenem VHF und RBS konnten keine signifikanten Zusammenhänge nachgewiesen werden.
Gemäß diesen Ergebnissen lässt sich an dieser Stelle schlussfolgern, dass Infektionen mit der Notwendigkeit einer zusätzlichen antibiotischen Therapie mit RBS assoziiert werden können, und mit in die Definition des RBS einfließen können. Neu aufgetretenes VHF ist demnach nicht mit RBS assoziiert.
Ausgenommen von dieser Analyse ist der Kosten-Effektivitäts-Abgleich bezüglich der Notwendigkeit von Perikardpunktionen. Der Grund für die Ausnahme bei Perikardpunktionen ist, dass Patienten im Rahmen dieser Untersuchung nie mehr als einmal punktiert wurden und eine Perikardpunktion nach dem vorliegenden Modell immer pauschal den gleichen Betrag an Kosten verursacht. Eine Kostenreduktion bezogen auf einen Fall ergab also immer 0.

In Bezug sowohl auf den klinischen als auch auf den ökonomischen Endpunkt lässt sich weiterhin diskutieren, ob die Verwendung unterschiedlicher Drainagen als alleinige kausal abhängige Variable dienen kann. Ob der klinische Verlauf eines Falles komplikativ verläuft oder nicht und damit mehr oder weniger Behandlungskosten entstehen lässt, hängt ebenfalls von weiteren Faktoren ab. So könnten die Einweisungsdiagnose, das kardiovaskuläre Risikoprofil sowie das OP-Team kausal mit dem Outcome eines Falles und der Entstehung von Komplikationen in Verbindung gebracht werden. Des Weiteren könnte die Tageszeit, während der der Eingriff stattfindet, einen Einfluss auf die Reexplorationsraten und die damit in Verbindung stehenden Behandlungskosten haben [33].

*4.4.3 Berechnung der idealen Kosten und Effektivität der ATC Drainagen*

Nach diesen Berechnungen lässt sich die Aussage treffen, dass im Rahmen dieser Studie, durch die Verwendung von ATC Drainagen pro Fall zwar Behandlungskosten eingespart werden konnten. Aufgrund des hohen Einsatzes von Kosten für die Anschaffung der Drainage sowie die im Vergleich zu herkömmlichen Drainagen geringe ARR konnte jedoch kein ökonomischer Vorteil nachgewiesen werden. Anhand der dargestellten Berechnung müsste eine ATC Drainage folgende Kriterien erfüllen, um einen positiven ökonomischen Effekt zu erzielen: Bei gleicher Effektivität dürfte die Anschaffung einer ATC Drainage nur 4,87 € an zusätzlichen Kosten verursachen; oder bei gleichen Anschaffungskosten müsste die NNT 0,6 Patienten betragen. Die folgenden Formeln sollen die Herangehensweise an diese Zusammenhänge verdeutlichen.

Um die zusätzlichen Anschaffungskosten von ATC bis zum Erreichen der Einsparung erster zusätzlicher Behandlungskosten (*add_cost_gesamt_(ATC)*) zu errechnen, werden die zusätzlichen Anschaffungskosten pro Fall (*cost_per_case_(ATC*) mit der NNT multipliziert.

$$add_cost_gesamt_(ATC) = cost_per_case_(ATC) * NNT$$

Um die *NNT ideal* zu erhalten, ab der bei gleichbleibenden zusätzlichen Anschaffungskosten pro Fall (*cost_per_case_(ATC)*) die gesamten zusätzlichen Anschaffungskosten den Einsparungen zusätzlicher Behandlungskosten entsprechen (*ideal add_cost_gesamt (ATC)*), wird die Formel entsprechend umgestellt und der entsprechende Wert für *ideal add_cost_gesamt_(ATC)* eingesetzt.

$$\frac{ideal_\text{add_cost_gesamt}_(ATC)}{\text{cost_per_case}_(ATC)} = NNTideal$$

Um *cost_per_case (ATC) ideal* zu erhalten, ab der bei gleichbleibender *NNT* die gesamten zusätzlichen Anschaffungskosten den Einsparungen zusätzlicher Behandlungskosten entsprechen (*ideal add_cost_gesamt (ATC)*), wird die Formel entsprechend umgestellt und der entsprechende Wert für *ideal add_cost_gesamt (ATC)* eingesetzt.

$$\frac{ideal_\text{add_cost_gesamt}_(ATC)}{NNT} = \text{cost_per_case}_(ATC)ideal$$

*Abkürzungen: add_cost_gesamt (ATC) = Zusätzliche Anschaffungskosten von ATC bis zur Einsparung von zusätzlichen Behandlungskosten, cost_per_case (ATC) = Mehrkosten für ATC pro Fall, NNT = Number Needed to Treat, NNT ideal = NNT, wenn zusätzlicher Anschaffungskosten Einsparung zusätzlicher Behandlungskosten entsprechen, ideal_add_cost_gesamt = zusätzliche Anschaffungskosten entsprechen Einsparung zusätzlicher Behandlungskosten.*

## *4.3 Auswirkung auf den Krankenhauserlös durch die Verwendung von ATC Drainagen*

Die Fragestellung der vorliegenden Arbeit konzentrierte sich unter anderem darauf, ob sich durch die Verwendung von ATC Drainagen Effekte hinsichtlich des Krankenhauserlöses feststellen lassen. Dabei wurden zum einen reine Unterschiede im Krankenhauserlös zwischen der Kontrollgruppe und der ATC Gruppe sowie zwischen den Patienten mit RBS und ohne RBS verglichen. Zum anderen wurden diese Vergleiche anhand eines Verlustindex dargestellt.

Im direkten Vergleich von Krankenhauserlösen zwischen der Kontrollgruppe und der ATC Gruppe konnte kein statistisch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden, wohingegen im Vergleich zwischen den Kohorten von Patienten mit RBS und ohne RBS im Mittel Unterschiede auf einem sehr hohen Signifikanzniveau nachgewiesen werden konnten. Demnach haben Patienten mit RBS einen signifikant höheren Erlös erbracht.

Am ehesten lässt sich dieser gravierende Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen auf die Weise erklären, dass im Rahmen der Abrechnung mittels Fallpauschalenkatalog unter anderem sowohl die Verweildauer auf einer Intensivstation als auch die Beatmungszeit die Vergütung maßgeblich beeinflussen. Die Entwicklung einer Komplikation wie dem RBS erhöht die Wahrscheinlichkeit der Notwendigkeit einer intensivmedizinischen Behandlung und den damit verbundene Pflegeaufwand [4]. Beide Faktoren beeinflussen im Rahmen der Berechnung des Krankenhauserlöses direkt die Höhe der Abrechnungssumme [34].

*4.3.1 Gesundheitsökonomische Sichtweise zur Reduzierung von Komplikationen in Bezug auf den Krankenhauserlös*

Bei der Diskussion des Themas der Reduzierung von Komplikationen spielen unterschiedliche Sichtweisen eine Rolle, wobei auch ethische Werte eine große Rolle spielen.

Aus gesundheitsökonomischer Sicht stellt sich an dieser Stelle die Frage, ob eine Einsparung von Behandlungskosten im Sinne einer Reduktion von Komplikationen überhaupt zielführend ist. Mit zunehmender Schwere einer Komplikation verlängert sich zum einen die Verweildauer eines Falls, zum anderen aber auch die Notwendigkeit von invasiver Beatmung oder kostenintensiven Therapieverfahren, die sodann über ZE abgerechnet werden können. Beides kann den Wert eines Krankenhauserlöses unverhältnismäßig zum Kostenaufwand steigern [35].

Wie eingangs geschildert, haben sowohl die Komplexität eines Falles als auch die Dauer der invasiven Beatmung und die Verweildauer direkten Einfluss auf die DRG und damit auf die Höhe des Entgelts. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit lässt sich in Bezug auf den Erlös also diskutieren, ob innerhalb des Deutschen DRG Systems die Wirtschaftlichkeit einer Drainage mit den klinischen Endpunkten gut in kausalen Zusammenhang gebracht werden kann. In den Ergebnissen zeigt sich, dass die erwartete Kosteneinsparung nicht unbedingt mit der Reduktion von Kosten durch eine Reduktion von Komplikationen, sondern mehr mit einem höheren Profit für den Dienstleister durch komplikative Fälle mit besonders großem Aufwand zusammenhängt.

Die Abrechnung von Leistungen über ZE könnte den Zusammenhang zwischen Komplikationen und Profit im Rahmen dieser Arbeit ebenso erklären. Je komplexer ein Fall ist, desto eher besteht die Möglichkeit, Leistungen mit einem hohen Kostenaufwand über ZE abzurechnen. Bezogen auf Nachblutungen im Rahmen von RBS ist es beispielsweise zu einem erheblich höheren Einsatz von Gerinnungsprodukten gekommen als bei Fällen ohne RBS.

Bezüglich der Vergütung von Leistungen über ZE lässt sich insgesamt diskutieren, ob durch die Ermöglichung zur Selbstkostendeckung im pauschalisierten System Anreize zur Mengenausweitung geschaffen werden [35].

Die gewonnenen Erkenntnisse bezüglich der Verlustindizes unterstützen diese These insofern, als dass sich in der Gruppe von Patienten mit RBS signifikant niedrigere Verlustindizes nachweisen ließen. Dahingegen erbrachte der Vergleich hinsichtlich der Gruppen mit und ohne ATC keine statistisch signifikanten Unterschiede, was die

eigentliche Fragestellung bezüglich der Wirtschaftlichkeit von ATC Drainagen eher nicht bestätigt.
Viel eher wird dadurch die These unterstützt, dass die sowohl in dieser als auch in der Partnerstudie [8] erwiesenermaßen signifikante klinische Wirksamkeit bezüglich der Re-OP-Raten eher einen negativen Einfluss auf die Kosteneffizienz hat, da besagte hochkomplexe Fälle mit hohen Verweildauern, langer invasiver Beatmung und Abrechnung von ZE eher in der Kohorte von Patienten mit RBS vorkommen.

### *4.3.2 Verweildauer*

Entsprechend der Thesen der Literatur, dass durch die Verwendung von ATC Drainagen die Raten von RBS gemindert werden könne, ist anzunehmen, dass diesbezüglich ein Zusammenhang mit der postoperativen Krankenhausverweildauer besteht [6,30]. Laut der Literatur haben Patienten mit postoperativen Blutungskomplikationen gegenüber Patienten ohne Komplikationen einen bis zu 13 Tage längeren Krankenhausaufenthalt. Im Rahmen dieser Analyse waren im Median lediglich Unterschiede von vier Tagen nachweisbar. Genau wie bei den hier vorliegenden Ergebnissen handelt es sich bei den Ergebnissen der zitierten Arbeiten ebenso um Ergebnisse mit sehr hohem statistischem Signifikanzniveau ($p < 0{,}001$).

Zwischen der ATC- und der Kontrollgruppe konnten anhand der Ergebnisse der vorliegenden Analyse keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Verweildauer nachgewiesen werden.
Der Vergleich zwischen Patienten mit RBS und ohne RBS ergab Unterschiede auf einem hohen Signifikanzniveau. Demnach verweilen Patienten mit postoperativen Komplikationen erwartungsgemäß länger im Krankenhaus als Patienten ohne postoperative Komplikationen.
Die Verwendung von ATC Drainagen hat, den hier gewonnenen Ergebnissen zur Folge, allerdings keinen Einfluss auf die Verweildauer, was den Ergebnissen aus vergleichbarer Literatur entspricht. In einer Studie zur Effektivität von ATC Drainagen von Sirch et al. konnte ebenso kein signifikanter Unterschied bezüglich einer verlängerten Verweildauer in Abhängigkeit von dem Einsatz von ATC Drainagen nachgewiesen werden [11].

Analog zu den hier gewonnenen Erkenntnissen bezüglich des Erlöses bzw. des Verlustindex sowie zu den Ergebnissen der oben zitierten Literatur lassen sich kausale

Zusammenhänge mit der Verweildauer am ehesten mit dem Vorliegen eines RBS als mit der Verwendung von ATC Drainagen in Verbindung bringen.

Wie eingangs erläutert, hat die Verweildauer direkten Einfluss auf die Zusammensetzung der DRG sowie letztendlich auf den Erlös. Verlängerte Krankenhausaufenthalte aufgrund von Komplikationen können also entweder bei Überschreiten der oberen Grenzverweildauer oder bei verlängerten intensivmedizinischen Aufenthalten zu gesteigerten Erlösen sowie Behandlungskosten führen.
Eine Aussage darüber, inwiefern sich die Verweildauer auf die zusätzlichen Behandlungskosten auswirkt, kann im Rahmen dieser Analyse nicht getroffen werden.
Aufgrund der oben geschilderten Zusammenhänge lassen sich durch die Verwendung von ATC Drainagen keine Auswirkungen auf die Verweildauer nachweisen. Es deutet somit nichts auf einen direkten oder indirekten ökonomischen Effekt in beide Richtungen durch einen Einfluss auf die Verweildauer aufgrund der Verwendung von ATC Drainagen hin.

### *4.4 Ethische Gesichtspunkte*

Es stellt sich die Frage, wie schließlich mit den erlangten Erkenntnissen umzugehen ist. Grundsätzlich ist das Verfahren mit den besseren klinischen Ergebnissen vorzuziehen. Die entscheidende Frage ist, zu welchem Preis man bereit ist, das zu tun.
Aus einer wirtschaftlichen Perspektive sollten die Kosten für eine medizinische Handlung zumindest gedeckt werden können. Das soll durch die regelmäßige Kalkulation von Behandlungskosten und Aktualisierung des Fallpauschalenkatalogs abgesichert werden. Je mehr eine Therapie für die Dienstleister kostet, desto schwieriger wird es für eine Solidargemeinschaft, diese Kosten zu decken.
Analysen wie diese sind wichtig, um abzuschätzen, wie hoch der Preis ist, den eine Gemeinschaft für eine medizinische Innovation bezahlen muss, und anschließend der Frage nachgehen zu können, wie hoch dieser Preis sein darf, damit das Gesundheitssystem seinen Ansprüchen gerecht bleiben kann.
An dieser Stelle ist die Frage nach den Alternativen einer Behandlung und dessen gesundheitsökonomischer Analyse von Bedeutung. Hat ein Patient beispielsweise nur mit einer bestimmten Therapie eine Heilungschance, sollte diese Behandlung aus ethischer Sicht unabhängig von der ökonomischen Benachteiligung des Gesundheitssystems

erfolgen. Im Vergleich mehrerer Therapien, die eine ähnliche Erfolgswahrscheinlichkeit haben, sollte der klinische Nutzen gegen die ökonomische Belastung abgewogen werden. Der klinische Vorteil der ATC Drainagen war am deutlichsten im Vergleich der Re-OP-Raten zu erkennen. Ob eine ARR von 6 % ausreicht, um das Gesundheitssystem in diesem Maße zu beanspruchen, ist eine ethische Frage, die jeder für sich selbst beantworten sollte. Es sind weitere Untersuchungen notwendig, um diese Ergebnisse grundsätzlich zu untermauern.

Zu der Analyse im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist zu sagen, dass die Anschaffung und Verwendung der ATC Drainagen vor dem Hintergrund des klinischen Nutzens erfolgten. Auch wenn keine ökonomischen Vorteile nachgewiesen werden konnten, so war die Risikoreduktion in der Behandlung von Patienten die Motivation nur Nutzung der Drainage. Da es sich in diesem Fall um eine innerklinische Entscheidung handelt, kann man sagen, dass nicht das gesamte Gesundheitswesen, sondern lediglich die entsprechende Klink besagte Kosten zu tragen hatte.

# 5. Zusammenfassung

Innerhalb des Kalenderjahres 2016 wurden 706 Patienten nach kardiochirurgischem Eingriff mit Verwendung der HLM randomisiert, prospektiv anhand der im Operationsplan vorgesehenen Prozedur zu zwei unterschiedlichen Behandlungsarmen zugeteilt und hinsichtlich des Auftretens von RBS untersucht. Zusätzliche Behandlungskosten der RBS spezifischen Komplikationen, Krankenhauserlösen aller Fälle sowie daraus errechnete Verlustindizes wurden anhand von standardisierten Modellen erhoben und zwischen den beiden Gruppen verglichen, um der Frage nachzugehen, ob durch die Nutzung von ATC Drainagen zusätzliche Behandlungskosten eingespart werden können und ob Auswirkungen auf den Krankenhauserlös nachzuweisen sind.

Die pro Patient entstandenen zusätzlichen Behandlungskosten aufgrund RBS wiesen keine signifikanten Unterschiede auf (366,93 ± 895,83 € vs. 473,96 ± 1280,57€, p = 0,7). Hinsichtlich des Gesamterlöses konnten zwischen den Gruppen ATC und Kontrolle im Median keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (16741,06 [13855,68 – 21718,22] € vs. 17224,38 [13855,68 – 25816,06] €, p = 0,14). Zwischen den Kohorten der Patienten mit und ohne RBS konnten im Median statistisch signifikante Unterschiede festgestellt werden (32910,56 [19988,92 – 52809,69] € vs. 15399,55 [13855,68 – 19012,80] €, p < 0,001). Hinsichtlich des Verlustindex konnten statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Kohorten von Patienten mit RBS und Patienten ohne RBS beobachtet werden (0,49 [0,3 – 0,68] vs. 0,88 [0,7 – 0,88], p < 0,0001). Im Vergleich zwischen der ATC- und der Kontrollgruppe konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden (0,8 [0,59 - 0,88] vs. 0,78 [0,54 - 0,88], p = 0,48).

Durch die Nutzung von ATC Drainagen konnte eine ARR von 4 % erreicht werden, was einer NNT von 22 Patienten entspricht. Bei zusätzlichen Anschaffungskosten von 177,52 € für ATC Drainagen beträgt der zusätzliche Wareneinsatz bis zum 23. Fall 3905,44 €, was im Vergleich der gesamten Einsparung zusätzlicher Kosten von 107,03 € pro Fall innerhalb der ATC Gruppe 36,5-mal mehr Geld kostet. In Zusammenschau der Ergebnisse lässt sich schlussfolgern, dass die Verwendung von ATC Drainagen zwar eine Risikoreduktion mit sich brachte und im Mittel zusätzliche Behandlungskosten eingespart werden konnten. Ein ökonomischer Vorteil konnte aufgrund der hohen Anschaffungskosten für die Drainage jedoch nicht nachgewiesen werden.

# 6. Summary

We investigated a number of 706 patients undergoing major heart surgery during 2016 at the centre of cardiovascular surgery at Universitätsklinikum Gießen. In this prospective study the patients were divided into two different groups depending on the date of surgery. Patients undergoing surgery until July 2016 were treated with conventional chest tubes. Patient undergoing surgery in the second half of 2016 were treated with ATC chest tubes. The data was then compared between the two groups regarding reexploration because of RBS and additional costs for the treatment of post-operative haemorrhage and the RBS complex. Furthermore, hospital revenue and a value index were compared between both groups and between patients with and without RBS. Therefore, standardized models for each treatment were implemented to calculate additional cost, and to calculate a value index.

The average additional cost per patient who suffered from RBS in the ATC group (n = 207) was non-significantly lower than in the control group (n = 435), (366,93 ± 895,83 € vs. 473,96 ± 1280,57€, p = 0,7). In median, there were no significant differences in hospital revenue between the ATC and the control group, (16741,06 [13855,68 – 21718,22] € vs. 17224,38 [13855,68 – 25816,06] €, p = 0,14). Between patients with RBS (n = 145) and without RBS (n = 561) on the other hand, there was a significant difference in hospital revenue (32910,56 [19988,92 – 52809,69] € vs. 15399,55 [13855,68 – 19012,80] €, p < 0,001). There were no significant differences in value index between the ATC and the control group (0,8 [0,59 - 0,88] vs. 0,78 [0,54 - 0,88], p = 0,48). Between patients with RBS and patients without RBS the difference in value index were significantly different (0,49 [0,3 – 0,68] vs. 0,88 [0,7 – 0,88], p < 0,0001; (0,4 [0,26 - 0,67] vs. 0,88 [0,66 - 0,89], p < 0,0001). In the ATC group an AAR of 4 % could be shown, which corresponds to a NNT of 22 patients. With additional acquisition cost of 177,52 € for the ATC devices per case, total additional acquisition cost until the first case of cost reduction would be 3905,44 € which is 36,5 times higher than the cost reduction of 107,03 € per RBS case within the ATC group.

In conclusion, treating patients with chest tubes with ATC technology could save additional hospital cost of RBS patients, even though without statistical significance. Within this study, because of the high acquisition costs of the ATC devices the use of ATC devices did not prove to be cost effective.

# 7. Literaturverzeichnis


[1] Beckmann A, Funkat A-K, Lewandowski J, et al. German Heart Surgery Report 2016: The Annual Updated Registry of the German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2017;65:505–518.

[2] Ziemer G, Haverich A. Herzchirurgie [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2010 [cited 2018 Apr 16]. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-79713-5.

[3] Larsen R. Anästhesie und Intensivmedizin in Herz-, Thorax- und Gefä\s schirurgie [Internet]. Springer Berlin Heidelberg; 2009. Available from: https://books.google.de/books?id=IbglBAAAQBAJ.

[4] Christensen MC, Dziewior F, Kempel A, et al. Increased Chest Tube Drainage Is Independently Associated With Adverse Outcome After Cardiac Surgery. J. Cardiothorac. Vasc. Anesth. 2012;26:46–51.

[5] Christensen MC, Krapf S, Kempel A, et al. Costs of excessive postoperative hemorrhage in cardiac surgery. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2009;138:687–693.

[6] Balzer F, Heymann C von, Boyle EM, et al. Impact of retained blood requiring reintervention on outcomes after cardiac surgery. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2016;152:595-601.e4.

[7] Boyle EM, Gillinov AM, Cohn WE, et al. Retained Blood Syndrome After Cardiac Surgery: A New Look at an Old Problem. Innov. Phila. Pa. 2015;10:296–303.

[8] Grieshaber P, Heim N, Herzberg M, et al. Active Chest Tube Clearance After Cardiac Surgery Is Associated With Reduced Reexploration Rates. Ann. Thorac. Surg. 2018;105:1771–1777.

[9] Perrault LP, Pellerin M, Carrier M, et al. The PleuraFlow Active Chest Tube Clearance System: Initial Clinical Experience in Adult Cardiac Surgery. Innov. Tech. Cardiothorac. Vasc. Surg. 2012;7:354.

[10] Karimov JH, Gillinov AM, Schenck L, et al. Incidence of chest tube clogging after cardiac surgery: a single-centre prospective observational study. Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2013;44:1029–1036.

[11] Sirch J, Ledwon M, Püski T, et al. Active clearance of chest drainage catheters reduces retained blood. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2016;151:832-838.e2.

[12] Day TG, Perring RR, Gofton K. Is manipulation of mediastinal chest drains useful or harmful after cardiac surgery? Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg. 2008;7:878–890.

[13] Vistarini N, Gabrysz-Forget F, Beaulieu Y, et al. Tamponade Relief by Active Clearance of Chest Tubes. Ann. Thorac. Surg. 2016;101:1159–1163.

[14] §17b KHG. Gesetz zur wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser und zur Regelung der Krankenhauspflegesätze (Krankenhausfinanzierungsgesetz - KHG) § 17b Einführung eines pauschalierenden Entgeltsystems für DRG-Krankenhäuser [Internet]. [cited 2018 Apr 17]. Available from: https://www.gesetze-im-internet.de/khg/__17b.html.

[15] Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH (InEK). G-DRG German Diagnosis Related Groups Version 2016/2017 - Definitionshandbuch [Internet]. Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH (InEK); 2016. Available from: https://www.g-drg.de/Archiv/PEPP_Systemjahr_2016_Datenjahr_2014#sm3.

[16] DRG research group. drgdiagramm.php F06F 740×300 Pixel [Internet]. Httpdrguni-Muensterde. [cited 2018 Nov 22]. Available from: http://drg.uni-muenster.de/components/com_drgsystematik/drgdiagramm.php?width=740&height=300&drg=F06F&version=GDRG2016&br=3231.2&abschlag1=3&zuschlag1=20&mvwd=12.2&abschlag=0.524&zuschlag=0.121&kgw=4.245&los=12.2.

[17] DRG research group. drgdiagramm.php F06A 740×300 Pixel [Internet]. Httpdrguni-Muensterde. [cited 2018 Nov 22]. Available from: http://drg.uni-muenster.de/components/com_drgsystematik/drgdiagramm.php?width=740&hei

ght=300&drg=F06A&version=GDRG2017&br=3231.2&abschlag1=7&zuschlag1=43&mvwd=25.2&abschlag=0.796&zuschlag=0.3&kgw=10.99&los=25.2.

[18] § 21 KHEntgG - Einzelnorm [Internet]. [cited 2018 Dec 4]. Available from: https://www.gesetze-im-internet.de/khentgg/__21.html.

[19] §10 KHEntgG. Gesetz über die Entgelte für voll- und teilstationäre Krankenhausleistungen (Krankenhausentgeltgesetz - KHEntgG) § 10 Vereinbarung auf Landesebene [Internet]. [cited 2018 Apr 18]. Available from: https://www.gesetze-im-internet.de/khentgg/__10.html.

[20] Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus. Fallpauschalenkathalog [Internet]. Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus; 2016. Available from: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwik-4et05PiAhVF-qQKHU09DtwQFjABegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fwww.g-drg.de%2Fcontent%2Fdownload%2F5939%2F45550%2Fversion%2F2%2Ffile%2FFallpauschalen_Katalog_2016_150924.xlsx&usg=AOvVaw2G6ZhvuCHOjMSwXPHapTGU.

[21] Deutsche Krankenhausgesellschaft (DKG), Spitzenverbände der Krankenkassen (GKV), Verband der privaten Krankenversicherung (PKV). Kalkulation von Behandlungskosten - Handbuch zur Anwendung in Krankenhäusern. Deutsche Krankenhaus Verlagsgesellschaft mbH;

[22] § 137h SGB V Bewertung neuer Untersuchungs- und Behandlungsmethoden mit Medizinprodukten hoher Risikoklasse [Internet]. [cited 2018 Dec 20]. Available from: https://www.sozialgesetzbuch-sgb.de/sgbv/137h.html.

[23] §6 KHEntgG. Gesetz über die Entgelte für voll- und teilstationäre Krankenhausleistungen-(Krankenhausentgeltgesetz - KHEntgG) § 6 Vereinbarung sonstiger Entgelte [Internet]. [cited 2018 Apr 18]. Available from: https://www.gesetze-im-internet.de/khentgg/__6.html.

[24] Blum, Karl, Offermanns, Matthias. Anspruch und Realität von Budgetverhandlungen zur Umsetzung medizintechnischer Innovationen

Gutachten des Deutschen Krankenhausinstituts (DKI) im Auftrag des Bundesverbandes Medizintechnologie (BVMed) [Internet]. DEUTSCHES KRANKENHAUS INSTITUT; 2009 [cited 2018 Apr 19]. Available from: https://www.dki.de/sites/default/files/publikationen/gutachten_innovationstransfer_nub.pdf.

[25] Gold MR, Stevenson D, Fryback DG. HALYs and QALYs and DALYs, Oh My: Similarities and Differences in Summary Measures of Population Health. Annu. Rev. Public Health. 2002;23:115–134.

[26] Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus. G-DRG-Report 2016 [Internet]. Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus; 2015. Available from: https://www.g-drg.de/Archiv/DRG_Systemjahr_2016_Datenjahr_2014#sm7.

[27] Nashef SA, Roques F, Michel P, et al. European system for cardiac operative risk evaluation (EuroSCORE). Eur. J. Cardio-Thorac. Surg. Off. J. Eur. Assoc. Cardio-Thorac. Surg. 1999;16:9–13.

[28] Conway E. Opportunitätskosten. In: Conway E, editor. 50 Schlüsselideen Wirtsch. [Internet]. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag; 2011 [cited 2019 May 8]. p. 18–21. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2635-2_5.

[29] Hübner C, Ried W, Flessa S. Assessing the opportunity costs of patients with multidrug-resistant organisms in hospitals. Eur. J. Health Econ. 2018;19:1009–1017.

[30] Speir AM, Kasirajan V, Barnett SD, et al. Additive Costs of Postoperative Complications for Isolated Coronary Artery Bypass Grafting Patients in Virginia. Ann. Thorac. Surg. 2009;88:40–46.

[31] Edbrooke D, Hibbert C, Ridley S, et al. The development of a method for comparative costing of individual intensive care units. Anaesthesia. 1999;54:110–120.

[32] Waeschle RM, Hinz J, Bleeker F, et al. Mythos OP-Minute. Anaesthesist. 2016;65:137–147.

[33] Dalton MK, McDonald E, Bhatia P, et al. Outcomes of acute care surgical cases performed at night. Am. J. Surg. 2016;212:831–836.

[34] Graf et al. Analysis of resource use and cost-generating factors in a German medical intensive care unit employing the Therapeutic Intervention Scoring System ... - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2018 Dec 5]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11904663.

[35] Sawatzki T, Bauer K, Stufler M, et al. Erlöszuordnung von Zusatzentgelten in der Intensivmedizin. Anaesthesist. 2009;58:1035.

# 8. Anhang

*Abkürzungsverzeichnis*

| Abkürzung | Bedeutung | Übersetzung |
|---|---|---|
| **ACT** | Acvtivatet clotting time | Aktivierte Gerinnungszeit |
| **ANV** | Akutes Nierenversagen | |
| **ARR** | Absolute Risikoreduktion | |
| **ATC** | Active Tube Clearance | Aktive Drainaigenreinigung |
| **BMI** | Body-Mass-Index | Körpermasseindex |
| **CABG** | Coronary artery bypass graft | Koronararterieller Bypassgraft |
| **CCS** | Canadian Cardiovascular Society | |
| **COPD** | Chronic Obstructive Pulmonary Desease | Chronisch obstruktive Lungenerkrankung |
| **DRG** | Diagnosis Relatet Groups | Diagnosebezogene Fallgruppen |
| **ECMO** | Extrakorporale Membranoxygenierung | Extracorporeal membrane oxygenation |
| **G-BA** | Gemeinsammer Bundesausschuss | |
| **GFR** | Glomeruläre Filtrationsrate | |
| **HLM** | Herz-Lungen-Maschine | |
| **I.E** | Internationale Einheit | |
| **IABP** | Intraaortale Ballonpumpe | Intra-aortic balloon pump |
| **ICD-10** | International Classification of Diseases | Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme |
| **ICU** | Intensive Care Unit | Intensivstation |
| **IDDM** | Insulin-Dependent Diabetes Mellitus | Insulinabhängiger Diabetes Mellitus |
| **InEK** | Institut für Entgeltsystem im Krankenhaus | |
| **INR** | International Normalized Ratio | |
| **IQWIG** | Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen | |

| | | |
|---|---|---|
| **kg** | Kilogramm | |
| **KHEntG** | Krankenhausentgeltgesetz | |
| **KHG** | Krankenhausfinanzierungsgesetz | |
| **KHK** | Koronare Herzkrankheit | |
| **KVC** | Kardiovaskuläre Chirurgie | |
| **LBFW** | Landesbasisfallwert | |
| **MACCE** | Major Adverse Cardiac and Cerebrovascular Events | Schwere kardiale und cerebrovaskuläre Komplikation |
| **MDC** | Major Diagnostic Category | Hauptdiagnosegruppe |
| **NIDDM** | Non-Insulindependent Diabetes Mellitus | Insulinunabhängiger Diabetes Mellitus |
| **NNH** | Number Needed to Harm | |
| **NNT** | Number Needed to Treat | Anzahl der notwendigen Behandlungen |
| **NUB** | Neue Untersuchungs- und Behandlungsmethoden | |
| **NYHA** | New York Heart Association | |
| **OPS** | Operationen- und Prozedurenschlüssel | |
| **pAVK** | Periphere arterielle Verschlusskrankheit | |
| **PTT** | Partielle Thromboplastinzeit | |
| **QUALY** | Quality-Adjustet-Lifeyears | Qualitätsbereinigte Lebensjahre |
| **RBS** | Retained Blood Syndrome | Retained Blood Syndrom |
| **Re OP** | Revisions-Operation | |
| **SNZ** | Schnitt-Naht-Zeit | |
| **SOP** | Standardoperating procedure | Standardverfahrensanweisung |
| **TISS-28** | Therapeutic Intervention Scoring System | Aufwandspunkte Intensivmedizin |
| **UKGM** | Universitätsklinikum Gießen und Marburg | |
| **VHF** | Vorhofflimmern | |
| **VT** | Ventrikuläre Tachykardie | |
| **ZE** | Zusatzentgelt | |
| **ZSVA** | Zentrale Sterilgutabteilung | |

# *Abbildungsverzeichnis*


Abbildung 1: Mechanik der ATC Drainage ..... 7

Abbildung 2: Vergleich der Funktionsweisen beim Drainieren der unterschiedlichen Thoraxdrainagen ..... 7

Abbildung 3: Graphische Darstellung Der DRG F06F: Koronarbypass OP ohne Komplikationen und mit minimalem intensivmedizinischem sowie pflegerischem Aufwand. Der Fallwert ist anhand der roten Linie mit den entsprechenden Beträgen zu erkennen. ..... 10

Abbildung 4: Graphische Darstellung der DRG A13D: Koronarbypass OP mit einer Beatmungszeit größer als 24 Stunden und einem erhöhten intensivmedizinischem Aufwand. Der Fallwert ist anhand der roten Linie mit den entsprechenden Beträgen zu erkennen. ..... 11

Abbildung 5: Darstellung der Rechnung von Erlösen im deutschen Gesundheitswesen ..... 12

Abbildung 6: Zusammensetzung der Informationen über Kosten und Erlös zu einem Verlustindex. Die Summe aus der Kostenbaseline sowie den Zusatzkosten ergibt einen Gesamtkostenfaktor (grün). Der Verlustindex ergibt sich aus dem Quotienten aus Gesamtkosten und Gesamterlös. ..... 29

Abbildung 7: Auswertung der Basisdaten ..... 33

*Abbildung 8: : OP-Kosten in Abhängigkeit der Schnitt-Naht-Zeit.* ..... 35

*Abbildung 9: Vergleich der medianen Gesamterlöse von Patienten in der ATC Gruppe und in der Kontrollgruppe* ..... 45

*Abbildung 10: Mediane der Gesamterlöse von Patienten mit RBS und ohne RBS.* ..... 46

*Abbildung 11: Vergleich der Verlustindizes zwischen den Gruppen ATC und Kontrolle.* ..... 48

*Abbildung 12: Vergleich der Verlustindizes zwischen den Gruppen ATC und Kontrolle.* ..... 49

*Abbildung 13:Vergleich der Verlustindizes zwischen Patienten mit RBS und Patienten ohne RBS, bezogen auf die a) Gesamtpopulation (N = 706), b) Patienten der ATC Gruppe (n = 271) und c) Patienten der Kontrollgruppe (n = 435)* ..... 50

Abbildung 14: Vergleich der Verlustindizes zwischen Patienten mit RBS und ohne RBS. ..... 51

Abbildung 15: Postoperative Krankenhausverweildauer in Abhängigkeit der Gruppen ATC und Kontrolle (rechts) sowie Patienten mit RBS und ohne RBS (links) ..... 53

# *Tabellenverzeichnis*


TABELLE 1: KOSTENWERTE ZUR BERECHNUNG DES ERLÖSES EINES FALLS MIT DER DRG F06F. ..... 13

TABELLE 2: KRITERIEN, DIE EINE LEISTUNG ERFÜLLEN MUSS, UM ALS ZE IN DEN FALLPAUSCHALENKATALOG AUFGENOMMEN WERDEN ZU KÖNNEN ..... 14

TABELLE 3: BEARBEITUNGSSTATUS IM NUB ZULASSUNGSVERFAHREN ..... 16

*TABELLE 4: ÜBERSICHT ÜBER ALLE ERFASSTEN PATIENTENINFORMATIONEN. DIE DATEN WURDEN DEM KRANKENHAUSINFORMATIONSSYSTEM DER KLINIK ENTNOMMEN UND IN EINE STUDIENDATENBANK ÜBERTRAGEN.* ... 21

*TABELLE 5: AUFLISTUNG DER PERSONAL- UND MATERIALKOSTEN FÜR EINE RE-OPERATION* ..... 24

*TABELLE 6: AUFLISTUNG DER PERSONAL- UND MATERIALKOSTEN FÜR EINE PLEURAPUNKTION* ..... 25

*TABELLE 7: AUFLISTUNG DER PERSONAL- UND MATERIALKOSTEN FÜR EINE PERIKARDPUNKTION* ..... 26

*TABELLE 8: AUFLISTUNG DER PERSONAL- UND MATERIALKOSTEN FÜR DIE BEHANDLUNG EINES VORHOFFLIMMERNS* ..... 27

*TABELLE 9: MATERIALLISTE FÜR DIE THERAPIE MIT EINEM ZUSÄTZLICHEN ANTIBIOTIKUM* ..... 27

*TABELLE 10: AUFLISTUNG DER KOSTENARTENGRUPPEN UND KOSTENSTELLENGRUPPEN DER INEK DER INEK DATENMATRIX ZUR KOSTENKALKULATION EINES FALLS* ..... 30

TABELLE 11: AUFSTELLUNG DER BEHANDLUNGSKOSTEN ZUR ERMITTLUNG DER KOSTENBASELINE ANHAND DES BEISPIELS DER DRG F60F. ..... 31

*TABELLE 12: KOSTENKALKULATION FÜR EINE RE-OPERATION – MODELL EINER 130-MINÜTIGEN OPERATION MIT HLM-EINSATZ ODER HLM-STANDBY* ..... 34

*TABELLE 13: KOSTENKALKULATION FÜR EINE PLEURAPUNKTION – MODELL EINER 20-MINÜTIGEN INTERVENTION* ..... 36

*TABELLE 14: KOSTENKALKULATION FÜR EINE PERIKARDPUNKTION – MODELL EINER 15-MINÜTIGEN INTERVENTION INKLUSIVE EINER ZEHNMINÜTIGEN ULTRASCHALLDIAGNOSTIK* ..... 37

*TABELLE 15: KOSTENKALKULATION FÜR DIE THERAPIE EINES NEUAUFGETRETENEN VHF IM RAHMEN EINES RBS* ..... 38

*TABELLE 16: KOSTENKALKULATION EINER ZUSÄTZLICHEN BEHANDLUNG MIT EINEM ANTIBIOTIKUM AM BEISPIEL PIPERACILLIN/TAZOBACTAM (EINMALGABE)* ..... 39

TABELLE 17: ÜBERSICHT ÜBER DIE GESAMTKOSTEN DER EINZELNEN THERAPIEN MIT DEN UNTERSCHIEDLICHEN GÄNGIGEN WIRKSTOFFEN, DIE BEI RBS VERWENDUNG FINDEN. ..... 40

*TABELLE 18: ÜBERSICHT DER DURCH RBS ZUSÄTZLICH ENTSTANDENEN GESAMTKOSTEN* ..... 41

TABELLE 19: ÜBERSICHT ÜBER DIE HÄUFIGKEIT DES ZUSÄTZLICHEN KOSTENAUFKOMMEN AUFGRUND VON RBS ..... 42

*TABELLE 20: ÜBERSICHT DER DURCH RBS ZUSÄTZLICH ENTSTANDENEN KOSTEN IM VERGLEICH ZWISCHEN DER ATC- UND DER KONTROLLGRUPPE. UNTERSCHIEDEN WURDEN DIE KOSTEN PRO PATIENT, BEI DEM ZUSÄTZLICHE BEHANDLUNGSKOSTEN WEGEN DER ENTSPRECHENDEN KOMPLIKATION ENTSTANDEN SIND, SOWIE MITTELWERTE, BEZOGEN AUF DIE JEWEILIGE GRUPPE.* ..... 43

TABELLE 21: EFFEKTIVITÄT UND ANSCHAFFUNGSKOSTEN VON ATC DRAINAGEN. DIE EFFEKTIVITÄT VON ATC DRAINAGEN ANHAND DER ARR SOWIE NNT. ..... 44

*TABELLE 22: AUFLISTUNG DER UNTERSCHIEDLICHEN DRG INKLUSIVE DER ENTSPRECHENDEN GESAMTKOSTEN ANHAND DER INEK DATENMATRIX DES JAHRES 2016* ..... 47

TABELLE 23: VERGLEICH VON POSTOPERATIVER KRANKENHAUSVERWEILDAUER ZWISCHEN DER ATC- UND DER KONTROLLGRUPPE SOWIE ZWISCHEN PATIENTEN MIT UND OHNE RBS. ..... 52

*Ehrenwörtliche Erklärung*

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.

Datum:_____ Unterschrift:_____

*Danksagung*

Zunächst möchte ich meinem Betreuer und Gutachter Prof. Dr. med. Andreas Böning für die Überlassung des Themas meinen Dank aussprechen. Weiterhin möchte ich mich bei Herrn Dr. med. Philippe Grieshaber herzlich für die gute Betreuung und Unterstützung bei der Bearbeitung des Themas bedanken.

Bei Herrn Nicolas Heim möchte ich mich für die partnerschaftliche Zusammenarbeit an diesem Thema bedanken.

Vielen Dank auch an Herrn Alexander Götze sowie Frau Dr. Melanie Markmann für die Beratung bei der Auswertung der Rohdaten sowie der statistischen Analyse.

Weiterhin möchte ich Herrn Dr. med. Christian Koch sowie Frau Hannah Clausing für die Unterstützung im Schreibprozess ganz herzlich danken.

Ein besonderer Dank gebührt meiner Partnerin sowie meiner Familie und meinen Freunden, die stets an mich geglaubt und mich bei der Fertigstellung dieser Arbeit unterstützt haben.
Danke für die stetige Motivation!