

Aus der Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin
der Universitätskliniken des Saarlandes

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. T. Volk

Vergleich unterschiedlicher Verfahren
zur Einlungenventilation

Inauguraldissertation

an der

Hohen Medizinischen Fakultät

der Universität des Saarlandes

vorgelegt von

Klaus Hoffmann

2016

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	5
2	SUMMARY	6
3	EINLEITUNG	7
3.1	Definition und Anwendungsgebiete der Einlungenventilation	7
3.2	Unterschiedliche Verfahren zur Herstellung der Einlungenventilation	7
3.2.1	Doppellumentuben	7
3.2.2	Bronchusblocker	10
3.2.3	Doppellumentuben versus Bronchusblocker	13
3.2.4	Datenlage zum EZ Blocker	15
4	FRAGESTELLUNG	16
5	METHODIK	17
5.1	Ein- und Ausschlusskriterien	18
5.2	Patientengruppen	19
5.2.1	Doppellumentubus Gruppe	19
5.2.2	Arndt Blocker und EZ Blocker Gruppen	19
5.3	Vorbereitungen	19
5.3.1	Allgemeine Studien- und Narkosevorbereitungen	19
5.3.2	Spezielle Vorbereitungen zur Studiendurchführung	20

5.4	Studienprotokoll	24
5.4.1	Narkoseeinleitung bis Start Laryngoskopie	24
5.4.2	Platzierungszeiten	25
5.4.3	Lagekontrolle der Instrumente zur Atemwegstrennung	32
5.4.4	Management der Einlungenventilation	36
5.4.5	Beurteilung der Qualität des Lungenkollaps	38
5.5	Statistik	38
5.6	CONSORT 2010 Flow Diagramm	39
6	ERGEBNISSE	41
6.1	Demographische Daten	41
6.2.	allgemeine Studiendaten	41
6.3.	Platzierungszeiten	42
6.3.1	Dauer der Atemwegssicherung	42
6.3.2	Dauer Ermöglichung der Einlungenventilation	44
6.3.3	Gesamtplatzierungszeit	47
6.4	Lagekontrollen	51
6.5	Qualität des Lungenkollapses	53

7	DISKUSSION	54
7.1	Studiendesign	54
7.2	Platzierungszeiten	54
7.3	Lagekontrollen	58
7.4	Qualität des Lungenkollapses	59
7.5	Schlussfolgerungen und Ausblick	61
8	LITERATURVERZEICHNIS	62
9	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	67
10	DANKSAGUNG	69

1 ZUSAMMENFASSUNG

Verschiedene Verfahren sind in der Vergangenheit entwickelt worden, um eine chirurgisch erwünschte Einlungenventilation bei verschiedenen operativen Eingriffen zu erzielen. Als Standard hat sich dabei die Verwendung eines Doppellumentubus etabliert. Der alternative Einsatz eines Bronchusblockers scheint in der täglichen Praxis häufig nur speziellen Situationen wie dem Vorliegen eines schwierigen Atemweges vorbehalten zu sein.

In unserer prospektiv randomisierten Studie wurde die Anwendung des Doppellumentubus mit zwei Bronchusblockern (Arndt- und EZ-Blocker) verglichen.

Die Studie wurde nach Genehmigung durch die Ethikkommission des Saarlandes an 90 erwachsenen Patienten durchgeführt, die sich thoraxchirurgischen Eingriffen unterzogen. In 3 Gruppen von je 30 Patienten verglichen wir dabei die 3 Verfahren zur Atemwegstrennung hinsichtlich Platzierungszeit, Dislokationshäufigkeit und Qualität des Lungenkollapses.

In unserer Studie zeigte sich, dass der EZ-Blocker dem Doppellumentubus hinsichtlich der benötigten Platzierungszeit zumindest ebenbürtig war (EZ 185 ± 64 sec vs. DLT 194 ± 117 sec), tendenziell perioperativ seltener dislozierte (EZ Gruppe bei 10 von 30 Patienten vs. DLT Gruppe bei 18 von 30 Patienten) und bei Dislokation signifikant schneller zu repositionieren war (EZ-Blocker 18 ± 12 sec vs. DLT 119 ± 162 sec). Der Arndt-Blocker benötigte hingegen im Vergleich deutlich längere Platzierungszeiten (Arndt-Blocker 393 ± 243 sec). Kein signifikanter Unterschied zwischen den 3 Verfahren fand sich bei der Qualität des erzielten Lungenkollapses.

Die häufigere Anwendung des EZ-Blockers zur Herstellung einer Einlungenventilation scheint somit für die tägliche Praxis ein vielversprechender Ansatz zu sein und sollte in weiteren Studien untersucht werden.

2 SUMMARY

In the past decades, different devices have been developed to provide intraoperative one lung ventilation (OLV) in various operations when demanded by the surgeon. The most frequently chosen devices for this purpose are by far double lumen tubes (DLT). Using bronchial blockers (BB) as an alternative approach seems to be somehow limited to special situations such as difficult airways.

In our prospective randomized trial we compared the use of DLT with two types of BB: the Arndt blocker and the EZ blocker.

After approval by the local ethical committee, the study was performed on 90 patients who were scheduled to thoracic surgery requiring OLV. We compared the performance of the devices in terms of time for tube placement, frequency of device dislocation, and quality of achieved lung collapse using three groups of 30 subjects each.

In our study, EZ blockers at least equaled DLT in time for tube placement (EZ 185 ± 64 sec vs DLT 194 ± 117 sec) were less prone to intraoperative dislocation (EZ 10 out of 30 patients, DLT 18 out of 30 patients), and repositioning after dislocation was significantly faster (EZ 18 ± 12 sec vs. DLT 119 ± 162 sec) Placement of Arndt blockers took a significantly longer time (393 ± 243 sec). No significant difference was found in the quality of lung collapse achieved by either of the three devices.

Using the EZ blocker on a regular base to achieve OLV when necessary seems to be a promising approach and should be evaluated by further studies.

3 EINLEITUNG

3.1 Definition und Anwendungsgebiete der Einlungenventilation

Zahlreiche chirurgische Prozeduren erfordern intraoperativ zu definierten Zeitpunkten die selektive Beatmung nur einer Lungenhälfte mit Kollaps der kontralateralen Seite. Mit dieser einseitigen Ventilation oder vulgo Einlungenventilation (ELV) wird entweder der Zugang zum eigentlichen Operationsgebiet erleichtert, beispielsweise während thorakaler Wirbelsäulenchirurgie mit lateralem Zugang und Ösophagusresektionen oder im Rahmen der Lungenchirurgie die sichere und zügige Resektion von Lungenanteilen bis hin zu Pneumonektomien oder Lungentransplantationen ermöglicht.

3.2 Unterschiedliche Verfahren zur Herstellung der Einlungenventilation

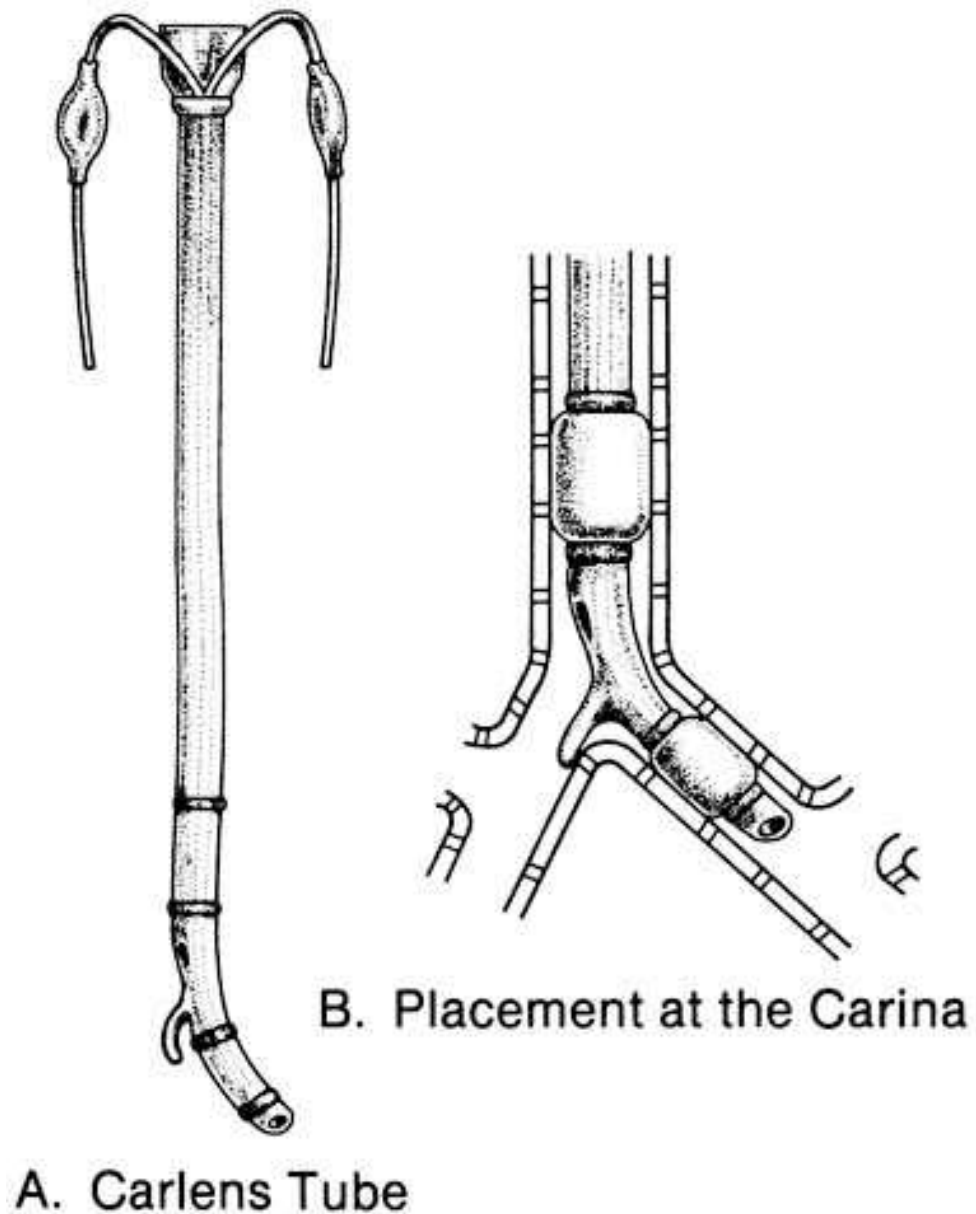
Die heutzutage bei Erwachsenen verwendeten Verfahren zur Etablierung einer ELV lassen sich einer von 2 Gruppen zuordnen: entweder den Doppellumentuben (DLT) oder den Bronchusblockern (BB), welche über einen konventionellen Endotrachealtubus (ETT) platziert werden oder schon in diesen integriert sind. Vertreter beider Gruppen wurden bereits in den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts entwickelt und bis in die Jetztzeit immer weiter modifiziert und verbessert.

3.2.1 Doppellumentuben

Das Design heutiger DLT basiert auf 1939 von Gebauer und rund 10 Jahre später von Carlens vorgestellten Tuben, die primär zur Durchführung von seitengetrenten Flussmessungen im Rahmen von Lungenfunktionsprüfungen (Bronchospimetrien) entwickelt wurden (Wiedemann, Fleischer, and Dressler 2002). Ein bei Carlens-Tuben vorhandener sogenannter Carinasporn sollte hierbei eine sichere Verankerung des DLT auf der Hauptcarina gewährleisten und eine zu tiefe Platzierung verhindern. Der Einsatz des Carlens-Tubus in der klinischen Anästhesie, dessen bronchiales Lumen linksseitig platziert wurde, wurde 1950 erstmalig dokumentiert und hält bis heute an (Dumans-Nizard et al. 2009).

Abbildung 1: Carlens-Tubus

nach: Benumof JL, Anesthesia for Thoracic Surgery. Philadelphia, WB Saunders, 1987

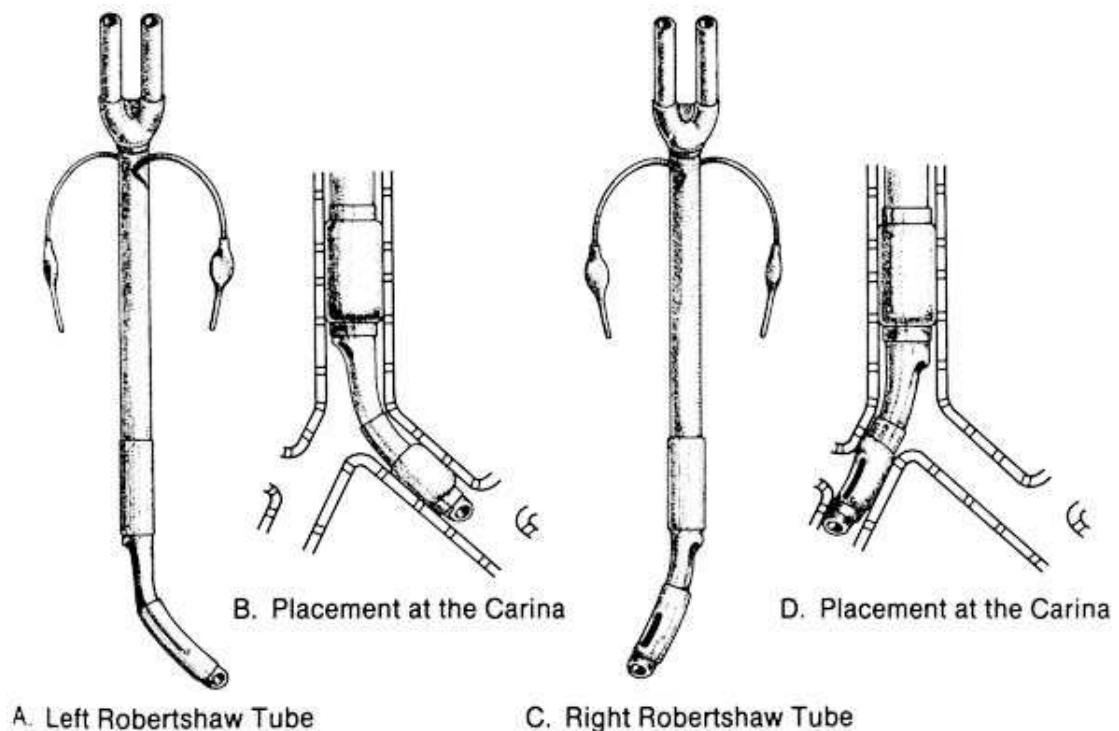


Erste rechtsseitige DLT wurden 1960 vorgestellt. 1962 präsentierte Robertshaw links- und rechtsseitige DLT mit großen Innendurchmessern und ohne Carinasporn, die als Grundformen heutiger moderner DLT gelten (Robertshaw 1962). Bei korrekter Platzierung des bronchialen Lumens im linken respektive rechten Hauptbronchus führt

die Blockung der Blockungsmanschette und Unterbindung der Luftzufuhr zum bronchialen oder trachealen Schenkel mittels Ausklemmen zur gewünschten Einlungenventilation.

Abbildung 2: links- und rechtsseitige Robertshaw-Tuben

nach: Benumof JL, Anesthesia for Thoracic Surgery. Philadelphia, WB Saunders, 1987



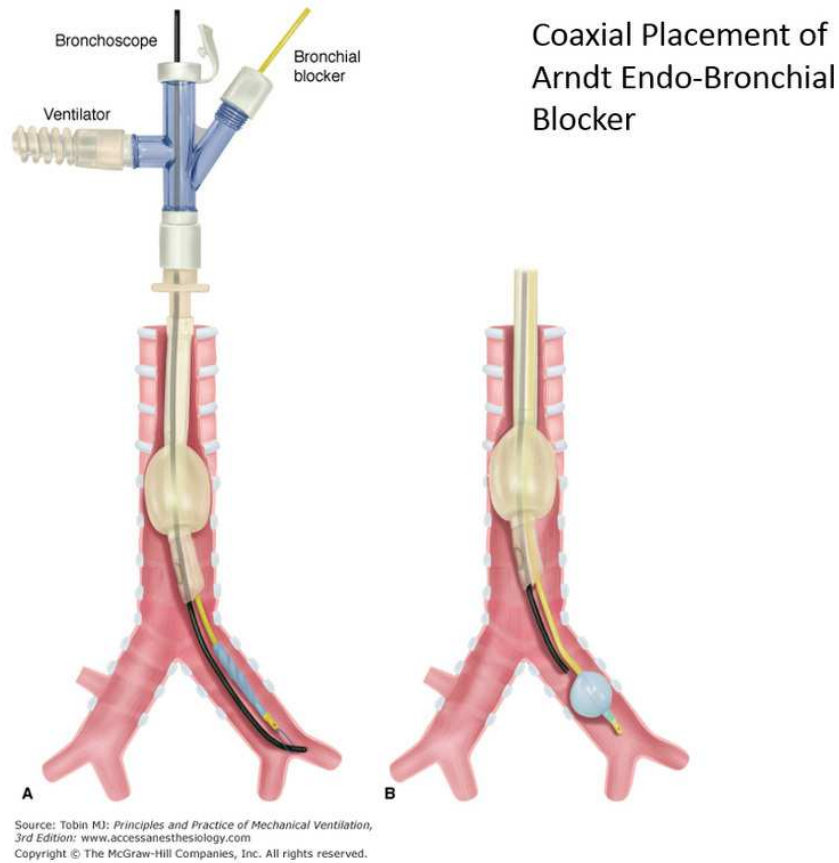
Die Lagekontrolle aller bisher erwähnten DLT erfolgte bis zur Entwicklung moderner Fiberbronchoskope rein klinisch durch Auskultation der linken und rechten Lunge mit und ohne Ausklemmung von trachealem und bronchialem Schenkel. Auskultatorisch korrekt platziert erscheinende DLT können jedoch in über einem Drittel der Fälle fehlpositioniert sein, wie z.B. bronchoskopische Lagekontrollen im Rahmen der Studien von Klein und Campos zeigten (Klein et al. 1998; Campos et al. 2006). Viele Autoren propagieren daher den routinemäßigen Einsatz der Bronchoskopie zur Überprüfung der korrekten Position eines platzierten DLT (Campos 2005; Benumof 1993; Slinger 2003), auch wenn ggf. bei entsprechend großer klinischer Expertise die auskultatorische Überprüfung in den meisten Fällen ausreichend sein mag (Brodsky 2004).

3.2.2 Bronchusblocker

Ein Bronchusblocker (BB), der über einen konventionellen Endotrachealtubus (ETT) eingeführt werden kann, wurde 1936 von Magill präsentiert (Magill 1936). Er bestand im Wesentlichen aus einem biegsamen dünnen Schlauch mit einem aufblasbaren Ballon an der Spitze. Somit konnte bei korrekter Platzierung und Inflation des Ballons im rechten oder linken Hauptbronchus die Belüftung der jeweiligen Lunge ausgeschaltet und gleichzeitig Sog auf diese Lunge appliziert werden. In der Folge fanden sowohl die ursprünglich aus der Gefäßchirurgie stammenden Fogarty- Katheter als auch speziell entwickelte Bronchusblocker Anwendung bei der Herstellung einer ELV. Als Beispiele seien der Wiruthan Bronchusblocker und der Univent Tubus, ein Endotrachealtubus mit integriertem Bronchusblocker genannt (Campos 2003). 1999 präsentierte Arndt einen auch in unserer Studie verwendeten Blocker, der in einem auf den konventionellen Endotrachealtubus aufgesetzten Adapterstück mithilfe einer Schlinge auf ein Bronchoskop aufgefädelt wird und dann mit dem Bronchoskop in den gewünschten Bronchus platziert werden kann (Arndt et al. 1999). Die an der Spitze des Arndt-Blockers befindliche Blockungsmanschette kann nun bei Bedarf mit Luft gefüllt werden, um eine Einlungenventilation zu ermöglichen.

Abbildung 3: Der Arndt Blocker

nach: Tobin MJ, Principles and Practice of Mechanical Ventilation 3rd Edition



2010 wurde ein weiterer BB, der EZ-Blocker vorgestellt (Mungroop et al. 2010). Ähnlich wie ein bereits 1912 in tierexperimentellen Untersuchungen verwandter Tubus mit Carinasporn (Wiedemann, Fleischer, and Dressler 2002) wird dieser Blocker mit seinem Y-förmigen distalen Ende auf der Hauptcarina platziert. In beiden Schenkel am distalen Ende des Blockers befindet sich jeweils eine Blockungsmanschette, über die nach Luftinsufflation eine links- oder rechtsseitige Einlungenventilation erzielt werden kann.

Abbildung 4: Tubus mit Carinasporn
Wiedemann K, Fleischer E, Dressler P (2002)

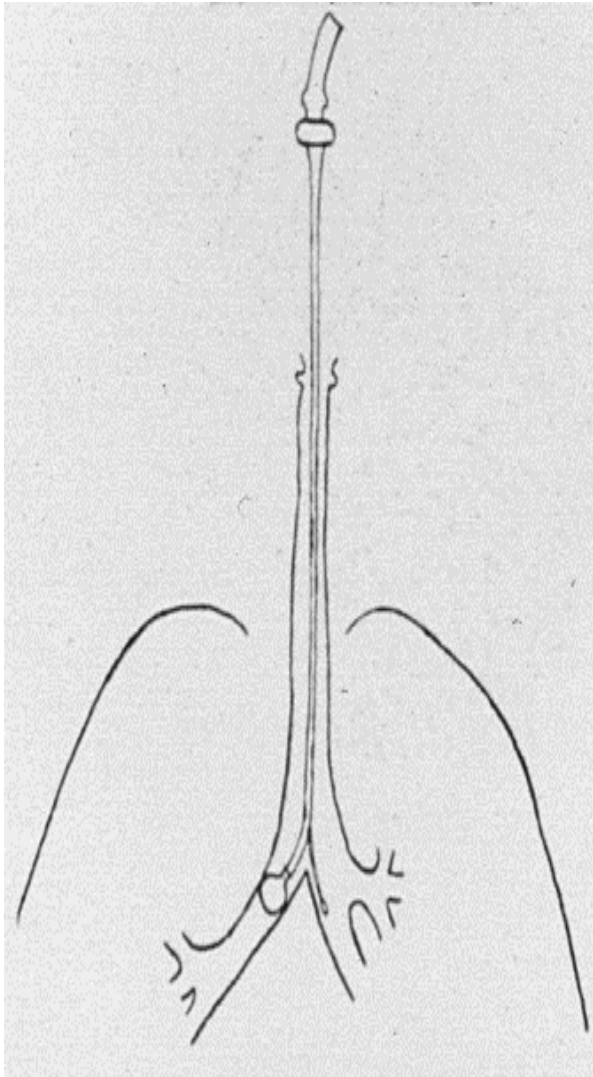
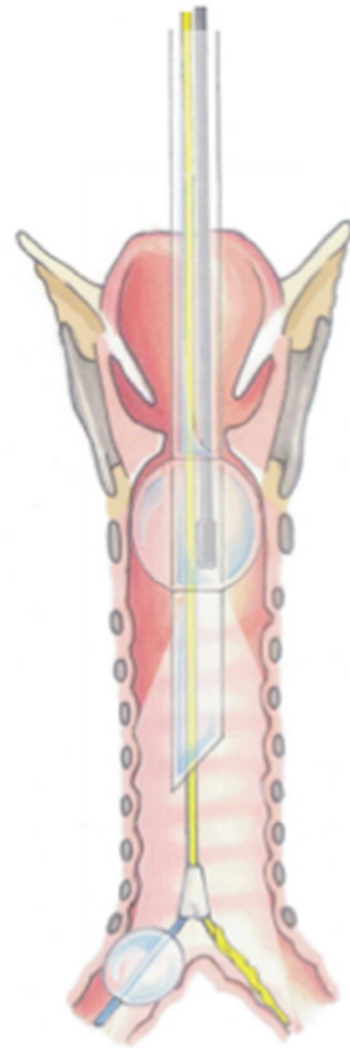


Abbildung 5: Der EZ Blocker
EZ_leaflet Amsterdam (2011)



Dieser Blocker scheint gegenüber anderen BB einige Vorteile aufzuweisen: Das Y-förmige Design des EZ-Blockers kann eventuell die Inzidenz einer intraoperativen Dislokation des Blockers senken. Außerdem kann dieses Instrument zur Atemwegstrennung nach bronchoskopischer Visualisierung der Hauptcarina primär ohne weitere Manipulationen am Bronchoskop platziert werden.

Beim bereits etablierten Arndt-Blocker gelingt hingegen die Positionierung im gewünschten Hauptbronchus nur durch Anschlingen des Blockers am Bronchoskop und somit nur in Abhängigkeit von kombinierten Manipulationen mit dem Bronchoskop.

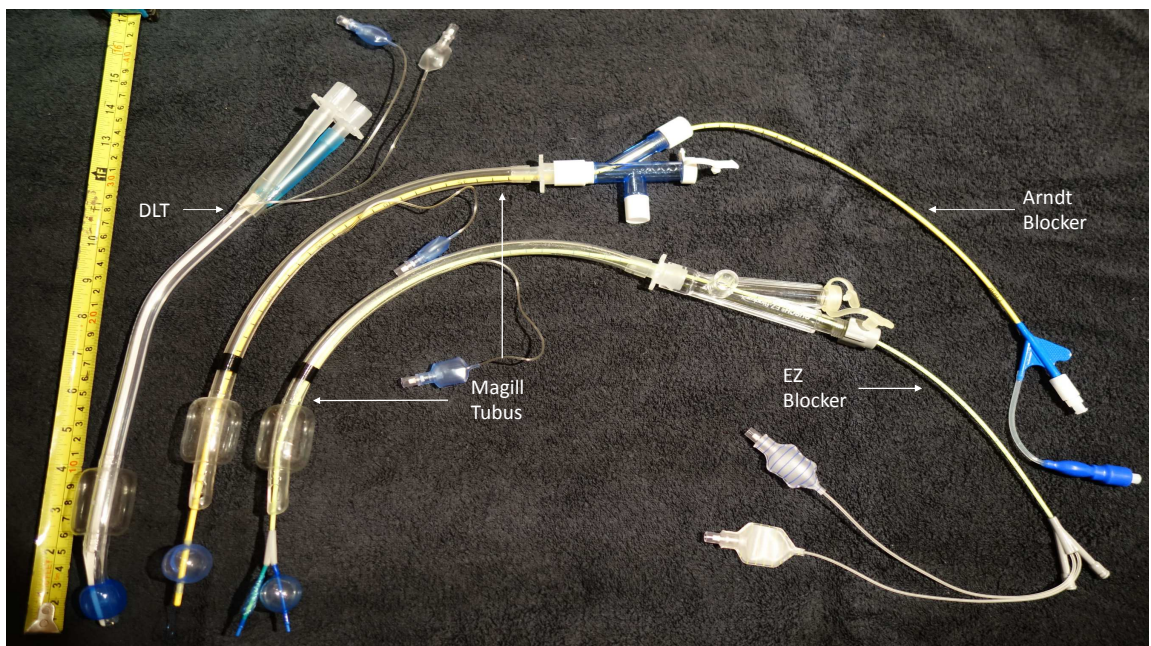
3.2.3 Doppellumentuben versus Bronchusblocker

Während die Verwendung eines DLT zur Erzielung einer Einlungenventilation in der Literatur als Goldstandard dargestellt wird, scheint der Einsatz von BB oftmals speziellen Indikationsstellungen wie z.B. dem Vorliegen eines schwierigen Atemweges vorbehalten zu sein (Ben Shelley, Macfie, and Kinsella 2011; Cohen 2002; Benumof 1998). Bisher publizierte prospektiv randomisierte Studien, die BB gegen DLT vergleichen, zeigen hinsichtlich Platzierungszeit und intraoperativen Dislokationen des jeweiligen Instruments zur Atemwegstrennung oftmals Vorteile für die DLT. Die Qualität des Lungenkollapses weist in einer Metaanalyse dieser Studien hingegen keinen signifikanten Unterschied auf (Clayton-Smith et al. 2015). Auf der anderen Seite ist die Verwendung eines DLT mit einer höheren Rate an postoperativer Heiserkeit und Stimmbandläsionen vergesellschaftet (Knoll et al. 2006). Spezielle anatomische Gegebenheiten können die Platzierung eines DLT erschweren oder gar verhindern, so z.B. das Vorliegen eines „schwierigen Atemweges“, definiert als Visualisierungsgrad III oder IV nach Cormack und Lehane bei der Glottisexposition mittels direkter Laryngoskopie oder aber Patienten mit limitierter Mundöffnung, Hypognathie, eingeschränkter Reklinationsfähigkeit des Halses, Trachealdeviation, etc. Hier scheint die primäre Verwendung eines Bronchusblockers nach initialer Sicherung des Atemweges mit einem konventionellen ETT eine sinnvolle Alternative zu sein (Campos 2010; Ueda et al. 2011). Die Auswahl der richtigen Größe des DLT, dessen Außendurchmesser beim Einsatz bei Erwachsenen üblicherweise zwischen 35 Fr und 41 Fr, d.h. zwischen 11,6 und 13,6 mm liegt, sowie die Bestimmung der richtigen Platzierungstiefe erfolgt interinstitutionell unterschiedlich. Zum einen gibt es den Ansatz, die Größe des zu verwendenden DLT anhand der Trachealweite auf Clavikelhöhe in präoperativ angefertigten Röntgenthoraxbildern des jeweiligen Patienten zu bestimmen (Brodsky, Macario, and Mark 1996). Zum anderen werden auch Kriterien wie Geschlecht und Körpergröße zur Auswahl benutzt (Cohen 2002).

Die Ermittlung der Platzierungstiefe erfolgt entweder anhand einer Formel (Körpergröße in cm/10 + 12 cm) (Brody et al. 1991) oder aber nach klinischem Befund (federnder Widerstand beim Vorschieben des DLT) (Klein et al. 1998).

Generell gilt die Platzierung eines linksseitigen DLT im Vergleich zu rechtsseitigen als einfacher. Dies erklärt sich zum einen aus den Längenunterschieden zwischen längerem linkem und kürzerem rechtem Hauptbronchus, die als Zielgebiete für den bronchialen Schenkel des DLT inklusive Blockungsmanschette dienen. Hier bietet der linke gegenüber dem rechten Hauptbronchus einen größeren Spielraum oder „margin of safety“ in dem der platzierte bronchiale Schenkel weder den Oberlappen okkludiert, noch eine Herniation der gefüllten bronchialen Blockungsmanschette in die Trachea zu befürchten ist (Benumof et al. 1987). Zum anderen kann die korrekte rechtsseitige Positionierung durch die hohe interindividuelle Variabilität der Lage des rechtsseitigen Oberlappenbronchus erschwert werden oder sich sogar als unmöglich erweisen (Klein et al. 1998).

Abbildung 6: Instrumente zur Atemwegstrennung



3.2.4 Datenlage zum EZ-Blocker

Der erfolgreiche Einsatz eines EZ-Blockers wurde bei verschiedenen Indikationsstellungen in mehreren Publikationen dokumentiert, so zum Beispiel im Rahmen üblicher lungenchirurgischer Eingriffe aber auch bei speziellen Indikationsstellungen wie bilateralen Sympathektomien, ELV bei tracheotomierten Patienten und während Trachealresektionen (Végh et al. 2012; Kus et al. 2013; Matei et al. 2015; Rispoli et al. 2015). Intraoperative Dislokationen scheinen bei diesem Verfahren seltener als bei anderen BB aufzutreten (Kus et al. 2014)

Es finden sich in der Literatur bis dato jedoch erst 2 prospektiv randomisierte Studien, die das Abschneiden des EZ-Blockers gegenüber DLT vergleichen (Ruetzler et al. 2011; Mourisse et al. 2013). Ein direkter Vergleich des EZ-Blockers mit einem anderen BB und dem Goldstandard DLT im Rahmen einer prospektiv randomisierten Studie ist unseres Wissens nach noch nicht publiziert worden und steht somit noch aus.

4 FRAGESTELLUNG

In der Vergangenheit haben sich bei der Ermöglichung und Durchführung einer Einlungenventilation sowohl bei Verwendung von Doppellumentuben als auch von Bronchusblockern verschiedene Vor- und Nachteile gezeigt. Die Verwendung des in prospektiv randomisierten Studien bis jetzt nur wenig untersuchten EZ-Blockers stellt hierbei einen neuen Ansatz dar, der bei einfacher Platzierbarkeit einen zuverlässigen Schutz vor intraoperativen Dislokationen und einen adäquaten Lungenkollaps gewährleisten könnte.

In unserer Studie wurden drei unterschiedliche Verfahren zur Einlungenventilation bei thoraxchirurgischen Verfahren prospektiv randomisiert miteinander verglichen: konventioneller Doppellumentubus, Arndt-Blocker und EZ-Blocker.

Folgende Fragestellungen sollten dabei beantwortet werden:

Gibt es zwischen den 3 Verfahren signifikante Unterschiede

- a) bei den Platzierungszeiten?
- b) bei der Häufigkeit der Dislokation?
- c) bei der Qualität der Entlüftung des zu operierenden Lungenflügels?

5 MATERIAL UND METHODIK

Die Durchführung des Vorhabens wurde von der zuständigen Ethikkommission der Ärztekammer des Saarlandes befürwortet (Kenn-Nr.: 108/10).

Die vorliegende Untersuchung wurde an 90 Patienten durchgeführt, die sich thoraxchirurgischen Operationen an der Klinik für Thorax- und Herz-Gefäßchirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes unterzogen.

Spätestens am Tag vor dem geplanten Eingriff wurden die Patienten nach klinikinternem Standard über das vorgesehene Narkoseverfahren und die entsprechenden Risiken aufgeklärt. Bei Erfüllung der Einschlusskriterien und fehlenden Ausschlusskriterien wurden die Patienten zusätzlich über die geplante Studie informiert. Es erfolgte eine standardisierte Aufklärung durch einen Patientenaufklärungsbogen sowie mündlich im Rahmen eines Informationsgespräches. Bei Einwilligung in die Studienteilnahme wurde diese vom Patienten auf einem separaten Einwilligungsbogen schriftlich fixiert.

Insgesamt wurden 90 Patienten rekrutiert, die mit einem Losverfahren in drei Gruppen randomisiert wurden. Hierzu wurde am Abend vor dem geplanten Eingriff einer von 90 Umschlägen aus einer abgeschlossenen Box gezogen. Bei identischem Äußeren enthielten diese Umschläge die Zuordnung zu einer der folgenden Gruppen:

Doppellumentubus-Gruppe je 30 Patienten

Arndt Blocker-Gruppe je 30 Patienten

EZ Blocker-Gruppe je 30 Patienten

Präoperative Vorbereitung, Einleitung und Aufrechterhaltung der Allgemeinanästhesie sowie Etablierung des Einlungenventilationsverfahrens inklusive perioperativer Bronchoskopien erfolgte immer durch den gleichen Anästhesisten.

5.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Insgesamt wurden 90 volljährige Patienten beiderlei Geschlechts der ASA Gruppen I, II und III in die Studie eingeschlossen. Bei all diesen Patienten wurde eine thoraxchirurgische Operation mit Einsatz der Einlungenventilation durchgeführt.

Folgende Ausschlusskriterien zur Teilnahme an dieser Studie wurden festgelegt:

Tabelle 1: Ausschlusskriterien

Ausschlusskriterien
Teilnahme an einer anderen Studie
Vorerkrankungen oder Umstände, die eine Untersuchung des Patienten unmöglich oder nicht sinnvoll erscheinen ließen (z.B. Demenz, fehlendes Sprachverständnis oder Sprechfähigkeit)
Patienten mit wesentlichen kardiologischen oder neurologischen Vorerkrankungen
Body Mass Index (BMI) > 30
ASA > III
Ablehnung durch den Patienten

5.2 Patientengruppen

5.2.1 Doppellumentubus-Gruppe

Bei der Narkoseeinleitung erfolgte in dieser Gruppe die Platzierung des DLT nach laryngoskopischer Einstellung des Atemweges. Die korrekte Lage des DLT wurde fiberbronchoskopisch verifiziert bzw. bei Fehllage entsprechend korrigiert.

5.2.2 Arndt-Blocker- und EZ-Blocker-Gruppe

In diesen beiden Gruppen wurden die Patienten zunächst mit einem konventionellen Magill-Tubus intubiert. Anschließend erfolgte unter bronchoskopischer Visualisierung die Platzierung des BB entweder unter Führung durch das Bronchoskop (Arndt – Blocker-Gruppe) oder davon unabhängig (EZ-Blocker-Gruppe)

5.3 Vorbereitungen

5.3.1 Allgemeine Studien- und Narkosevorbereitungen

Am Operationstag erfolgten zunächst Transport des Patienten in den OP, Umbettung und Lagerung auf die OP-Liege und danach die weiteren Vorbereitungen im Narkoseeinleitungsraum der Anästhesie:

Anlage Standardmonitoring (EKG, Pulsoxymetrie, NIBP)

Anlage einer Venenverweilkanüle in eine Vene des Unterarmes oder Handrückens

Anschluss einer Vollelektrolytlösung

Bei fehlender Kontraindikation und vorliegender Einwilligung wurde nun zunächst ein thorakaler Periduralkatheter (th-PDK) zur perioperativen Schmerztherapie gelegt.

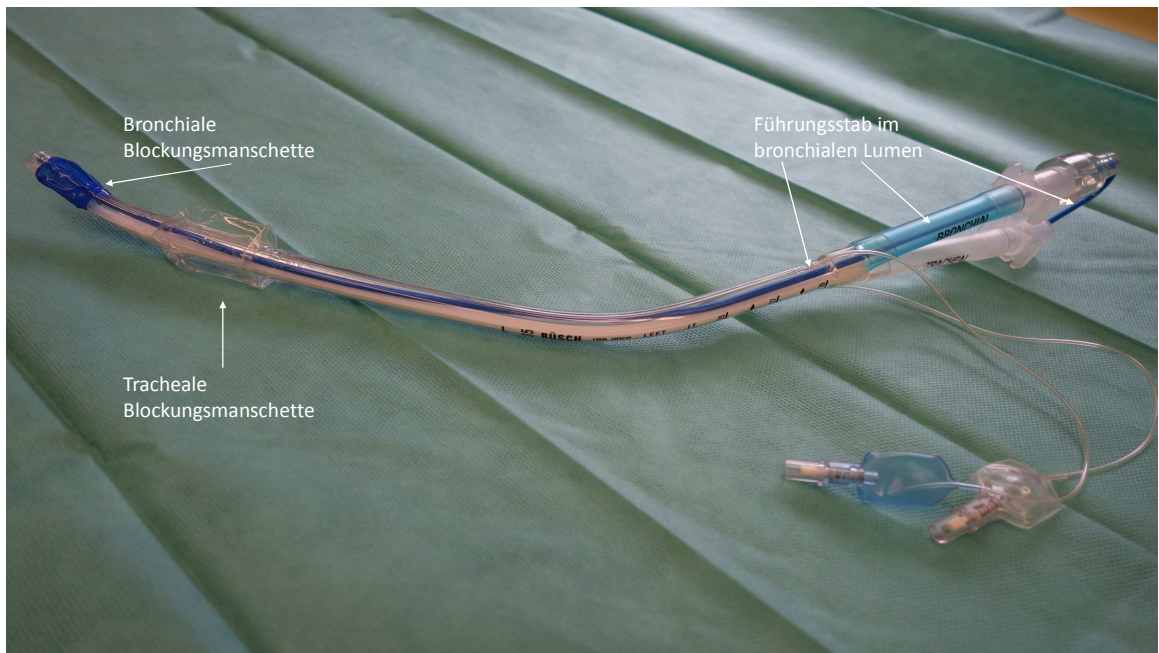
Danach wurde der Patient erneut in Rückenlage gebracht und nun die eigentlichen Vorbereitungen zu Studiendurchführung getroffen.

5.3.2 spezielle Vorbereitung zur Studiendurchführung

Die Patienten wurden in Rückenlage mit dem Kopf auf einem 10 cm hohen Intubationskissen platziert.

Die in der DLT-Gruppe verwendeten Doppellumentuben wurden vor Studienbeginn zusammgebaut und die Dichtigkeit der Blockungsmanschetten überprüft. Frauen erhielten dabei primär einen 37 Fr DLT, Männer einen 39 Fr DLT.

Abbildung 7: vorbereiteter DLT



Ebenso wurde die Blockungsmanschette der in den beiden Blocker-Gruppen verwendeten Magill-Tuben (8,0 und 8,5 I.D.) geprüft und die Tuben endoluminal mit einem Führungsstab versehen.

Vor der Verwendung eines Arndt-Blockers wurde dieser wie folgt vorbereitet:

großzügige Lubrifikation von Bronchoskop, Arndt-Blocker, Innenseite des Arndt- Mehrwegadapters und des Magill-Tubus (LaryPhary Spray, Dr.P. by Dr. Panzer GmbH, Potsdam)

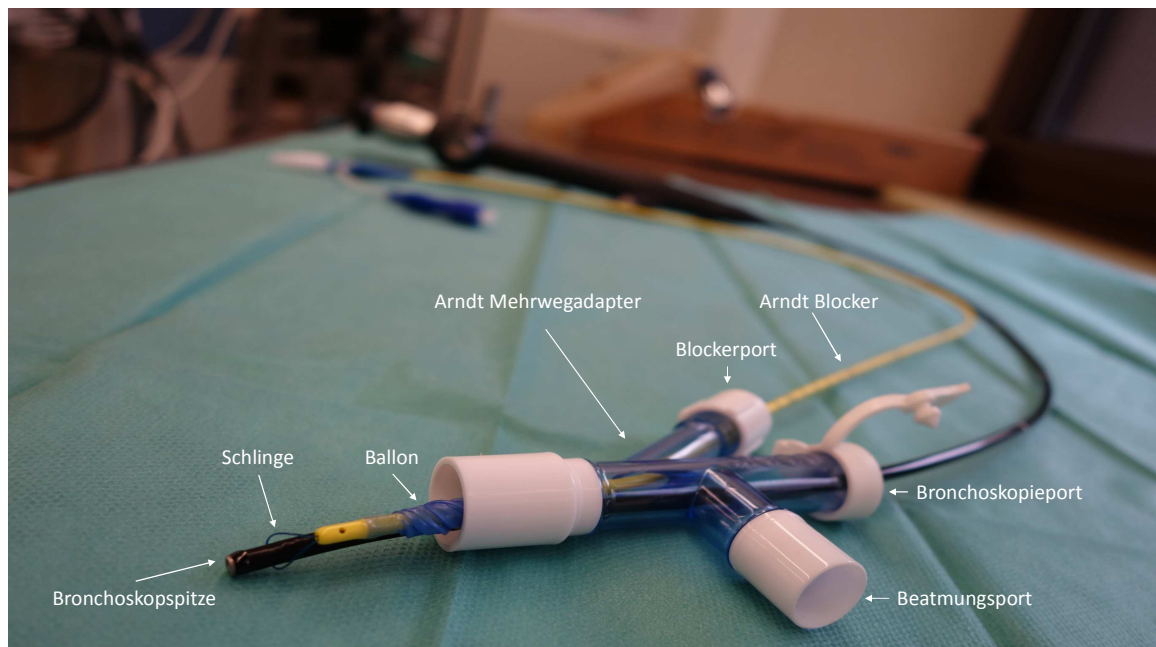
Einführen des Bronchoskops über die Membran des Bronchoskopieports des Arndt- Mehrwegadapters

Einführen des Arndt-Blockers durch den Blockerkatheterport des Arndt-Mehrwegadapters

Anschlingen des Arndt-Blockers an das Bronchoskop

lockeres Anschrauben der Kappe des Blockerkatheterports, so dass der Blocker weiterhin leicht bewegt werden konnte und gleichzeitig Luftaustritt durch den Blockerkatheterport verhindert wurde

Abbildung 8: vorbereiteter Arndt-Blocker mit Bronchoskop



Bei Verwendung des EZ-Blockers wurden folgende Vorbereitungen getroffen:

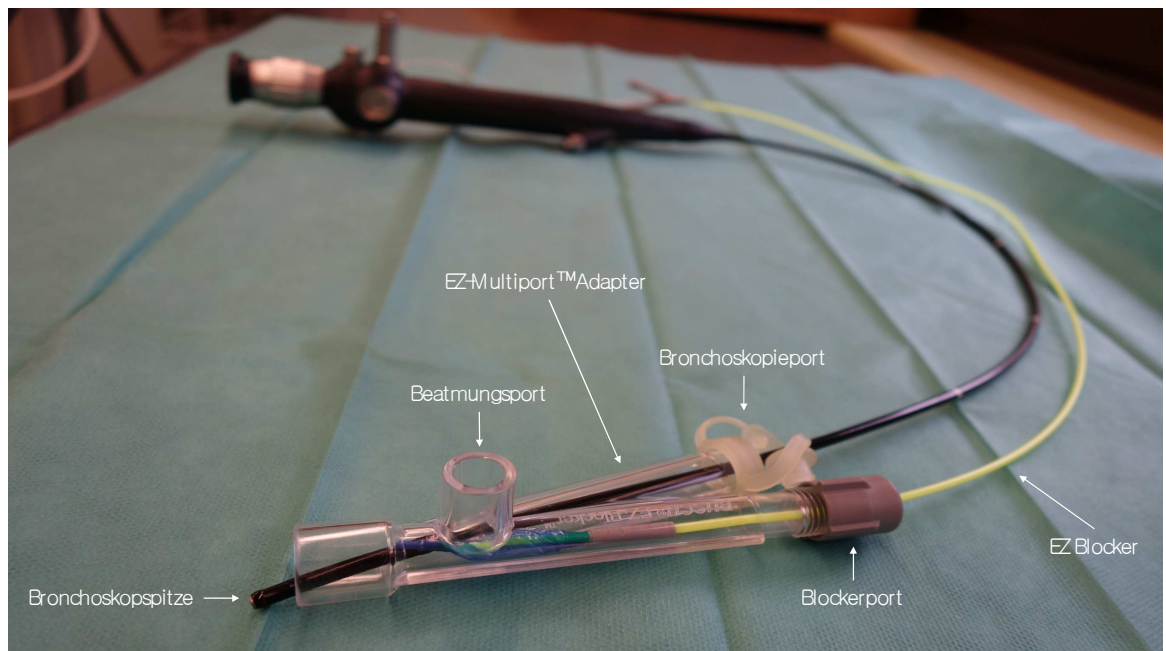
großzügige Lubrifikation von Bronchoskop, EZ-Blocker, Innenseite des EZ-Multiport™Adapters und des Magill-Tubus (LaryPhary Spray, Dr.P. by Dr. Panzer GmbH, Potsdam)

Einführen des Bronchoskops durch den Bronchoskopieport des EZ-Multiport™Adapters

Einführen des EZ-Blockers durch den Blockerkatheterport des EZ-Multiport™Adapters.

lockeres Anschrauben der Kappe des Blockerkatheterports, so dass der Blocker weiterhin leicht bewegt werden konnte und gleichzeitig Luftaustritt durch den Blockerkatheterport verhindert wurde.

Abbildung 9: vorbereiteter EZ-Blocker



Auskunft über die in unserer Studie verwendeten Instrumente zur Atemwegssicherung und -trennung sowie über weitere benötigte Materialien geben die folgenden Tabellen.

Tabelle 2: verwendete Instrumente zur Atemwegssicherung und –trennung

Material	Größe	Name	Firma	Anschrift
DLT	39 Ch, 37 CH, 35 CH	Portex Blue Line Endobronchial Tube	Smith medical International Ltd.	Hythe, Kent, CT21 6JL, UK
Magill Tubus	I.D. 8,0 mm O.D. 10,7 mm Cuff D. 25mm		Teleflex	34600 Kamunting Malaysia
Arndt Blocker	9 French spherical balloon Länge 78 cm	Arndt Endobronchial-blocker	Cook Medical Incorporated	P.O. Box 4195, Bloomington, IN 47402-4195 U.S.A.
EZ Blocker	7 French Länge 75 cm	EZ-Blocker	AnaesthetIQ B.V. and EZ Blocker B.V.	PO Box 21280, 3001 AG Rotterdam, The Netherlands

Tabelle 3: Equipment zur Bronchoskopie

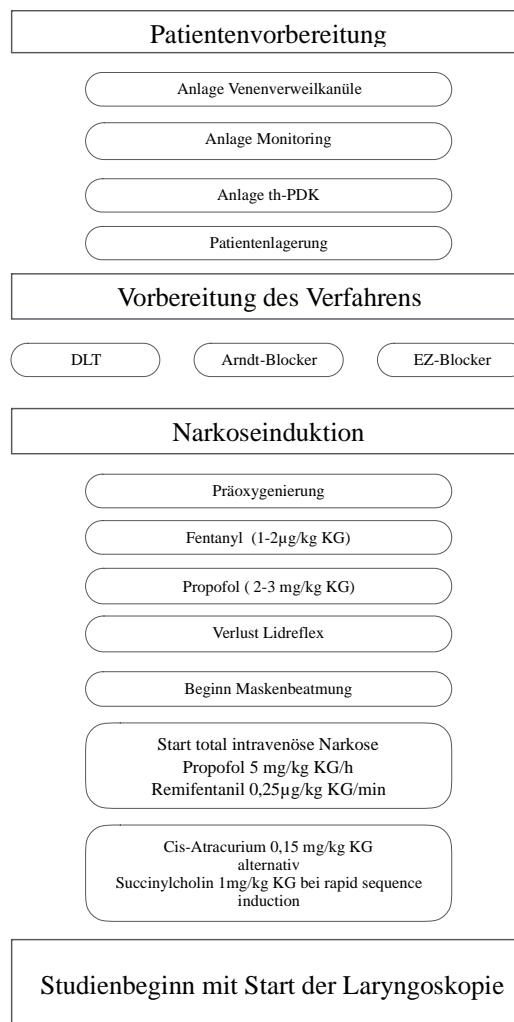
Material	Firma	Anschrift
Bronchoskop 11302 BD2	Karl Storz GmbH & Co. KG	Tuttlingen
Videomonitor c-mac 8401 ZX	Karl Storz GmbH & Co. KG	Tuttlingen
c-CAM 20290131	Karl Storz GmbH & Co. KG	Tuttlingen
Lichtquelle 11301 D4	Karl Storz GmbH & Co. KG	Tuttlingen
Speichermedium San Disc 4 GB Extreme	SanDisc Corporation	Milpitas, Californien USA

5.4 Studienprotokoll

5.4.1 Narkoseinduktion

Nach Abschluss der Vorbereitungen wurden die Patienten gemäß zuvor zugestemtem Verfahren in einer der 3 Studiengruppen geführt. Dabei war der Ablauf in allen 3 Gruppen bis zur Platzierung des jeweiligen Verfahrens zur Einlungenventilation identisch.

Abbildung 10: Ablaufschema Narkoseeinleitung bis Studienbeginn



5.4.2 Platzierungszeiten

Je nach Gruppe wurden entweder ein Doppellumentubus (DLT) oder ein Magill-Tubus sowie anschließend der jeweilige Bronchusblocker (BB) platziert. Die Visualisierung des Atemweges erfolgte in beiden Gruppen mittels direkter Laryngoskopie durch ein konventionelles Laryngoskop mit Spatelgröße 3. Externe Kehlkopfmanipulationen (OELM = Optimal External Laryngeal Manipulation) und/oder ein Bougie zur Verbesserung der Intubationsbedingungen wurden bei Bedarf eingesetzt.

In der DLT-Gruppe wurde bei Männern primär ein 39 Fr, bei Frauen ein 37 Fr DLT verwandt. Die Entscheidung zur Verwendung eines linksseitigen oder eines rechtsseitigen DLT wurde präoperativ im Konsens mit unseren Thoraxchirurgen getroffen.

Die Platzierungstiefe wurde anhand folgender Formel bestimmt:

$$\text{Platzierungstiefe (cm)} = \text{Körpergröße (cm)} / 10 + 12 \text{ cm}$$

Nach Passage der bronchialen Blockungsmanschette durch die Stimmbänder wurde der DLT bei linksseitigen Tuben um 90 Grad nach links und bei rechtsseitigen um 90 Grad nach rechts gedreht. Nun wurde der Führungsstab zurückgezogen und der DLT weiter vorgeschoben, bis die zuvor errechnete Platzierungstiefe erreicht war.

Sollte sich die endotracheale Platzierung des initial gewählten DLT als unmöglich erweisen, so wurde in einem erneuten Anlauf der jeweils nächst kleinere DLT verwandt (Männer 37 Fr, Frauen 35 Fr).

In den BB-Gruppen erfolgte die Intubation unter direkter Laryngoskopie mit einem konventionellen Magilltubus.

Die endotracheale Lage des Magill- oder des Doppellumentubus wurde nun zunächst auskultatorisch und mittels positiver Kapnographie verifiziert. Der benötigte Zeitraum zur Sicherung des Atemweges, sprich Beginn der Laryngoskopie bis Bestätigung der endotrachealen Lage durch positive Kapnographie und Auskultation wurde als erste Platzierungszeit (PZ 1) festgehalten.

In der DLT-Gruppe erfolgte nun eine bronchoskopische Lagekontrolle durch das tracheale Lumen und ggf. eine Lagekorrektur.

In der Arndt-Blocker-Gruppe wurde der vorbereitete Blocker nach Anschluss des Arndt- Mehrwegadapters an den Magill Tubus unter bronchoskopischer Führung in den benötigten Hauptbronchus platziert.

In der EZ-Blocker-Gruppe wurde nach Verbindung des vorbereiteten EZ-Multiport™Adapters mit dem Magill-Tubus zunächst bronchoskopisch die Tubusspitze lokalisiert und diese dann 4 cm proximal der Hauptcarina positioniert. Nun erfolgte unter bronchoskopischer Kontrolle das Verschieben des EZ-Blockers.

Als zweiter Zeitraum, der zur Ermöglichung der gewünschten ELV benötigt wurde, wurde die Zeit ab Ende Atemwegssicherung bis Verifizierung der korrekten Lage des jeweiligen Instrumentes zur Atemwegstrennung gemessen (PZ 2).

Die Gesamtplatzierungszeit (GPZ) des jeweiligen Verfahrens ergab sich dann aus der Summe von erster und zweiter Platzierungszeit.

Tabelle 4: Definitionen der Platzierungszeiten

Platzierungszeiten (PZ)		Definition
PZ 1	Sicherung des Atemweges	Beginn Laryngoskopie bis zur Bestätigung der endotrachealer Lage des devices
PZ 2	Ermöglichung der ELV	Ende Atemwegssicherung bis zur Verifizierung der korrekten Lage des devices
GPZ	Gesamtplatzierungszeit	PZ 1 + PZ 2

Folgende Kriterien wurden zur Definition der korrekten Lage des jeweiligen Verfahrens verwandt:

Tabelle 5: Kriterien für eine korrekte Lage des verwendeten Verfahrens

Verfahren	korrekte Lage
DLT	bronchiales Lumen in korrektem Hauptbronchus Oberrand der Blockungsmanschette sichtbar unterhalb der Hauptcarina
Arndt-Blocker	Ballon in korrektem Hauptbronchus Oberrand des Ballons sichtbar distal der Hauptcarina
EZ-Blocker	je ein Ballon pro Hauptbronchus dichter Sitz auf der Hauptcarina Oberrand jedes Ballons sichtbar distal der Hauptcarina

Abbildung 11: korrekte Lage eines linksseitigen DLT

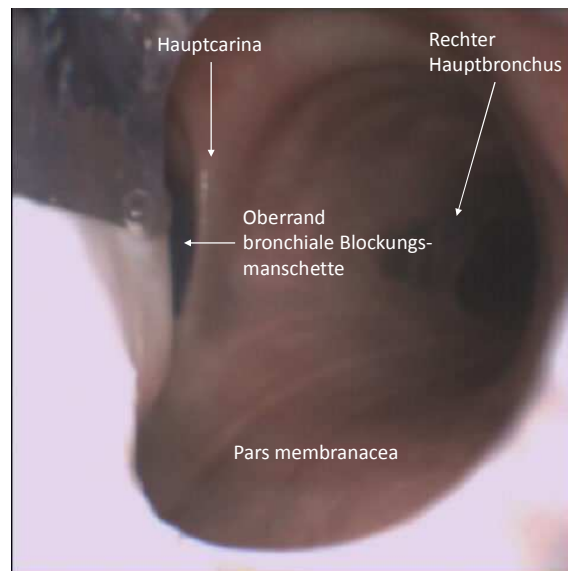


Abbildung 12: korrekte Lage eines Arndt Blockers im linken Hauptbronchus

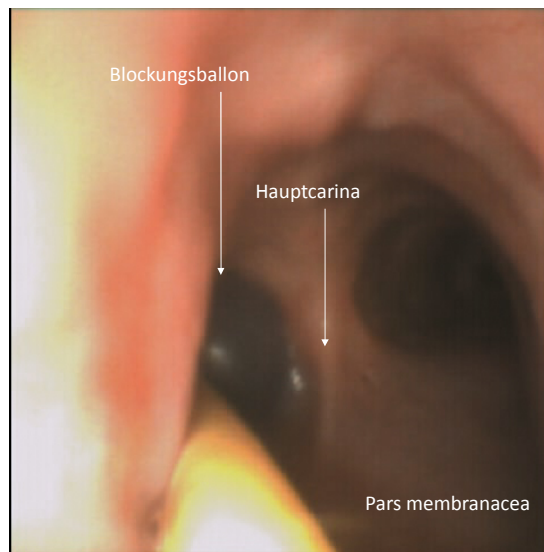


Abbildung 13: korrekte Lage eines EZ Blockers (rechtsseitig geblockt)

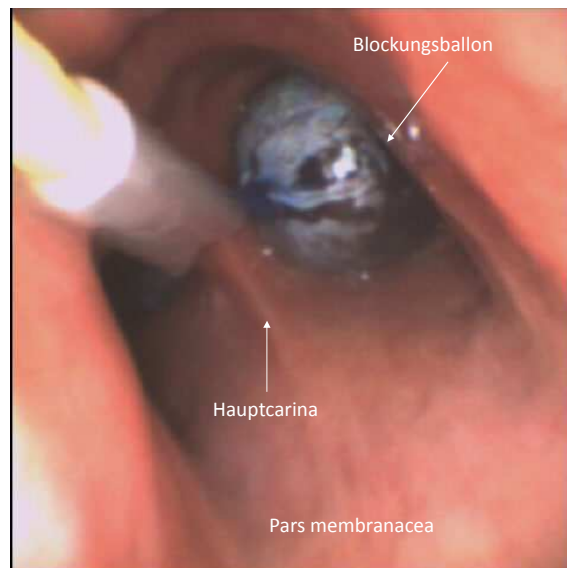


Abbildung 14: Ablaufschema Platzierung DLT

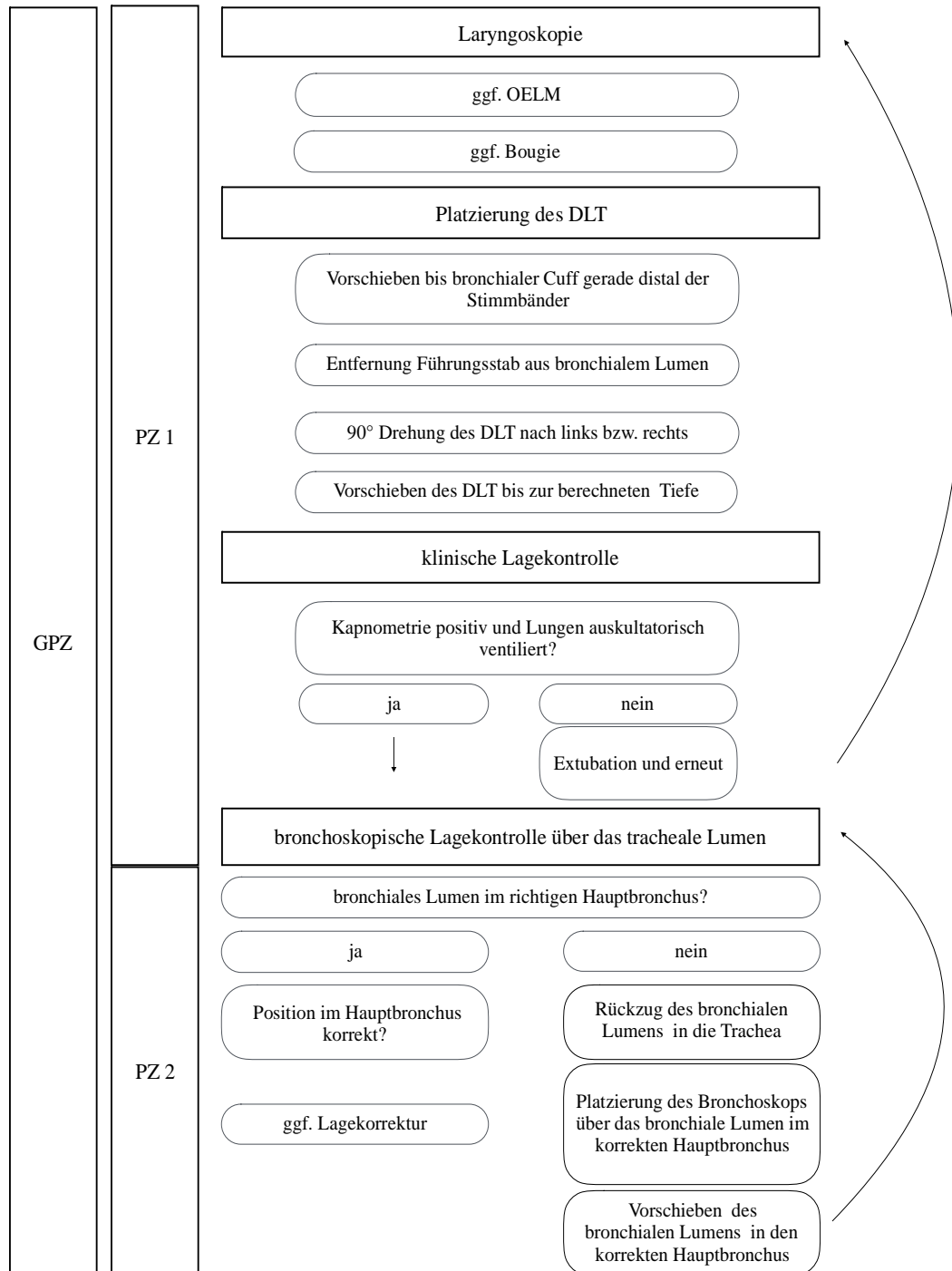


Abbildung 15: Ablaufschema Platzierung Arndt Blocker

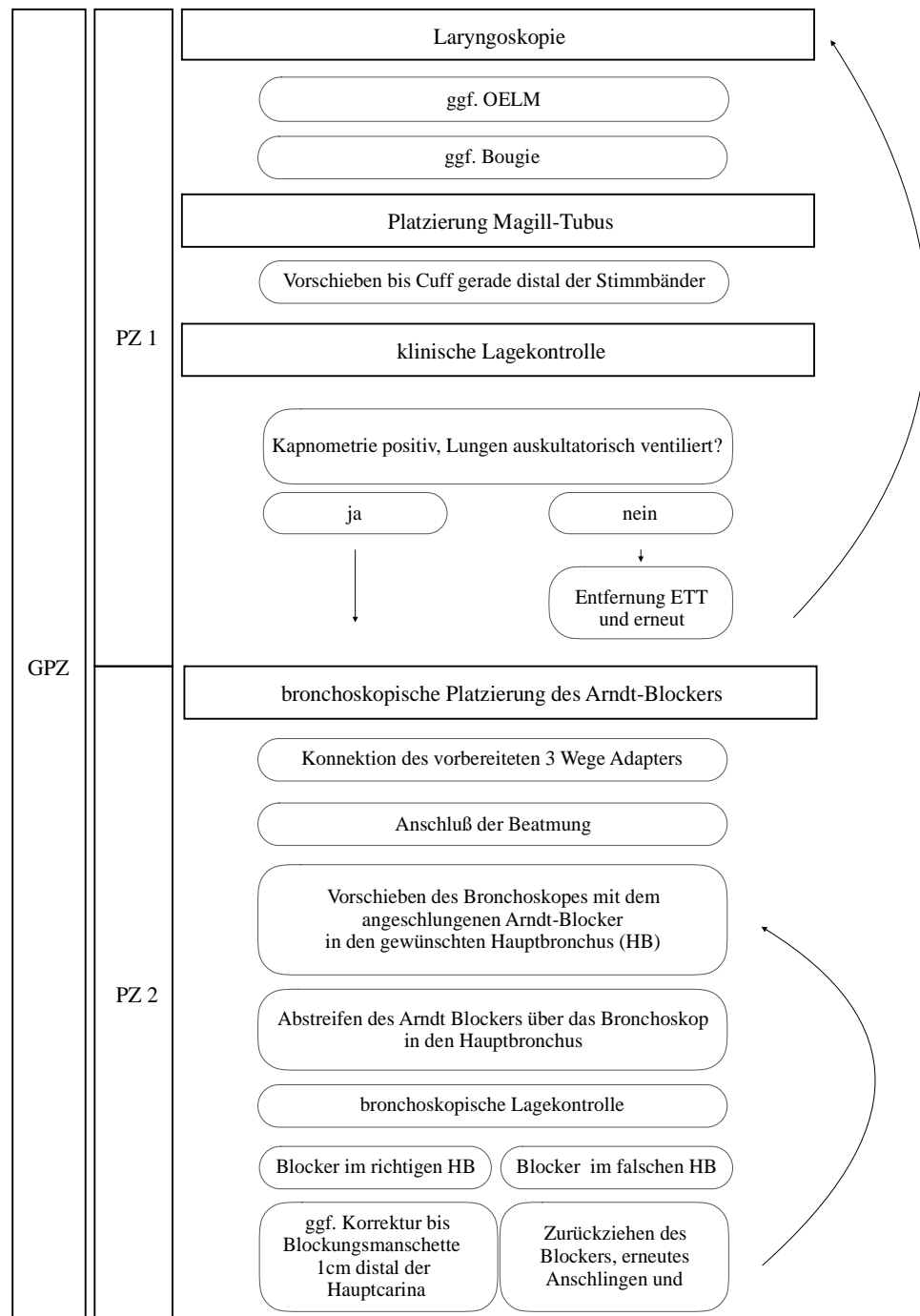
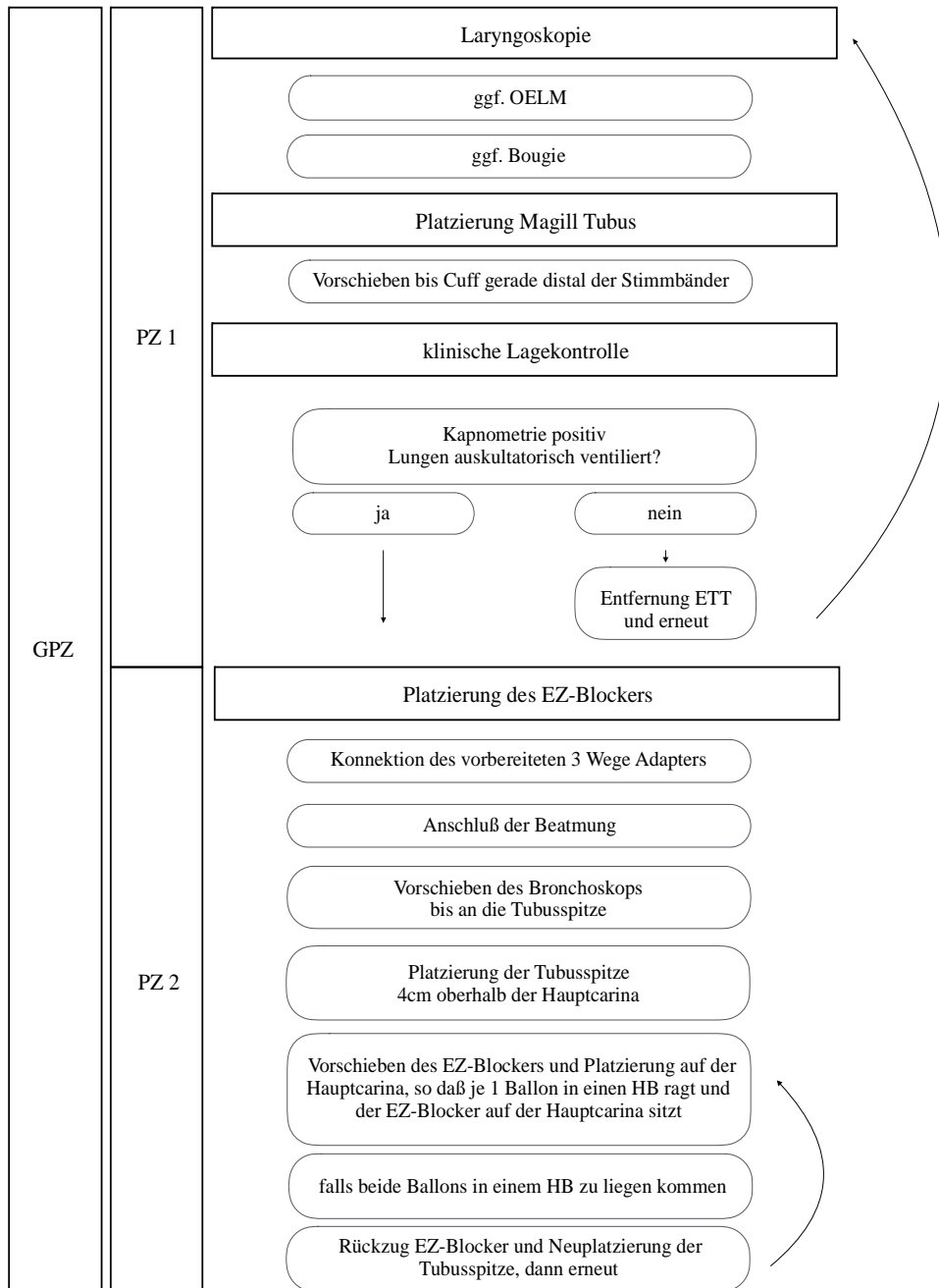


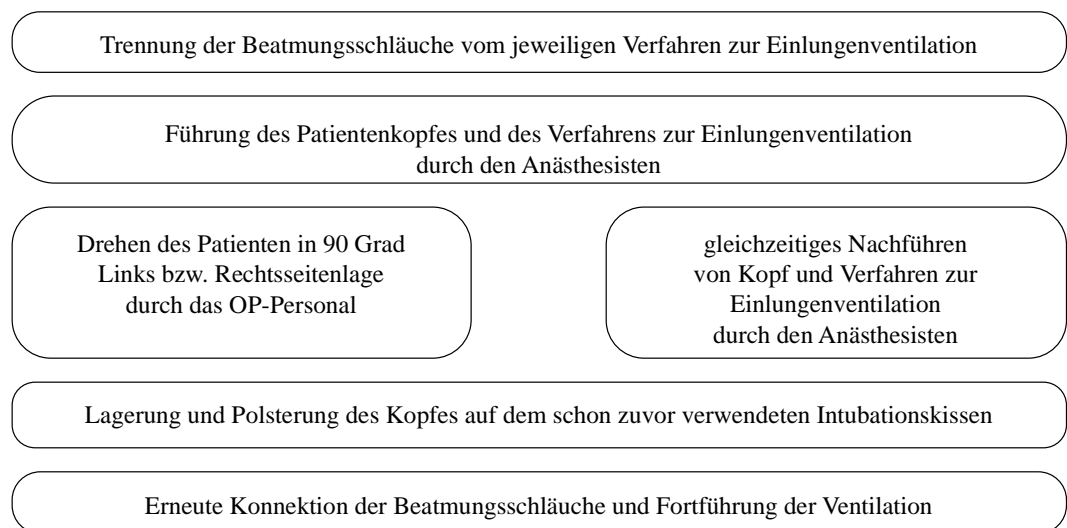
Abbildung 16: Ablaufschema Platzierung EZ Blocker



5.4.3 Lagekontrolle der Instrumente zur Atemwegstrennung

Nach korrekter Platzierung des DLT respektive des Arndt- oder EZ-Blockers wurden die Tuben im Mundwinkel des Patienten fixiert und die Narkoseeinleitung fortgeführt. Nun wurden bei jedem Studienpatienten ein zentraler Venenkatheter, eine arterielle Blutdruckmessung, ein Blasenkatheter sowie eine weitere periphere Venenverweilkanüle angelegt. Im Anschluss wurde der Patient in Rückenlage auf dem OP-Tisch liegend in den OP verbracht. Hier erfolgt der Anschluss an den Narkosearbeitsplatz (Primus, Fa. Dräger, Lübeck) und an das Monitoring. Die Lagerung zur OP in Rechts- bzw. Linksseitenlage lief bei allen Patienten nach dem gleichen Schema ab:

Abbildung 17: Ablaufschema Patientenlagerung



Vor Beginn der Operation erfolgte nun eine erneute bronchoskopische Lagekontrolle und ggf. eine Lagekorrektur des jeweiligen Instrumentes zur Atemwegssicherung, falls die Kriterien für eine korrekte Lage nicht mehr erfüllt waren.

Abbildung 18: Ablaufschema Lagekontrolle DLT vor OP Beginn

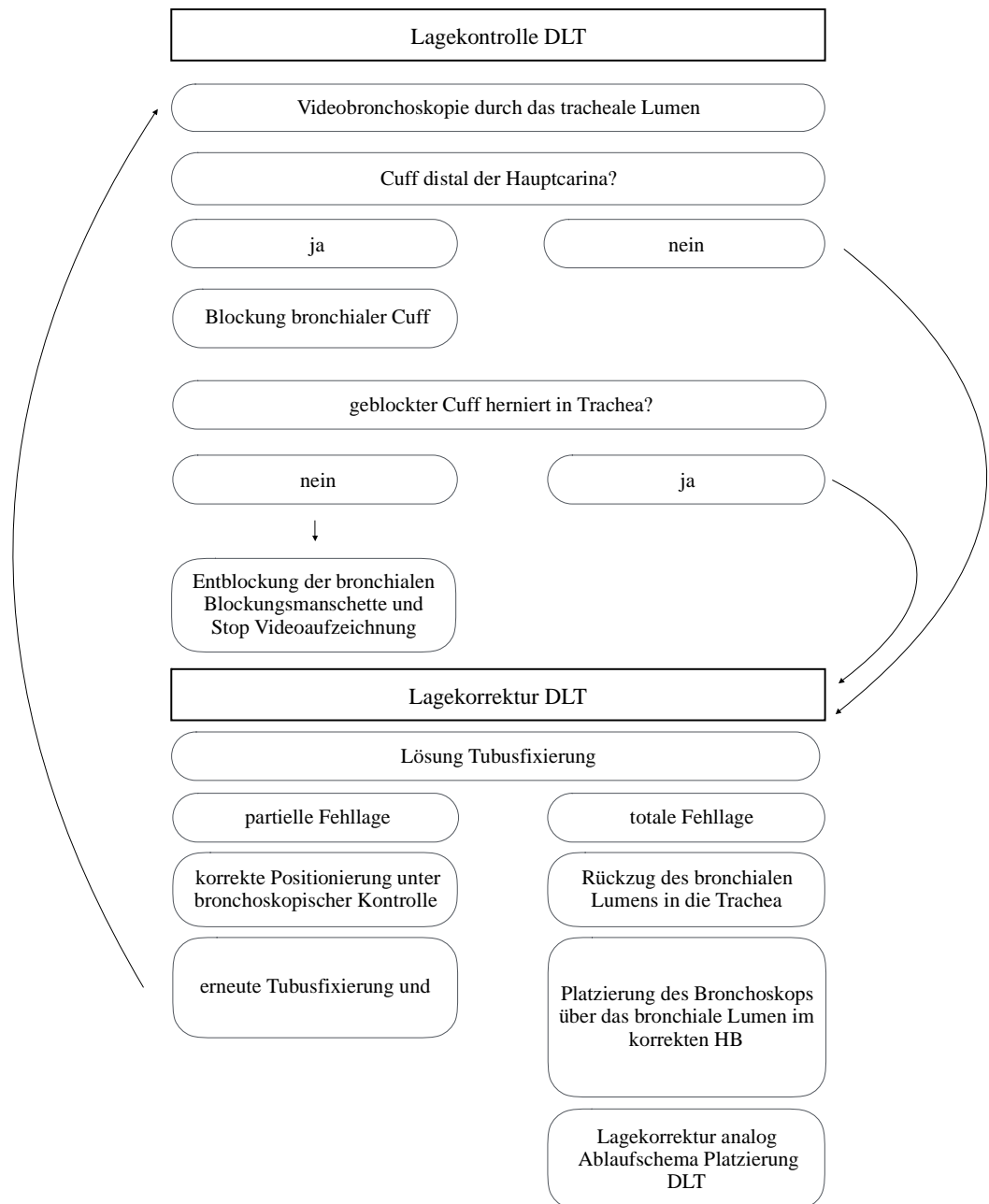


Abbildung 19: Ablaufschema Lagekontrolle Arndt-Blocker vor OP Beginn

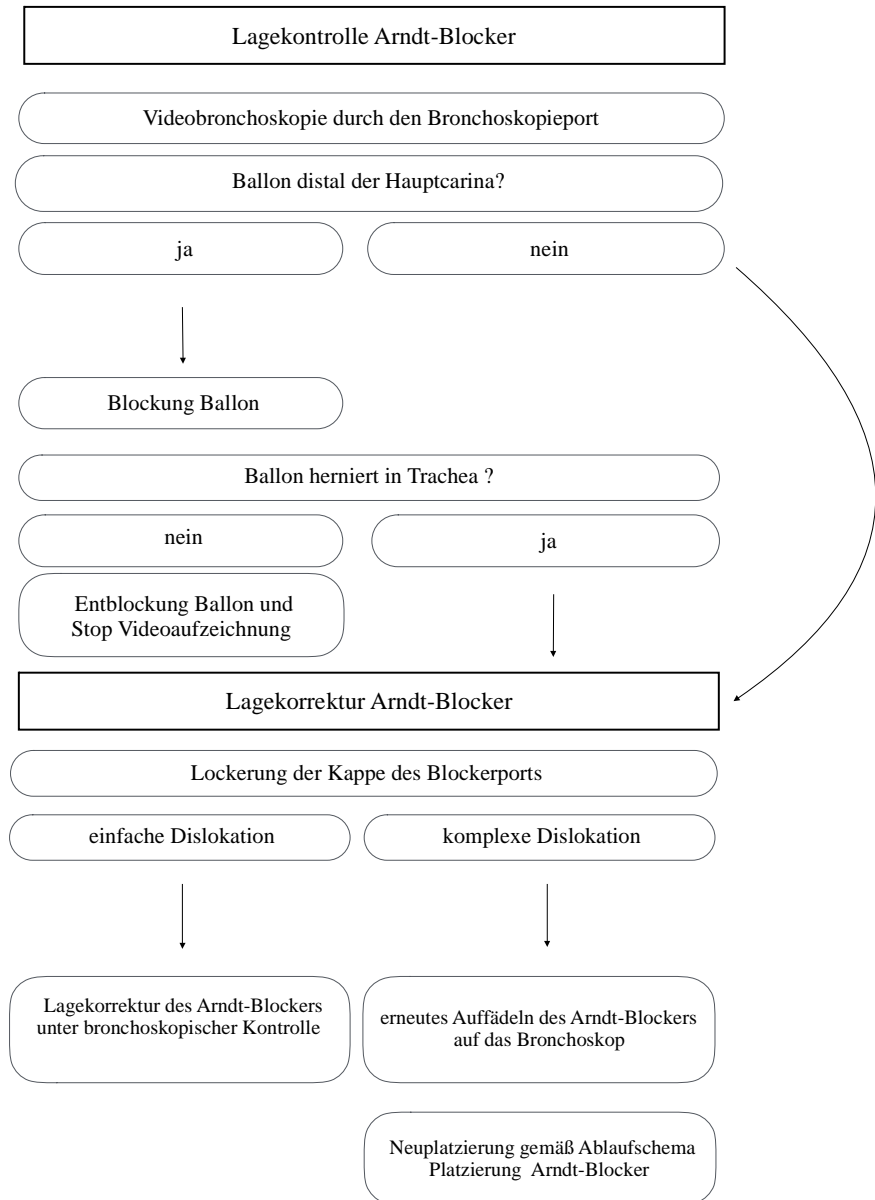
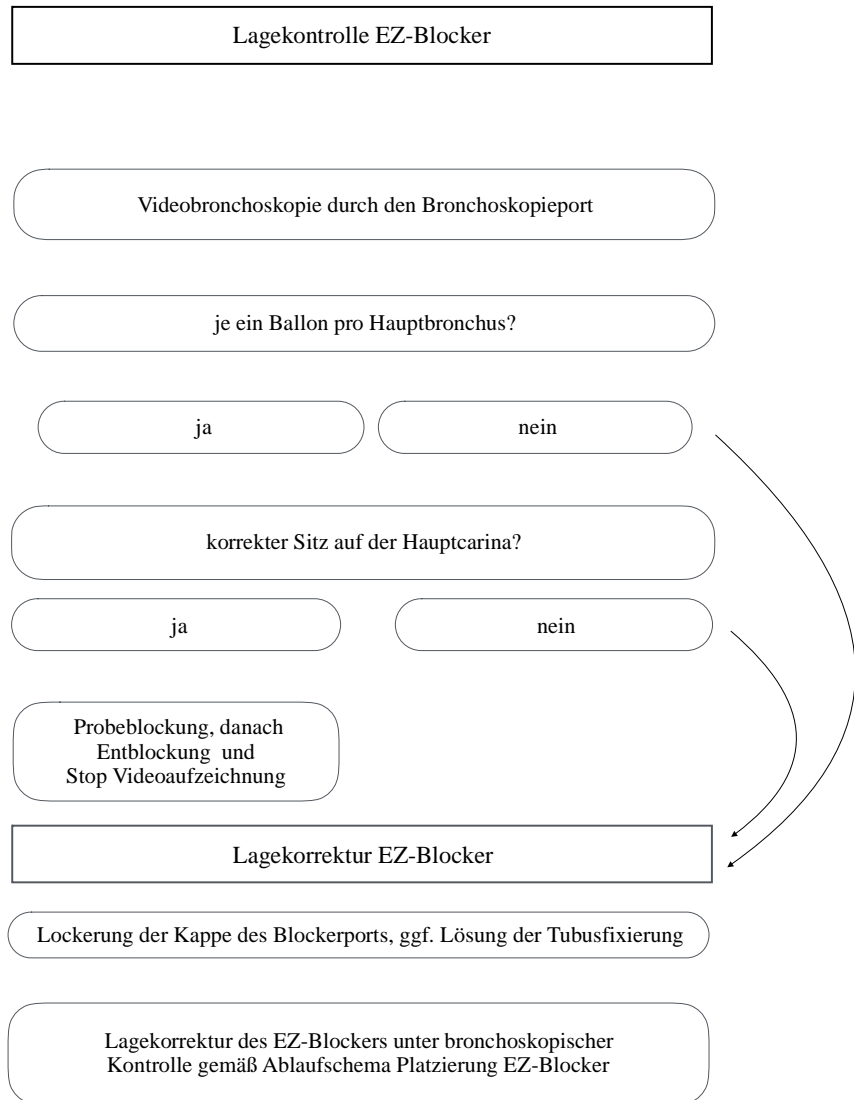


Abbildung 20: Ablaufschema Lagekontrolle EZ-Blocker vor OP Beginn



5.4.4 Management der Einlungenventilation

Die Narkoseführung erfolgte intraoperativ zu jeder Zeit und in allen 3 Gruppen mit einem inspiratorischen Sauerstoffanteil von 100% und als total intravenöse Anästhesie (TIVA). Bis zur Eröffnung der Pleura wurden beide Lungen beatmet. Direkt bei chirurgischer Eröffnung der Pleura wurden wie zuvor bei der Lagerung des Patienten die Beatmungsschläuche inklusive BeatmungsfILTER vom jeweiligen Verfahren zur Einlungenventilation diskonnektiert.

Nach 60 Sekunden Apnoe wurde dann in der DLT-Gruppe die bronchiale Blockungsmanschette geblockt, der Beatmungsschenkel der zu operierenden Seite am DLT geklemmt und distal der Klemme zur Atmosphäre hin geöffnet. Nach Wiederanschluss der Beatmungsschläuche wurde die Beatmung nun als Einlungenventilation (ELV) fortgeführt.

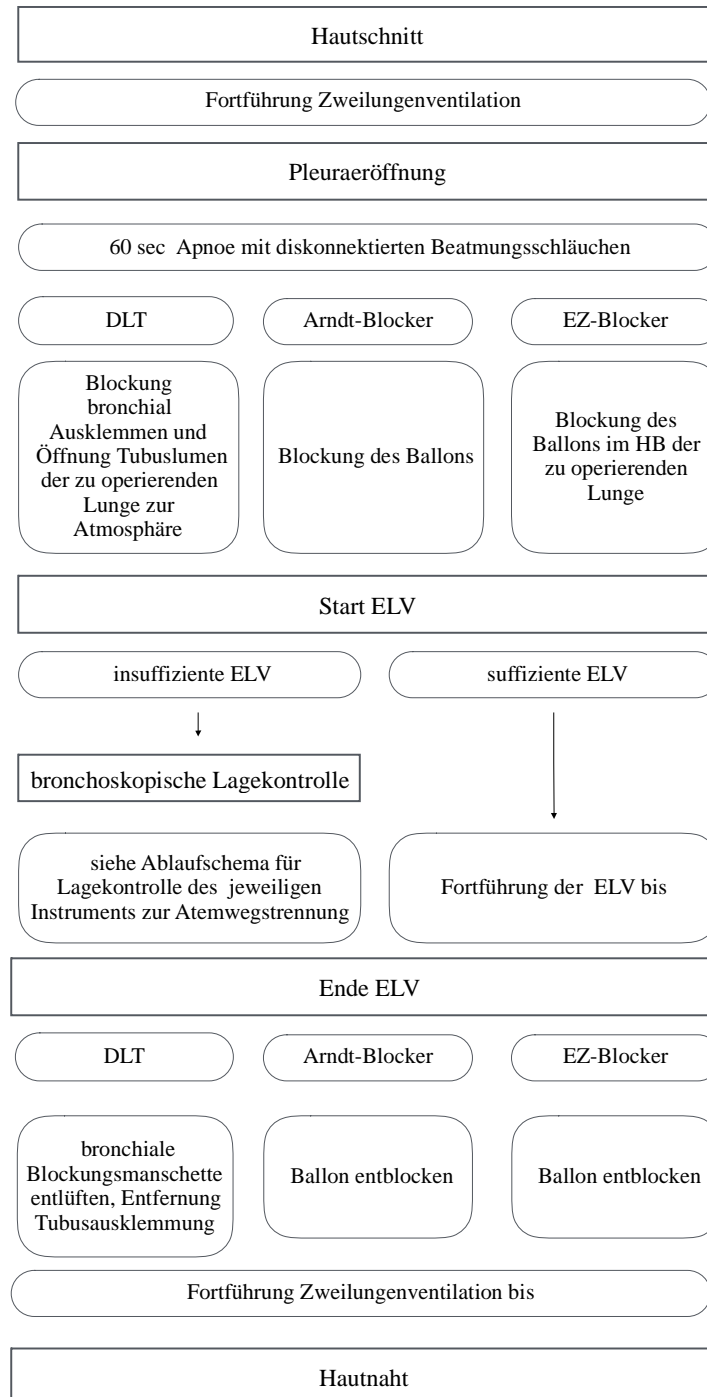
In der Arndt- und der EZ-Blocker-Gruppe wurde die Blockungsmanschette im Hauptbronchus (HB) der zu operierenden Seite nach 60 Sekunden Apnoe geblockt und die Beatmung dann analog zur DLT-Gruppe als ELV fortgesetzt.

Die ELV wurde bei jedem Patienten im druckkontrollierten Modus durchgeführt. Die Beatmungseinstellung wurden hierbei individuell so gewählt, dass folgende in ihrer Wertigkeit absteigende Parameter möglichst eingehalten wurden:

1. $SpO_2 \geq 90\%$
2. möglichst geringe Beatmungsspitzen drücke
3. $etCO_2$ möglichst normokapnisch

Eine erneute bronchoskopische Lagekontrolle während ELV wurde bei Verdacht auf Fehllage des Instrumentes zur Atemwegstrennung durchgeführt. Dieser Verdacht lag entweder vor bei sichtbarer Belüftung und Ventilation der zu operierenden Lunge, plötzlich steigenden Beatmungsdrücken oder bei dauerhaftem Abfall (d.h. > 60 sec) der SpO_2 unter 90%.

Abbildung 21: Ablaufschema Operation Hautschnitt bis Hautnaht



5.4.5 Beurteilung der Qualität des Lungenkollapses

Vom verantwortlichen Chirurgen wurde am Ende der Einlungenventilation eine zusammenfassende Wertung der Qualität des Lungenkollapses abgegeben. Folgende Auswahlmöglichkeiten standen hierbei zu Verfügung:

Tabelle 6: Beurteilung der Qualität des Lungenkollapses durch den Chirurgen

Qualität des Lungenkollapses
exzellent
in Ordnung
schlecht

5.5 Statistik

Primärer Endpunkt der Studie war die Platzierungszeit des DLT bzw. der Bronchusblocker. Die benötigte Anzahl an Studienteilnehmern pro Gruppe wurde anhand der erwarteten Platzierungszeiten der jeweiligen Verfahren zur Einlungenventilation ermittelt. Um eine Power von 0,8 und ein Alpha von 0,05 zu erreichen, ergab die Power-Analyse eine Anzahl von jeweils 27 Teilnehmern pro Gruppe, um einen signifikanten Unterschied in den Platzierungszeiten zuverlässig detektieren zu können. Hierbei gingen wir von einer Signifikanz bei einem Unterschied von 60 Sekunden mit einer Standardabweichung von ± 70 Sekunden aus. Um mögliche Ausfälle während der Studie zu kompensieren, schlossen wir 30 Patienten in jede Gruppe ein.

Als sekundärer Endpunkte wurden die Qualität des Lungenkollapses und die Häufigkeit perioperativer Lagekorrekturen festgelegt.

Tabelle 7: statistisch untersuchte Parameter

Parameter
demographische Daten
Platzierungszeiten von DLT und BB
Art und Häufigkeit der intraoperativ nötigen Lagekorrekturen
Qualität des Lungenkollaps

Für die Analyse der Platzierungszeiten PZ 1, PZ 2 und GPZ in den drei Gruppen wurde bei nicht normalverteilten Werten die Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks mit der Dunn´s Method for Multiple Comparison Procedures durchgeführt. Der Vergleich der links und rechtsseitigen PZ2 in der Arndt Gruppe erfolgte mittels einem Mann-Whitney Rank Sum Test. Ergebnisse mit einem $p < 0,05$ galten als signifikant.

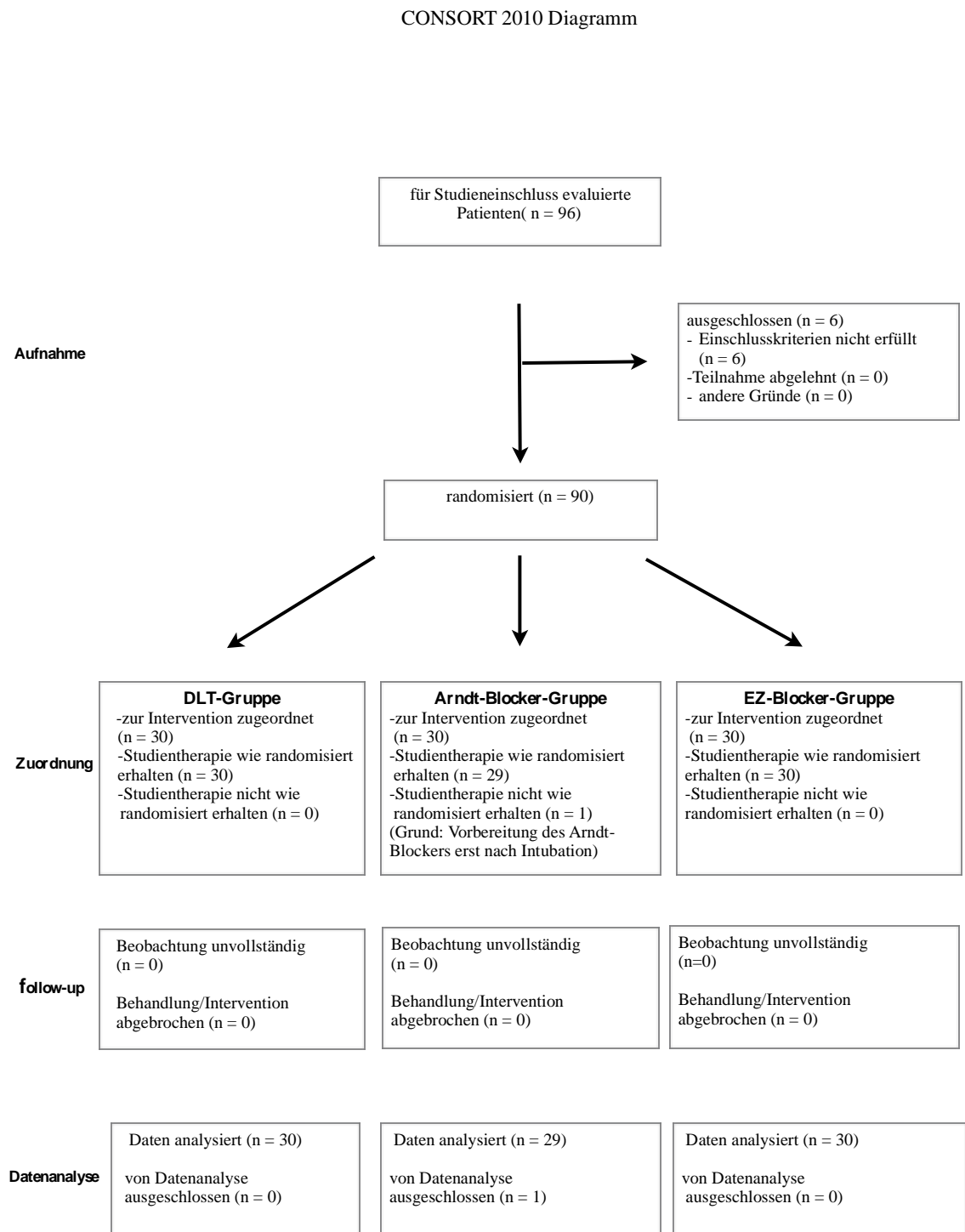
Die Darstellung der Daten erfolgt als Durchschnittswerte mit entsprechender Standardabweichung sowie als Median mit 25% und 75% Perzentile.

Die statistische Auswertung erfolgte mit SigmaPlot Version 12.5 (Systat Software Inc.)

5.6 CONSORT 2010 Flow Diagramm

Der Verlauf von Patientenrekrutierung bis hin zur Datenauswertung in unserer Studie lässt sich an folgendem Flussdiagramm nachvollziehen:

Abbildung 22: Consort 2010 Flow Diagramm



6. ERGEBNISSE

6.1 Demographische Daten

Hinsichtlich der demographische Daten fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den 3 Studiengruppen.

Tabelle 8: Demographische Daten als mean \pm Standardabweichung (SD)

Gruppe	Geschlecht (m/w)	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	BMI	ASA (I / II / III)
DLT	19 / 11	58,6 \pm 13,7	170 \pm 9	72 \pm 13	24 \pm 3	0 / 15 / 15
Arndt-Blocker	18 / 12	60,7 \pm 11,9	169 \pm 8	73 \pm 12	25 \pm 4	0 / 15 / 15
EZ-Blocker	23 / 7	63,2 \pm 13,9	172 \pm 7	75 \pm 13	25 \pm 4	0 / 10 / 20
P	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

6.2 allgemeine Studiendaten

Bezüglich der Intubationsbedingungen lassen sich folgende Aussagen treffen:

Tabelle 9: Intubationsbedingungen

Gruppe	Mallampati (I, II, III, IV)	Cormack (1, 2, 3, 4)	OELM (ja / nein)	Bougie (ja / nein)
DLT	12 / 15 / 3 / 0	14 / 16 / 0 / 0	6 / 24	5 / 25
Arndt-Blocker	20 / 6 / 2 / 1	17 / 12 / 0 / 0	1 / 28	1 / 28
EZ-Blocker	15 / 15 / 0 / 0	18 / 12 / 0 / 0	1 / 29	1 / 29
p	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Die operativen Zugangswege für die jeweiligen Operationen lassen sich folgender Tabelle entnehmen:

Tabelle 10: operative Zugangswege

Gruppe	Laterale Thorakotomie	Videoassistierte thorakoskopische Eingriffe	Sternotomie	Linker Hemithorax	Rechter Hemithorax	beidseits
DLT	27	3	0	13	17	0
Arndt-Blocker	27	2	0	18	11	0
EZ-Blocker	24	5	1	16	13	1

Folgende thoraxchirurgische Eingriffe wurden durchgeführt:

Tabelle 11: durchgeführte Eingriffe

Gruppe	atypische Resektion	Lobektomie	Pneumonektomie	mediastinale Raumforderung	Dekortikation	Pleurektomie
DLT	5	17	3	0	2	3
Arndt-Blocker	11	14	0	0	2	2
EZ-Blocker	8	13	0	3	1	5

6.3 Platzierungszeiten

6.3.1 Dauer der Atemwegssicherung (PZ 1)

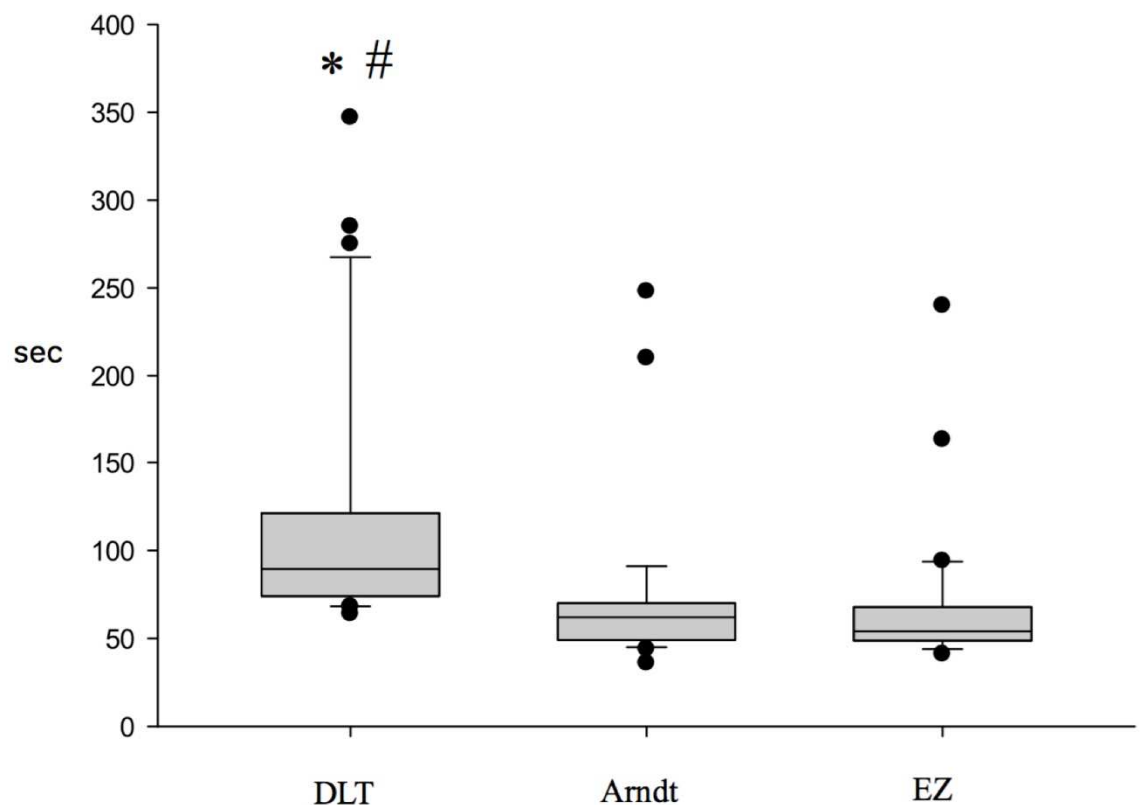
Betrachtet man zunächst die benötigte Zeit zur Sicherung des Atemweges, ergaben sich folgende Werte:

Tabelle 12: PZ 1 (Angaben in Sekunden)

Gruppe	Mittelwert	SD	Min	Max	Median	25 %	75 %
DLT	115,23	70,56	64,00	347,00	89,50	74,00	121,25
Arndt-Blocker	71,82	45,73	36,00	248,00	62,00	49,00	70,00
EZ-Blocker	67,70	40,40	54,00	240,00	54,00	48,75	67,75

Die Sicherung des Atemweges dauerte beim Einsatz des DLT signifikant länger als in den beiden Blocker Gruppen.

Abbildung 23: PZ 1



* $p < 0,05$ DLT vs. EZ

$p < 0,05$ DLT vs. Arndt

(Kruskal-Wallis One Way ANOVA, Dunn's Method for Multiple Comparison Procedures)

Ursächlich fanden sich folgende Gründe für eine prolongierte initiale Atemwegssicherung:

Tabelle 13: Gründe für eine prolongierte initiale Atemwegssicherung

Problem	DLT	Arndt	EZ
schwierige laryngoskopische Einstellung des Atemweges	3	2	2
initial zu großer Tubus	2	0	0
Platzierung des Tubus nur über Bougie möglich	5	1	1

6.3.2 Dauer Ermöglichung der Einlungenventilation (PZ 2)

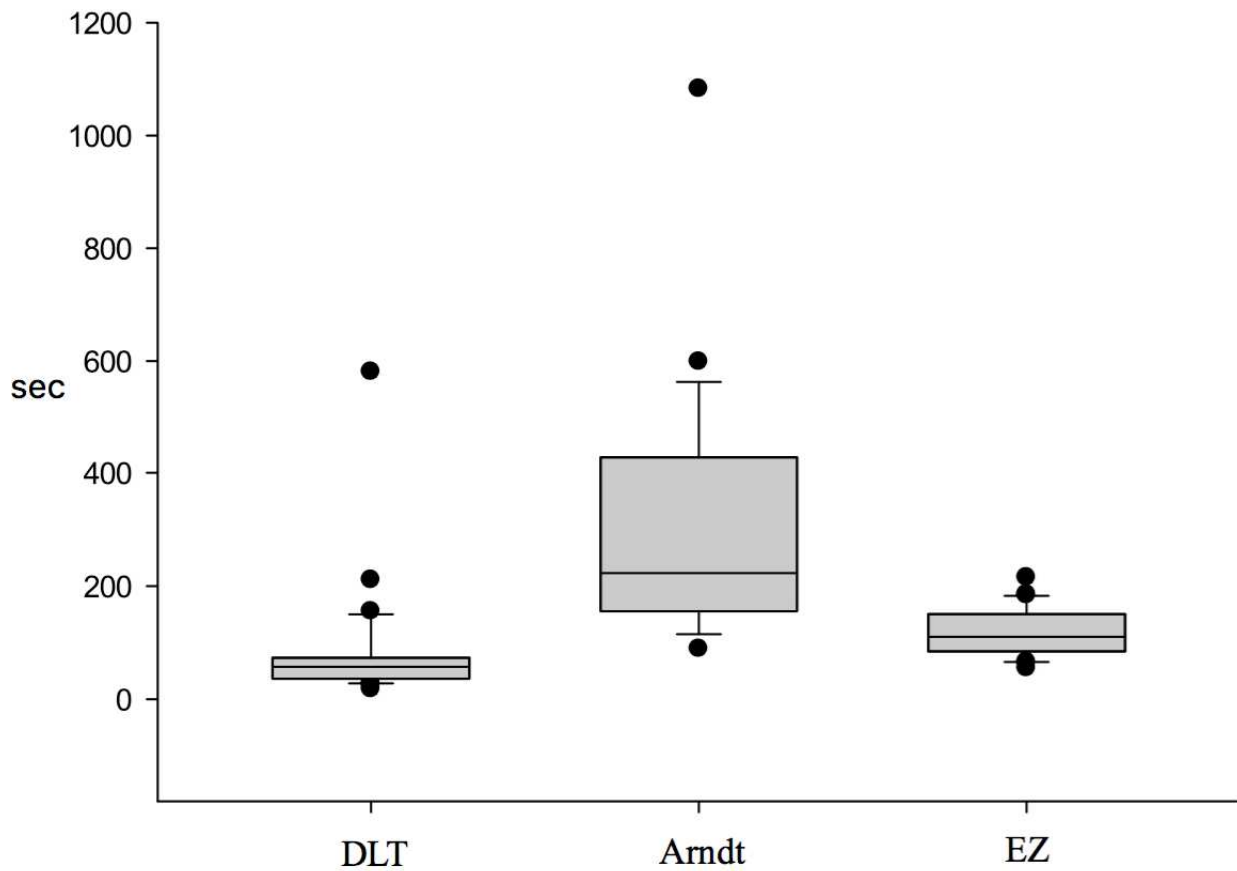
Für den Zeitbedarf zur anschließenden Ermöglichung der ELV fanden sich folgende Werte:

Tabelle 14: PZ 2 (Angaben in Sekunden)

Gruppe	Mittelwert	SD	Min	Max	Median	25 %	75 %
DLT	79,33	102,54	18,00	581,00	57,50	36,25	73,50
Arndt-Blocker	308,96	215,88	89,00	1083,00	223,00	155,50	427,50
EZ-Blocker	117,36	41,47	55,00	215,00	110,50	84,75	150,50

Die Ermöglichung der ELV dauerte in der Arndt Gruppe am längsten, gefolgt von der EZ Gruppe und schließlich der DLT Gruppe. Hierbei waren die Unterschiede zwischen allen drei Gruppen signifikant ($p < 0,05$) (Kruskal-Wallis One Way ANOVA, Dunn's Method for Multiple Comparison Procedures)

Abbildung 24: PZ 2



Die Anzahl der benötigten Platzierungsversuche für den Arndt-Blocker in unserer Studie getrennt nach links- und rechtsseitiger Platzierung lassen sich folgender Tabelle entnehmen:

Tabelle 15: benötigte Versuche, um einen Arndtblocker korrekt zu platzieren

n	links ($\sum=19$)	rechts ($\sum=11$)
1	6	9
2	4	1
3	4	1
4	3	0
5	1	0

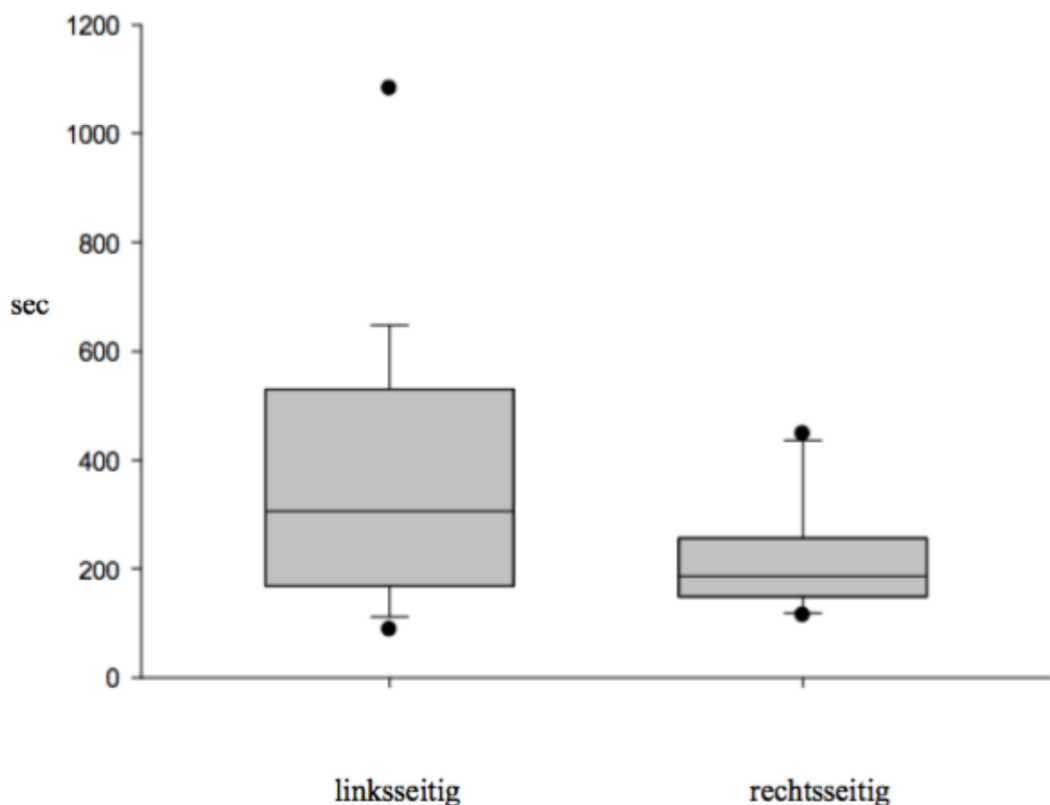
Bei Differenzierung der PZ 2 hinsichtlich linksseitig (n=18) oder rechtsseitig (n=11) platziertem Arndt Blocker Gruppe ergaben sich folgende Werte:

Tabelle 16: PZ 2 in der Arndt Gruppe (Angaben in Sekunden)

Platzierung	Mittelwert	SD	Min	Max	Median	25 %	75 %
Linksseitig	365,88	246,63	89,00	1083,00	306,00	168,00	530,00
rechtsseitig	215,81	108,17	115,00	448,00	186,00	149,00	257,00

Der durchgeführte Mann-Whitney Rank Sum Test ergab keinen signifikant längeren Zeitbedarf für eine linksseitige Platzierung des Arndt Blockers gegenüber einer rechtsseitigen ($p=0,059$).

Abbildung 25: Dauer Ermöglichung der ELV in der Arndt Gruppe



6.3.3 Gesamtplatzierungszeit (GPZ)

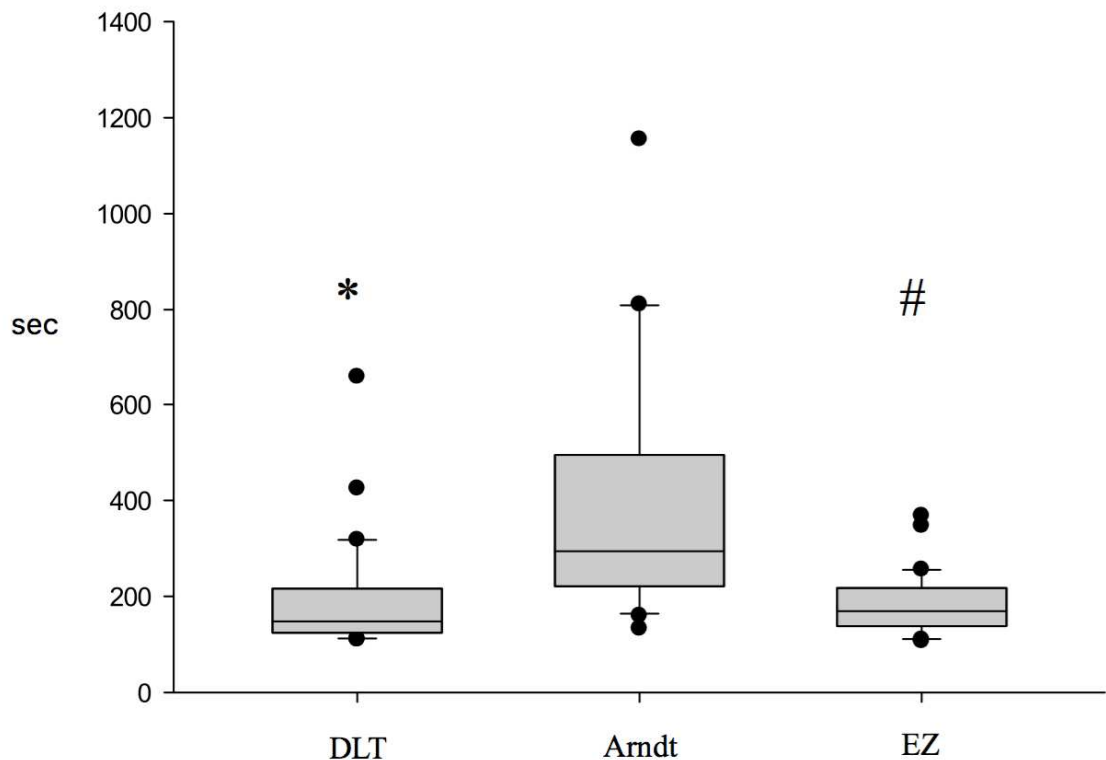
Folgende Zeiten wurden für die komplette Prozedur Sicherung des Atemweges und Ermöglichung der ELV im Rahmen der Narkoseeinleitung ermittelt:

Tabelle 17: GPZ (Angaben in Sekunden)

Gruppe	Mittelwert	SD	Min	Max	Median	25 %	75 %
DLT	194,56	117,99	110,00	660,00	148,00	124,25	216,25
Arndt-Blocker	380,79	237,21	133,00	1155,00	294,00	221,00	495,00
EZ-Blocker	185,06	64,15	107,00	368,00	169,50	138,25	217,50

Insgesamt unterschieden sich die Gesamtplatzierungszeiten in der EZ-Blocker-Gruppe und in der DLT-Gruppe statistisch nicht signifikant voneinander. Die GPZ für den Arndt-Blocker war im Vergleich signifikant länger:

Abbildung 26: GPZ



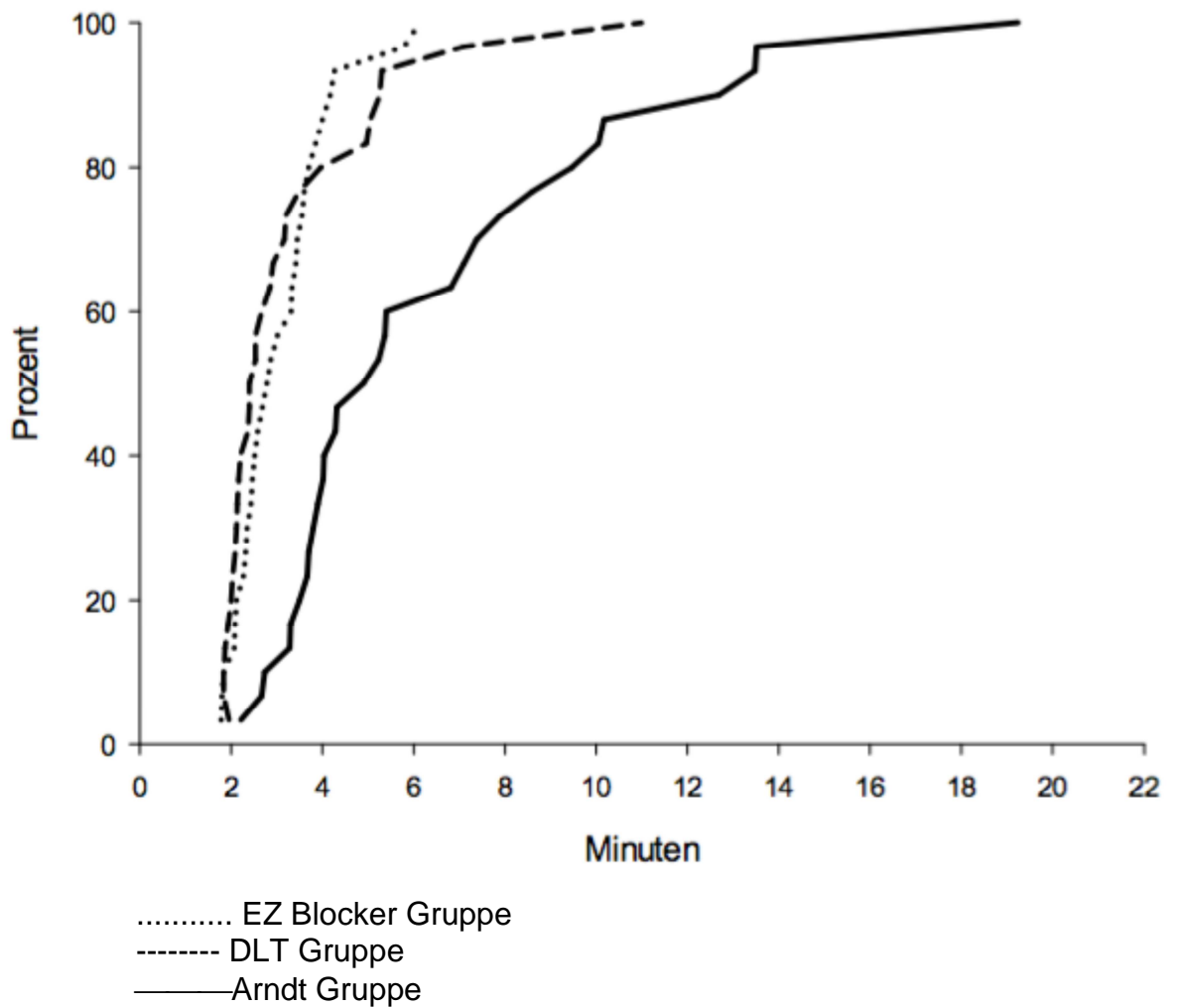
* $p < 0,05$ DLT vs. Arndt-Blocker

$p < 0,05$ EZ-Blocker vs. Arndt Blocker

(Kruskal-Wallis One Way ANOVA , Dunn´s Method for Multiple Comparison Procedures)

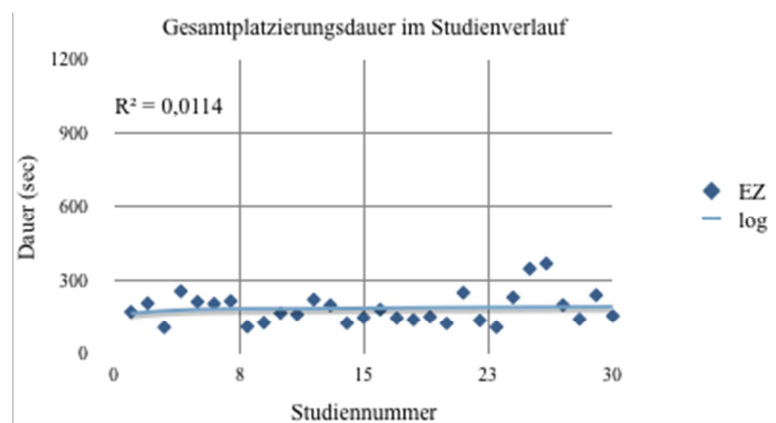
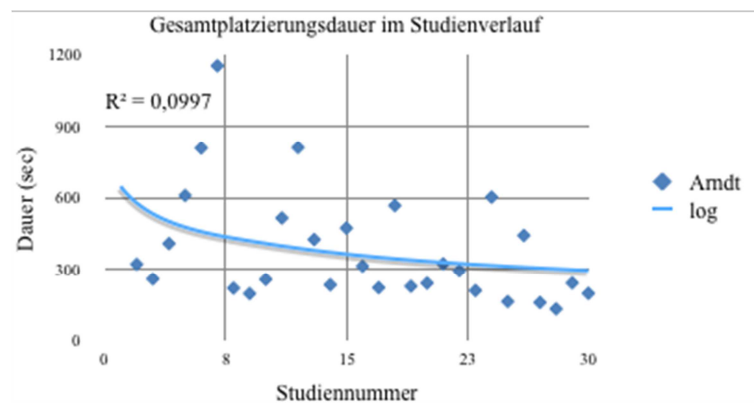
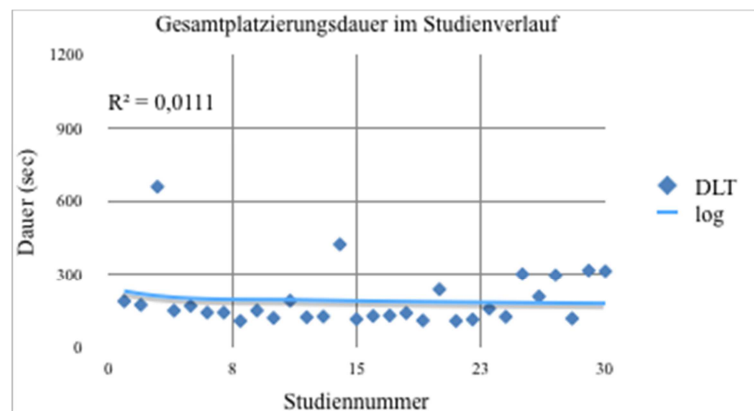
Während in der DLT-Gruppe und in der EZ-Gruppe je 75% der Instrumente zur Atemwegstrennung in weniger als 4 Minuten nach Beginn der Intubation korrekt lagen, dauerte dies in der Arndt-Blocker-Gruppe mehr als 8 Minuten. Sämtliche EZ-Blocker befanden sich nach knapp 6 Minuten in korrekter Position, sowohl in der DLT- als auch in der Arndt-Gruppe wurden teils deutlich längere Zeiten benötigt, was die folgende Abbildung verdeutlicht.

Abbildung 27: Gesamtplatzierungszeiten je Gruppe



Eventuelle Verzerrungen dieser Ergebnisse aufgrund zunehmender Routine bei der Anwendung des jeweiligen Verfahrens (learning contamination bias) zeigt die folgende Abbildung:

Abbildung 28: learning contamination bias



Betrachtet man die erzielten Gesamtplatzierungszeiten der einzelnen Verfahren über den gesamten Studienverlauf hinweg, so ist keine Verfälschung durch eine zunehmende Vertrautheit mit den Methoden erkennbar, was sich an den niedrigen R^2 Werten der logarithmischen Trendlinien in allen drei Gruppen ablesen lässt.

6.4 Lagekontrollen

Die Anzahl der dislozierten Instrumente zur Atemwegstrennung bei den video-bronchoskopischen Kontrollen nach Lagerung des Patienten zeigt folgende Tabelle:

Tabelle 18: Anzahl der bronchoskopisch erfassten Dislokationen

Gruppe	disloziert	korrekte Lage
DLT	18	12
Arndt-Blocker	12	17
EZ-Blocker	10	20

Die durchgeführte Kruskal-Wallis One Way ANOVA fand hierbei keinen statistisch relevanten Unterschied zwischen den 3 Gruppen ($p = 0,068$).

Folgende Fehllagen fanden sich nach der Patientenlagerung zur OP:

Tabelle 19: Fehllagen nach Lagerung zur OP

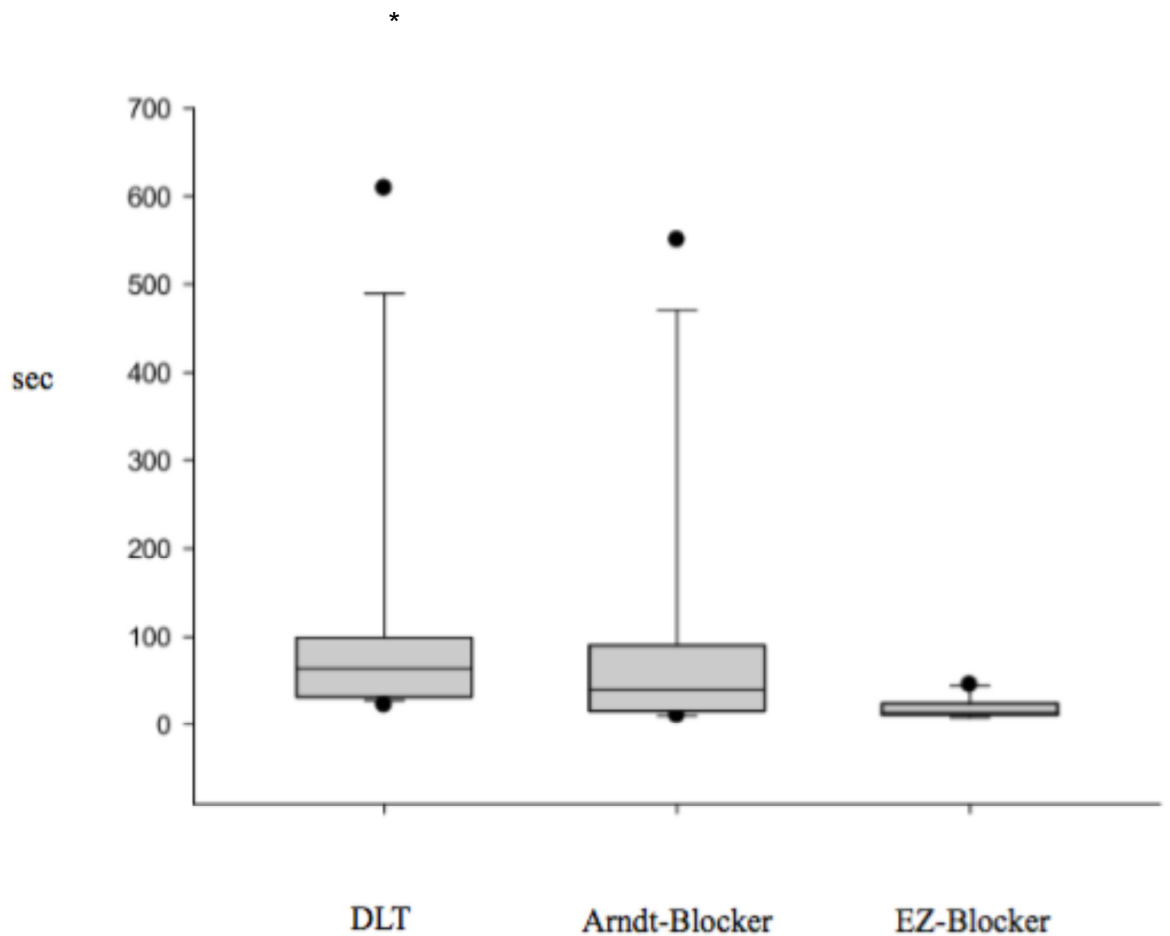
Gruppe	zu tief	zu hoch	Komplette Dislokation in die Trachea	Korrekturzeit bei kompletter Dislokation
DLT	1	16	2	225 und 476 sec
Arndt-Blocker	8	2	2	550 sec links 44 sec rechts
EZ-Blocker	0	9	1	45 sec

Um die Lage eines dislozierten Instrumentes zur Atemwegstrennung zu korrigieren wurden insgesamt folgende Zeiten benötigt:

Tabelle 20: Korrekturzeiten bei Dislokation (Angaben in Sekunden)

Gruppe	Mittelwert	SD	Min	Max	Median	25 %	75 %
DLT	119,00	162,61	22,00	609,00	63,00	31,50	99,50
Arndt-Blocker	100,33	160,31	10,00	550,00	39,50	15,25	89,50
EZ-Blocker	18,40	12,18	8,00	45,00	14,00	11,00	23,75

Abbildung 29: Korrekturzeiten bei Dislokation



* $p < 0,05$ DLT vs. EZ-Blocker

(ANOVA, Dunn´s Method for Multiple Comparison Procedures)

Die Lagekorrektur eines DLT dauerte signifikant länger als die eines EZ Blockers.

Unter Einlungenventilation wurde lediglich eine Dislokation in der Arndt Gruppe detektiert.

6.5 Qualität des Lungenkollapses

Die durchschnittliche Dauer der ELV unterschied sich zwischen den 3 Gruppen nicht signifikant ($p = 0,675$).

Tabelle 21: Dauer der Einlungenventilation

Gruppe	Mittelwert	SD	Min	Max	Median	25 %	75 %
DLT	94,56	59,11	6,00	255,00	87,50	51,50	122,25
Arndt	79,00	34,70	25,00	175,00	75,00	60,50	101,00
EZ	81,00	51,02	15,00	187,00	67,50	31,75	123,25

Die vom Chirurgen nach dem Ende der ELV bewertete Qualität des Lungenkollapses unterschied sich in unserer Studie nicht signifikant zwischen den 3 Gruppen und war bei 82% der Bewertungen exzellent. Bei keinem Studienpatienten lag ein schlechter LCS vor.

Tabelle 22: Bewertung des Lungenkollapses (LCS)

Gruppe	LCS (exzellent / in Ordnung / schlecht)
DLT	23 / 7 / 0
Arndt-Blocker	24 / 5 / 0
EZ-Blocker	26 / 4 / 0
p	0,600

7. DISKUSSION

7.1. Studiendesign

Bis jetzt gab es noch keine prospektiv randomisierten Studien zu unterschiedlichen Verfahren zur Herstellung der Einlungenventilation, die das Abschneiden des EZ-Bronchusblockers gegenüber dem Goldstandard Doppellumentubus und etablierten Bronchusblockern wie dem Arndt-Blocker hinsichtlich Platzierungszeiten, Qualität des Lungenkollapses und notwendigen intraoperativen Lagekorrekturen beurteilten.

Das Ziel beim Entwurf unseres Studiendesigns war es, das Abschneiden der drei Verfahren DLT, Arndt- und EZ-Blocker unter den an unserem Institut praktizierten Routineabläufen zur Herstellung einer ELV zu vergleichen. Als durchführender Anästhesist besaß ich für jedes der 3 Verfahren eine selbstständig durchgeführte Praxis von mehr als 5 Fällen. Bis auf stark adipöse Patienten (BMI > 35) und Hochrisikopatienten (ASA > III und Patienten mit wesentlichen kardiologischen und neurologischen Vorerkrankungen) umfasste das thoraxchirurgische Patientenkollektiv unserer Studie einen repräsentativen Querschnitt. Bewusst wurden auch Patienten mit bekannter oder zu erwartender schwieriger Intubation (Cormack >2 bei vorangegangenen Intubationen bzw. Mallampati III und IV in der Prämedikationsvisite) in unsere Studie eingeschlossen.

7.2 Platzierungszeiten

Bei unseren Patienten fanden sich während der Intubation durchgehend Cormack I oder II Situationen und somit zumindest vermeintlich einfache Intubationsbedingungen. Beim Blick auf die Intubationsbedingungen und -zeiten in unserem Patientenkollektiv lässt sich die von vielen Autoren beschriebene Unhandlichkeit des Doppellumentubus bei der endotrachealen Intubation im Vergleich zu einem konventionellen Magill-Tubus nachvollziehen (Campos 2007; Cohen 2013; Neustein 2015). So fällt in unserer Studie auf, dass zur initialen Sicherung des Atemweges der Einsatz von OELM und Bougie in der DLT Gruppe häufiger erfolgte als in den beiden Blocker Gruppen. Insgesamt ließ sich jeder sechste Doppellumentubus erst nach Schienung mit einem Bougie über die Stimmbänder verschieben, dieses Vorgehen war bei Verwendung der Magill-Tuben in den Blockergruppen nur in einem von 30 Fällen (EZ-Blocker-Gruppe) bzw. einem von

29 Fällen (Arndt-Blocker-Gruppe) erforderlich. Darüber hinaus spiegelt sich die Sperrigkeit der DLT auch in der signifikant längeren Zeit wieder, die zur initialen Sicherung des Atemweges im Vergleich zu den Magill-Tuben in den Blockergruppen benötigt wurde. Bei 2 Patienten in der DLT Gruppe (je 1 Frau und 1 Mann), war zudem während der Sicherung des Atemweges ein Wechsel auf den nächstkleineren DLT notwendig. Nach erfolgreicher Intubation war die Ermöglichung der ELV in der DLT-Gruppe überwiegend zügig und unproblematisch möglich. Bei der Bronchoskopie durch das tracheale Lumen des DLT zeigte sich allerdings bei nur 15 von 30 Patienten, dass die initiale gewählte Platzierungstiefe des Tubus nach der Brodskyformel zu einer korrekten Positionierung geführt hatte. Bei 7 Patienten fand sich eine zu geringe Insertion mit einer partiellen Herniation der bronchialen Blockungsmanschette in die Trachea, bei 8 Patienten war der Tubus zu weit in den Hauptbronchus eingeführt. In den meisten Fällen (13 von 15) genügte dann ein geringfügiges Verschieben des DLT unter bronchoskopischer Sicht, um die Fehllage zu korrigieren. Bei den 2 Fällen mit außergewöhnlich langer Korrekturzeit (>180sec) handelte es sich in einem Fall um einen rechtsseitigen DLT, dessen korrekte Positionierung häufig komplexer ist (Benumof et al. 1987; Campos, Massa, and Kernstine 2000). Im anderen Fall wurde ein linksseitiger 37 Ch Tubus verwandt, mit dem initial eine Sicherung des Atemweges erzielt werden konnte. Bei der bronchoskopischen Lagekontrolle ragte die bronchiale Blockungsmanschette jedoch nur wenige Millimeter in den linken Hauptbronchus, ein weiteres Verschieben des DLT war aufgrund eines zu großen Außendurchmessers des bronchialen Schenkels unmöglich, so dass eine Umintubation auf einen 35 Ch DLT erforderlich wurde. Dieser konnte dann unproblematisch korrekt positioniert werden

Beim Blick auf die zwei Bronchusblockergruppen zeigten sich gravierende Unterschiede in den benötigten Zeiten zur Ermöglichung der ELV. In der Arndt-Blocker-Gruppe sorgte methodenbedingt die simultane Verwendung des Bronchoskops zur Visualisierung der trachealen Anatomie und zur Führung des Bronchusblockers für signifikant längere Platzierungszeiten im Vergleich mit der DLT und der EZ-Blocker-Gruppe. Die Visualisierung des jeweiligen Ziel-Hauptbronchus gelang meist unkompliziert. Häufig war jedoch das Abstreifen des auf dem Bronchoskop aufgefädelten Arndt-Blockers in diesen Bronchus problematisch. Vor allem bei Platzierungsversuchen im linken Hauptbronchus blieb der Arndt-Blocker oftmals an der

Hauptcarina hängen. Dies war an einem federnden Widerstand erkennbar und verhinderte das weitere Vorschieben des Blockers entlang des im Ziel-Hauptbronchus liegende Bronchoskops. Der Versuch, den Blocker trotzdem vorsichtig weiter vorzuschieben, führte dann häufig zum Zurückrutschen der Spitze des Bronchoskops in die Trachea und zum gleichzeitigen Abgleiten des Arndt-Blockers in den kontralateralen Hauptbronchus. Bei insgesamt 15 Patienten der Arndt-Blocker-Gruppe waren multiple Platzierungsversuche notwendig, um den Arndt Blocker korrekt zu platzieren.

In insgesamt 6 prospektiv randomisierten Studien wurden bisher die initiale Platzierungszeit eines DLT mit der eines Arndt-Blockers verglichen. 2 Studien fanden keinen signifikanten Unterschied (Grocott et al. 2003; Knoll et al. 2006), 4 fanden signifikante Vorteile für den DLT (Campos and Kernstine 2003a; Campos et al. 2006; Narayanaswamy et al. 2009; Dumans-Nizard et al. 2009). In 5 dieser Studien wurden die Instrumente zur Atemwegstrennung von wenigen (einer bis maximal drei) Anästhesisten platziert, die erfahrene Anwender des Arndt-Blockers waren. Hier lagen die Platzierungszeiten auch deutlich unter den von mir erzielten Werten. In den Händen unerfahrener Anwender (Campos et al. 2006) waren die Platzierungszeiten hingegen noch länger als in unserer Studie. Der Befähigung zur schnellen und korrekten Platzierung des Arndt-Blockers scheint also ein längerer Lernprozess voranzugehen.

In der EZ-Blocker-Gruppe war wie in der Arndt-Blocker-Gruppe die bronchoskopische Visualisierung der trachealen Anatomie auf Höhe der Hauptcarina problemlos möglich. Verzögerungen entstanden vor allem dann, wenn sich der EZ-Blocker beim Vorschieben aus dem ETT nicht komplett entfalten konnte. Dies war initial bei 17 Patienten dieser Gruppe der Fall. Beide Blockungsmanschetten wurden dann entweder nur in den rechten (n=14) oder nur in den linken (n=3) Hauptbronchus vorgeschoben. Zwar wurde die Spitze des ETT initial weit oberhalb der Hauptcarina positioniert, jedoch kam es dann möglicherweise beim Platzieren des EZ-Blockers zu einem unbeabsichtigten Vorschieben des ETT, was eine vollständige Entfaltung des EZ-Blockers verhinderte und eine einseitige Platzierung begünstigte. In all diesen Fällen war jedoch nach Rückzug des EZ-Blockers in den ETT und Neupositionierung der Tubusspitze eine problemlose korrekte Platzierung des EZ-Blockers möglich. In Bezug auf die Gesamtplatzierungszeit zeigten sich in unserer Studie DLT und EZ-Blocker ebenbürtig. Bis dato publizierte

prospektiv randomisierte Studien, die EZ-Blocker und DLT miteinander verglichen (Ruetzler et al. 2011; Mourisse and Lerou 2013), kamen hinsichtlich der Platzierungszeiten der Instrumente zur Atemwegstrennung zu divergierenden Schlussfolgerungen. Unterschiede im Studiendesign und bei der Definition der Platzierungszeiten erschweren jedoch einen direkten Vergleich mit unseren Ergebnissen. In beiden Studien wurden DLT und EZ Blocker blind bis zum Erreichen eines subjektiv spürbaren federnden Widerstandes vorgeschoben. In unserer Studie hingegen wurde die anhand einer Formel festgelegte Insertionstiefe des DLT auch bei fehlendem federndem Widerstand nicht überschritten und die Platzierung des EZ-Blockers erfolgte unter direkter bronchoskopischer Kontrolle. Weiterhin wurden in den beiden Vergleichsstudien keine Platzierungszeiten ermittelt, die den gesamten Zeitraum von Beginn der Laryngoskopie bis zur Feststellung der korrekten Lage des Instrumentes zur Atemwegstrennung umfassten. Ruetzler und Mitarbeiter verglichen vielmehr Zeiten, die für eine blinde Positionierung des jeweiligen Instrumentes zur Atemwegstrennung benötigt wurden. Nach erfolgreicher endotrachealer Platzierung des Tubus umfasste dies in der EZ-Blocker-Gruppe neben der Intubation mit einem Magill-Tubus auch noch die Platzierung des Blockers. Die blinde Platzierung des Instrumentes zur Atemwegstrennung gelang in der DLT Gruppe signifikant schneller. In den anschließenden Bronchoskopien zeigte sich allerdings, dass nur jeder fünfte EZ Blocker korrekt positioniert war, diesem Ergebnis standen 9 von 10 korrekt positionierte DLT gegenüber. Eine genaue Definition der korrekten Lage des jeweiligen Instrumentes zur Atemwegstrennung bleibt die Studie von Ruetzler und Mitarbeitern jedoch schuldig. Anders formuliert, handelte es sich bei über 40% der in dieser Studie dokumentierten Positionierungszeiten um Fehlpositionierungszeiten. Der in der Studie angestellte Vergleich blinder (Fehl-) Platzierungszeiten mit Gesamtplatzierungszeiten einer Studie (Campos and Kernstine 2003), die vom Beginn der Stimmbandpassage bis zum Abschluss der korrekten Positionierung des jeweiligen Instrumentes zur Atemwegstrennung unter Einbeziehung der notwendigen Bronchoskopie reichten, erscheint daher fragwürdig. Ebenso ist unklar, welchen genauen Zeitraum die publizierten Bronchoskopiezeiten umfassten, d.h. ob hier nur die benötigte Zeit bis zur Feststellung der korrekten oder falschen Lage der Instrumente zur Atemwegstrennung erfasst wurde oder ob die ggf. notwendigen Korrekturzeiten mit eingerechnet wurden.

In der Studie von Mourisse und Mitarbeitern fand sich kein statistisch signifikanter Unterschied in den initialen Platzierungszeiten der beiden Verfahren zur Einlungen-ventilation. Auch hier verbergen sich hinter den (im Vergleich zu anderen Studien extrem kurzen) Platzierungszeiten in beiden Gruppen mehr als 2/3 nicht korrekt platzierte Instrumente zur Atemwegstrennung. Ohne die genaue Definition der Platzierungszeiten, die in dieser Studie leider fehlt, ist eine kritische Wertung der erzielten Ergebnisse nicht möglich.

7.3 Lagekontrollen

Bekanntermaßen kommt es bei DLT durch die Patientenpositionierung in Seitenlage in einem hohen Prozentsatz zu Lageänderungen der Tuben. (Desiderio et al. 1997). Knapp die Hälfte aller unserer platzierten Instrumente zur Atemwegstrennung war bei der bronchoskopischen Lagekontrolle nach der Lagerung in Seitenlage disloziert. Dabei lagen hauptsächlich geringfügige Abweichungen von der korrekten Lage vor, die sich problemlos in weniger als 2 Minuten korrigieren ließen. Lag eine Dislokation vor, so waren DLT und EZ-Blocker meist etwas in die Trachea zurückgerutscht, so dass die bronchiale Blockungsmanschette des DLT bzw. die Ballons des EZ-Blockers teilweise in die Trachea hernierten. Die Arndt-Blocker hingegen lagen überwiegend zu tief im jeweiligen Hauptbronchus. Nur wenige Instrumente zur Atemwegstrennung (5 von 89) waren komplett in die Trachea disloziert, was bei zwei DLT und einem linksseitig platzierten Arndt-Blocker zu Verzögerungen von mehr als 3 Minuten führte. Auch EZ-Blocker dislozierten zu einem hohen Prozentsatz bei der Lagerung des Patienten zur Operation. Eine Lagekorrektur war bei diesem Instrument zur Atemwegstrennung jedoch signifikant schneller durchzuführen als bei Arndt-Blockern und DLT. Im intraoperativen Verlauf kam es lediglich zu einer dokumentierten Dislokation in der Arndt-Blocker-Gruppe. Bei diesem Patienten trat unter ELV plötzlich eine unerwünschte Belüftung der abgehängten Lunge auf. Bronchoskopisch fand sich hier ein komplett in die Trachea dislozierter Arndt-Blocker. Bei allen anderen Studienpatienten kam es während ELV weder zu kritischen Sättigungsabfällen, noch zu plötzlich steigenden Beatmungsdrücken oder unerwünscht erneut ventilierten

Lungenanteilen, welche die Dislokation eines der Instrumente zur Atemwegstrennung vermuten ließen und somit eine erneute Bronchoskopie unter ELV gerechtfertigt hätten.

Andere Autoren berichten, dass es sehr wohl zu Fehllagen der Instrumente zur Atemwegstrennung im Verlauf der ELV kommen kann (Campos, Reasoner, and Moyers 1996; Campos and Massa 1998; Campos and Kernstine 2003; Campos, Hallam, and Ueda 2012; Mourisse et al. 2013; Narayanaswamy et al. 2009). Auch in diesen Studien wurden jedoch Fehllagen direkt nach chirurgischer Lagerung häufiger detektiert als im Verlauf der ELV. Sicherlich ist der Verzicht auf bronchoskopische Lagekontrollen zu definierten Zeitpunkten während der ELV in unserem Studiendesign kritisch zu sehen. Es blieben so geringfügige Dislokationen der Instrumente zur Atemwegstrennung verborgen, die z.B. durch chirurgische Manipulationen am Lungenhilus hervorgerufen werden könnten. Ob solche klinisch nicht apparenten Dislokationen in unserer Studie auftraten, bleibt reine Spekulation, da es bis auf eine Ausnahme in der Arndt-Blocker-Gruppe weder zu kritischen Sättigungsabfälle noch zu Interferenzen mit der chirurgischen Exposition oder zu plötzlichen sprunghaft angestiegenen Beatmungsdrücken während der ELV kam und somit nach unserem Studienprotokoll keine zusätzlichen Bronchoskopien erforderlich waren.

7.4 Qualität des Lungenkollapses

Ob ein Bronchusblocker oder ein DLT zur Atemwegstrennung benutzt wurde, hatte in unserer Studie wie auch in den meisten anderen prospektiv randomisierten Vergleichsstudien keinen Einfluss auf die durch den Chirurgen beurteilte Qualität des Lungenkollapses (Clayton-Smith et al. 2015).

Um die subjektive Beurteilung der unter ELV erzielten Lungekollapsqualitäten zu quantifizieren, wurden unterschiedliche Skalierungen entwickelt (Campos, Reasoner, and Moyers 1996; Grocott et al. 2003; Dumans-Nizard et al. 2009; Mourisse et al. 2013). Die am häufigsten benutzte Einteilung nach Campos unterscheidet drei Qualitäten und wurde auch in unserer Studie angewandt. Für alle drei Verfahren zur Einlungenventilation fanden sich durchgehend exzellente oder zufriedenstellende Ergebnisse. Allerdings handelt es sich bei dieser Beurteilung um eine globale Bewertung der Qualität der ELV über die gesamte OP-Dauer hinweg. Betrachtet man eher objektivierbare Einzelaspekte, wie zum Beispiel den Zeitraum von Beginn der

ELV bis zum Erreichen eines totalen Lungenkollapses („time to lung collaps“) konnten mehrere Studien Vorteile für DLT gegenüber BB zeigen (Campos, Reasoner, and Moyers 1996; Campos and Massa 1998; Campos and Kernstine 2003a). Dies ist insofern nicht verwunderlich, da in diesen Studien die ELV vor chirurgischer Eröffnung des Pleuraspaltes begonnen wurde und somit eine Entlüftung der zu operierenden Lunge bei gefüllten Blockungsmanschetten entweder schnell durch das vergleichsweise große Innenlumen eines Schenkels des DLT oder aber langsam durch das kleine Innenlumen des Blockerkanals (maximal 2 mm Durchmesser) erfolgte. Trennt man hingegen wie in unserer Studie zunächst bei Eröffnung der Pleura die Beatmungsschläuche vom Multiportadapter des Bronchusblockers bzw. vom DLT und wartet eine Minute bis zum Füllen des Blockerballons, um dann die Ventilation als ELV fortzuführen, so kann die Entlüftung der abgehängten Lunge auch bei Verwendung eines BB rasch über einen Tubus mit großem Innendurchmesser erfolgen. Bei Anwendung dieser Diskonnektions-technik fanden Dumands-Nizard und Mitarbeiter vergleichbare Deflationszeiten für DLT und BB (Dumands-Nizard et al. 2009). Auch die Ergebnisse neuerer Studien scheinen die Sicherheit und Praktikabilität dieser Technik zu bestätigen (El-Tahan 2015; Yoo et al. 2014). Das Absinken des arteriellen Sauerstoffpartialdruckes während der Apnoephase wurde im Rahmen unserer Studie nicht erfasst. Klinisch kam es jedoch bei keinem unserer 89 Patienten im Verlauf der gesamten ELV zu einem dauerhaften Abfall (d.h. > 60 sec) der SpO₂ unter 90%, so dass die angewandte Diskonnektions-technik legitim und sicher erscheint. Einige Autoren benutzten Praktiken wie die Kompression der Lunge durch den Chirurgen oder eine Applikation von Sog auf den Schenkel des jeweiligen Instrumentes zur Atemwegstrennung, der zur kollabierenden Seite führte, um so den Lungenkollaps zu beschleunigen oder zu verbessern (Brodsky 2015; El-Tahan 2015; Narayanaswamy et al. 2009; Campos, Reasoner, and Moyers 1996) Wir verzichteten in unserer Studie bewusst auf diese supportiven Maßnahmen, um die Qualität des erzielten Lungenkollapses nicht von zusätzlichen Variablen abhängig zu machen.

7.5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Zusammenfassend zeigt unsere Studie, dass beim Vergleich unterschiedlicher Verfahren zur Einlungenventilation die pauschalisierte Gegenüberstellung von Bronchusblockern und Doppellumentuben wenig sinnvoll ist und eine differenzierte Betrachtung der jeweils verwandten Instrumente zur Atemwegstrennung erfolgen sollte.

So ist die Platzierung eines Arndt-Blockers im Vergleich zum EZ-Blocker und dem DLT aufwändiger. Vor allem eine korrekte Platzierung im linken Hauptbronchus ist oft komplex und zeitraubend. Der EZ-Blocker hingegen ist dem vermeintlichen Goldstandard DLT hinsichtlich Platzierungszeit und Qualität des Lungekollaps ebenbürtig. Bei eventuell notwendigen Lagekorrekturen im periinterventionellen Verlauf zeigt der EZ-Blocker hinsichtlich der benötigten Korrekturzeit Vorteile gegenüber DLT.

Eine bronchoskopische Lagekontrolle sowohl bei der initialen Platzierung als auch nach Lagerung des Patienten zur OP erscheint bei allen drei Verfahren zur Einlungenventilation aufgrund häufiger Fehllagen mit potentieller Gefährdung des Patienten obligat.

Die Qualität des erzielten Lungenkollapses ist bei Anwendung der Diskonnektionstechnik unabhängig vom verwendeten Verfahren.

Weitere prospektiv randomisierte Studien sind wünschenswert, um zu klären, ob und bei welchen Indikationen der EZ-Blocker als valide Alternative zum DLT bei der Herstellung der Einlungenventilation etabliert werden kann.

8 LITERATURVERZEICHNIS

1. Arndt GA, Delessio ST, Kranner PW, Orzepowski W, Ceranski B, Valtysson B (1999) One-Lung Ventilation When Intubation Is Difficult - Presentation of a New Endobronchial Blocker. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica* 43: 356–58.
2. Benumof JL (1993) The Position of a Double-Lumen Tube Should Be Routinely Determined by Fiberoptic Bronchoscopy. *Yjcan* 7: 513–14.
3. Benumof JL, Partridge BL, Salvatierra C, Keating J (1987) Margin of Safety in Positioning Modern Double-Lumen Endotracheal Tubes. *Anesthesiology* 67: 729–38.
4. Benumof JL (1998) Difficult Tubes and Difficult Airways. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 12: 131–32.
5. Brodsky JB, Macario A, Mark JB (1996) Tracheal Diameter Predicts Double-Lumen Tube Size: a Method for Selecting Left Double-Lumen Tubes. *Anesthesia & Analgesia* 82: 861–64.
6. Brodsky JB, Benumof JL, Ehrenwerth J, Ozaki GT (1991) Depth of Placement of Left Double-Lumen Endobronchial Tubes. *Anesthesia & Analgesia* 73: 570–72.
7. Brodsky JB (2004) Fiberoptic Bronchoscopy Need Not Be a Routine Part of Double-Lumen Tube Placement. *Current Opinion in Anaesthesiology* 17: 7–11.
8. Brodsky JB (2015) Con: a Bronchial Blocker Is Not a Substitute for a Double-Lumen Endobronchial Tube. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 29: 237–39.
9. Campos JH, Massa FC (1998) Is There a Better Right-Sided Tube for One-Lung Ventilation? a Comparison of the Right-Sided Double-Lumen Tube with the Single-Lumen Tube with Right-Sided Enclosed Bronchial Blocker. *Anesthesia & Analgesia* 86: 696–700.

10. Campos JH, Reasoner DK, Moyers JR (1996) Comparison of a Modified Double-Lumen Endotracheal Tube with a Single-Lumen Tube with Enclosed Bronchial Blocker. *Anesthesia & Analgesia* 83: 1268–72.
11. Campos JH, Hallam EA, Ueda K (2012) Lung Isolation in the Morbidly Obese Patient: a Comparison of a Left-Sided Double-Lumen Tracheal Tube with the Arndt® Wire-Guided Blocker. *British Journal of Anaesthesia* 109: 630–35.
12. Campos JH, Massa FC, Kernstine KH (2000) The Incidence of Right Upper-Lobe Collapse When Comparing a Right-Sided Double-Lumen Tube Versus a Modified Left Double-Lumen Tube for Left-Sided Thoracic Surgery. *Anesthesia & Analgesia*: 535–40.
13. Campos JH (2003) An Update on Bronchial Blockers During Lung Separation Techniques in Adults. *Anesthesia & Analgesia*, 1266–74.
14. Campos JH (2005) Progress in Lung Separation. *Thoracic Surgery Clinics* 15: 71–83.
15. Campos JH (2007) Which Device Should Be Considered the Best for Lung Isolation: Double-Lumen Endotracheal Tube Versus Bronchial Blockers. *Current Opinion in Anaesthesiology* 20: 27–31.
16. Campos JH (2010) Lung Isolation Techniques for Patients with Difficult Airways. *Current Opinion in Anaesthesiology* 23: 12–17.
17. Campos JH, Kernstine KH (2003) A Comparison of a Left-Sided Broncho-Cath with the Torque Control Blocker Univent and the Wire-Guided Blocker. *Anesthesia & Analgesia* 96: 283–89
18. Campos JH, Hallam EA, Van Natta T, Kernstine KH (2006) Devices for Lung Isolation Used by Anesthesiologists with Limited Thoracic Experience: Comparison of Double-Lumen Endotracheal Tube, Univent Torque Control Blocker, and Arndt Wire-Guided Endobronchial Blocker. *Anesthesiology* 104: 261–6
19. Clayton-Smith A, Bennett K, Alston RP, Adams G, Brown G, Hawthorne T, Hu M, Sinclair A, Tan J (2015) A Comparison of the Efficacy and Adverse Effects

- of Double-Lumen Endobronchial Tubes and Bronchial Blockers in Thoracic Surgery: a Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 29: 955–66.
20. Cohen E (2002) Methods of Lung Separation. *Current Opinion in Anaesthesiology* 15: 69–78.
 21. Cohen E (2013) Back to Blockers?: the Continued Search for the Ideal Endobronchial Blocker. *Anesthesiology* 118: 490–93.
 22. Desiderio D P, Burt M, Kolker AC, Fischer ME, Reinsel R, Wilson RS (1997) The Effects of Endobronchial Cuff Inflation on Double-Lumen Endobronchial Tube Movement After Lateral Decubitus Positioning. *Yjcan* 11: 595–98.
 23. Dumans-Nizard V, Liu N, Laloë PA, Fischler M (2009) A Comparison of the Deflecting-Tip Bronchial Blocker with a Wire-Guided Blocker or Left-Sided Double-Lumen Tube. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 23: 501–5.
 24. El-Tahan MR (2015). A Comparison of the Disconnection Technique with Continuous Bronchial Suction for Lung Deflation When Using the Arndt Endobronchial Blocker During Video-Assisted Thoracoscopy: a Randomised Trial. *European Journal of Anaesthesiology* 32: 411–17.
 25. Grocott HP, Darrow TR, Whiteheart DL, Glower DD, Stafford Smith M (2003) Lung Isolation During Port-Access Cardiac Surgery: Double-Lumen Endotracheal Tube Versus Single-Lumen Endotracheal Tube with a Bronchial Blocker. *Yjcan* 17: 725–27.
 26. Klein U , Karzai W, Bloos F, Wohlfarth M, Gottschall R, Fritz H, Gugel M, Seifert A (1998) Role of Fiberoptic Bronchoscopy in Conjunction with the Use of Double-Lumen Tubes for Thoracic Anesthesia. *Anesthesiology* 88: 346–50.
 27. Knoll H, Ziegeler S, Schreiber JU, Buchinger H, Bialas P, Semyonov K, Graeter T, Mencke T (2006) Airway Injuries After One-Lung Ventilation: a Comparison Between Double-Lumen Tube and Endobronchial Blocker: a Randomized, Prospective, Controlled Trial. *Anesthesiology* 105: 471–77.

28. Kus A, Hosten T, Gurkan Y, Akgul AG, Solak M, Toker K (2014) A Comparison of the EZ-Blocker with a Cohen Flex-Tip Blocker for One-Lung Ventilation. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 28: 896–99.
29. Kus A , Gurkan Y, Hosten T, Akgul AG, Solak M, Toker K (2013) Sequential Lung Isolation Using a Bronchial Blocker (EZ-Blocker) for Bilateral Dorsal Sympathectomy. *Journal of Clinical Anesthesia* 25: 513–14.
30. Magill IW (1936) Anæsthetics in Thoracic Surgery with Special Reference to Lobectomy. *British Journal of Anaesthesia* 13: 92–109.
31. Matei A, Bizzarri FT, Preveggenti V, Mancini M, Vicchio M, Agnoletti V (2015) EZ-Blocker and One-Lung Ventilation via Tracheostomy. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 29: e32–e33.
32. Mourisse J, Lerou J (2013) Searching for the Ideal Endobronchial Blocker. *Anesthesiology* 119: 990–90.
33. Mourisse J, Liesveld J, Verhagen A, van Rooij G, van der Heide S, Schuurbiens-Siebers O, Van der Heijden E (2013) Efficiency, Efficacy, and Safety of EZ-Blocker Compared with Left-Sided Double-Lumen Tube for One-Lung Ventilation. *Anesthesiology* 118: 550–61.
34. Mungroop HE, Tjong Yoe Wai P, Morei MN, Loef BG, Epema AH (2010) Lung Isolation with a New Y-Shaped Endobronchial Blocking Device, the EZ-Blocker. *British Journal of Anaesthesia* 104: 119–20.
35. Narayanaswamy M, McRae K, Slinger P, Dugas G, Kanellakos GW, Roscoe A, Lacroix M (2009) Choosing a Lung Isolation Device for Thoracic Surgery: a Randomized Trial of Three Bronchial Blockers Versus Double-Lumen Tubes. *Anesthesia & Analgesia* 108: 1097–1101.
36. Neustein SM (2015) Pro: Bronchial Blockers Should Be Used Routinely for Providing One-Lung Ventilation. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 29: 234–36.

37. Rispoli M, Nespoli MR, De Simone MG, Mattiacci DM, Buono S, Corcione A (2015) EZ-Blocker in Tracheal Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 29: e89–e90.
38. Robertshaw FL (1962). Low Resistance Double-Lumen Endobronchial Tubes. *British Journal of Anaesthesia* 34: 576–79.
39. Ruetzler K, Grubhofer G, Schmid W, Papp D, Nabecker S, Hutschala D, Lang G, Hager H (2011) Randomized Clinical Trial Comparing Double-Lumen Tube and EZ-Blocker for Single-Lung Ventilation. *British Journal of Anaesthesia* 106: 896–902.
40. Shelley B, Macfie A, Kinsella J (2011) Anesthesia for Thoracic Surgery: a Survey of UK Practice. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 25: 1014–17.
41. Slinger, P (2003) A View of and Through Double-Lumen Tubes. *Yjcan* 17: 287–88.
42. Ueda K, Goetzinger C, Gauger EH, Hallam EA, Campos JH (2011) Use of Bronchial Blockers: a Retrospective Review of 302 Cases. *Journal of Anesthesia* 26: 115–17.
43. Végh T, Juhász M, Enyedi A, Takács I, Kollár J, Fülesdi B (2012) Clinical Experience with a New Endobronchial Blocker: the EZ-Blocker. *Journal of Anesthesia* 26: 375–80.
44. Wiedemann K, Fleischer E, Dressler P (2002) Separation of the Airways: Historical Aspects. *Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie: AINS* 37: 8–15.
45. Yoo JY, Kim DH, Choi H, Kim K, Chae YJ, Park SY (2014) Disconnection Technique with a Bronchial Blocker for Improving Lung Deflation: a Comparison with a Double-Lumen Tube and Bronchial Blocker Without Disconnection. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 28: 904–7.

9 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
ASA	American Society of Anesthesiologists
BB	Bronchusblocker
BMI	body mass index
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
Ch	Charriere
cm	Zentimeter
DLT	Doppellumentubus
EKG	Elektrokardiogramm
ELV	Einlungenventilation
ETT	Endotrachealtubus
et CO ₂	endtidale Kohlenstoffdioxidkonzentration
ggf.	gegebenenfalls
GPZ	Gesamtplatzierungszeit
HB	Hauptbronchus
i.v.	intravenös
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
mg	Milligramm
min	Minuten
ml	Milliliter

n Patientenanzahl

NIBP non-invasive blood pressure

PZ 1 Platzierungszeit 1

PZ 2 Platzierungszeit 2

sec Sekunden

SD Standardabweichung

SpO₂ pulsoxymetrische Sauerstoffsättigung

s.u. siehe unten

Tab. Tabelle

vs. versus

z.B. zum Beispiel

10 DANKSAGUNG

Ich möchte mich bei all den Menschen bedanken, die diese Promotion erst möglich gemacht haben:

Dr. med. Heiko Buchinger, der bis zu seinem Tod diese Arbeit betreut hat.

Prof. Dr. med. Ulrich Grundmann für seine Unterstützung und die Fortführung der Betreuung.

Prof. Dr. med. Sascha Kreuer für die Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Meiner Frau Geraldine Neuhardt-Hoffmann und meiner Familie für ihr Verständnis und ihre Geduld.