

Aus der Klinik für Chirurgie der Universität zu Lübeck

Direktor: Prof. Dr. med. T. Keck

Das Lübecker Toolbox-Curriculum -
Konzeption und Validierung eines standardisierten
Trainingsprogramms für die Basisfertigkeiten der minimal-
invasiven Chirurgie

Inauguraldissertation zur
Erlangung der Doktorwürde
der Universität zu Lübeck
- Aus der Sektion Medizin -

vorgelegt von
Paul Georg Auerswald
aus Hamburg

Lübeck 2016

1. Berichterstatter:	Priv.-Doz. Dr. med. Tilman Laubert
2. Berichterstatterin/Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Jens-Martin Träder
Tag der mündlichen Prüfung:	29.05.2017
Zum Druck genehmigt. Lübeck, den	29.05.2017
- Promotionskommission der Sektion Medizin -	

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Fragestellung	6
1.1 Die Entwicklung der Laparoskopie	8
1.2 Stellenwert der Laparoskopie in der Allgemein- und Viszeralchirurgie heute	9
1.3 Trainingsmodelle	10
1.4 Die „Lübecker Toolbox“	14
1.5 Fragestellung	17
2 Material und Methoden	18
2.1 Die Lübecker Toolbox – Der Box-Trainer	18
2.2 Die Übungen	20
2.2.1 Übung 1 - Kofferpacken	20
2.2.2 Übung 2 - Weben	21
2.2.3 Übung 3 - Gummitwist	22
2.2.4 Übung 4 - Dreieckschnitt	23
2.2.5 Übung 5 - Hammerschnitt	24
2.2.6 Übung 6 - Naht	25
2.3 Instruktions- und Lehrvideos	26
2.4 Expertenlevel und Fehlerscore, Zielvorgabe	27
2.4.1 Ermittlung des Expertenlevels	28
2.4.2 Fehlerscore	29
2.5 Ablauf Studie	30
2.5.1 Fragebögen	32
2.6 Cholezystektomie am Organpaket	33
2.6.1 GOALS-Score	34
2.7 Statistik	34

3 Ergebnisse	35
3.1 Bestimmung des Expertenlevels	35
3.2 Lernkurven und Validierung der Zielvorgabe	36
3.2.1 Lernkurve Übung 1	36
3.2.2 Lernkurve Übung 2	37
3.2.3 Lernkurve Übung 3	38
3.2.4 Lernkurve Übung 4	39
3.2.5 Lernkurve Übung 5	41
3.2.6 Lernkurve Übung 6	43
3.2.7 Lernkurve Präzision	44
3.3 Dauer des Curriculums	44
3.4 Auswertung der Cholezystektomien	46
3.5 Ergebnisse Fragebögen	48
3.5.1 Grundsätzliche Motivation und Interesse an der Chirurgie bzw. minimal-invasiven Chirurgie	48
3.5.2 Effekt durch Erfahrungen mit PC- und Konsolen-Spielen	49
3.5.3 Effekt durch das Praktizieren eines Musikinstrumentes	51
4 Diskussion	54
4.1 Bestimmung des Expertenlevels und Definition der Zielvorgaben	56
4.2 Ablauf des Curriculums	60
4.3 Validierung der Zielvorgaben	63
4.3.1 Einfluss von Interessensmerkmalen	70
4.4 Übertragbarkeit des Lerneffekts	74
5 Zusammenfassung	79
6 Literaturverzeichnis & Anhang	80
7 Danksagung	92
8 Lebenslauf	93

Abkürzungsverzeichnis

FLS	Fundamentals of Laparoscopic Surgery
GOALS	Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills
LTB	Lübecker Toolbox
MIC	Minimal-invasive Chirurgie
MISTELS	The McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills
OP	Operationssaal
VAS	Visuelle Skala
VRS	Virtual Reality Simulator
VR-Trainer	Virtual Reality -Trainer

1 Einleitung

Die minimal-invasive Chirurgie (MIC) fand ihren Ursprung Anfang des 20. Jahrhunderts und hat sich mittlerweile in vielen operativen Fachgebieten etabliert [49, 116]. Demnach ist sie auch ein essentieller Teil der chirurgischen Ausbildung und es ist ein Bestreben geworden, den chirurgischen Nachwuchs so früh wie möglich an diese spezielle Operationstechnik heranzuführen [103]. Aufgrund der zunehmenden Komplexität der minimal-invasiven Chirurgie (MIC) ist in den letzten zwei Jahrzehnten ein erheblicher Bedarf an Trainingsprogrammen entstanden.

Während die Ausbildung früher überwiegend im Rahmen einer traditionellen Lehrer-Schüler-Beziehung im OP stattfand, kommt heute zusätzlich der Simulation und dem Training vor Eintritt in den OP eine immer größere Bedeutung zu [59, 71, 81, 115]. Es soll erreicht werden, dass sich Anfänger bei ihren ersten Operationserfahrungen auf die Durchführung der Operation konzentrieren können, ohne sich zusätzlich mit den Besonderheiten der Technik beschäftigen zu müssen. Zudem können so auch Ressourcen eingespart werden, da die Operationszeit nicht unnötig verlängert werden muss [75, 101]. In mehreren Studien zeigte sich, dass durch das Training an laparoskopischen Simulatoren ein deutlicher Lerneffekt zu erreichen ist, der sich auf ein Operationsszenario übertragen lässt [10, 14, 46, 47, 50, 59, 62, 70, 71, 88, 90, 93]. Als Alternative, um die Grundlagen der MIC in kompakten Kursen zu erlernen, bietet sich das regelmäßige Training in einem Curriculum über mehrere Wochen an, welches auch zu besseren Ergebnissen zu führen scheint [66, 68, 107, 111, 117]. Um ein solches Training zu ermöglichen, werden in immer mehr Kliniken sogenannte Trainingslabore/Skills-labs eingerichtet und den angehenden Chirurginnen und Chirurgen Laparoskopie-Trainer zur Verfügung gestellt. Bei den Laparoskopie-Trainern kann man zwischen computerbasierten chirurgischen Operationssimulatoren (Virtual Reality Simulator, VRS) und rein „physischen“ Video- bzw. Box-Trainern unterscheiden. Die VRS ermöglichen ein virtuelles minimal-invasives Training an einem Computersystem, wobei die Software meist in unterschiedlichen Ausführungen ein Spektrum an abstrakten Übungen, bis hin zu ganzen Operationssimulationen bietet [50, 101]. Die Video- bzw. Box-Trainer werden in der Regel mit unterschiedlichen Modulen angeboten, an denen mit einem realen Instrumentarium die Übungen durchgeführt werden. Mit einem gewissen Aufwand können an solchen Boxen ebenso ganze Operationen an Organpaketen von Tierkadavern simuliert werden

(siehe auch 1.3). Obwohl bereits viele unterschiedliche Laparoskopie-Trainer entwickelt wurden, gibt es jedoch kaum standardisierte Trainingsprogramme [5, 50, 71, 115]. Für die Box-Trainer gibt es bisher sogar nur ein einziges, mäßig gut evaluiertes und standardisiertes Konzept zur Vermittlung laparoskopischer Fertigkeiten.

Vor diesem Hintergrund wurde an der Klinik für Chirurgie am UKSH Campus Lübeck seit 2009 ein Konzept zur Vermittlung laparoskopischer Basisfertigkeit entwickelt. Dieses Gesamtkonzept „Lübecker Toolbox“ (LTB) zum Erlernen der laparoskopischen Basisfertigkeiten umfasste bislang einen Box-Trainer mit integriertem Kamerasystem, sechs aufeinander aufbauende Übungen, didaktische Videos als Ersatz für einen Tutor und zudem Angaben über eine möglichst effiziente Gestaltung des Trainingsablaufs. Das LTB-Curriculum kann durch eine einzelne Person in Eigenschulung durchlaufen und das Gesamtkonzept somit gut in den klinischen Alltag eines angehenden Chirurgen integriert werden. Nachdem die Entwicklung und Evaluierung des Box-Trainers und der Übungselemente mit den Übungen abgeschlossen war, mussten noch Zielvorgaben für die einzelnen Übungen festgelegt werden. Diese Zielvorgaben sollen eine Kombination aus Zeit und Präzision sein.

In der vorliegenden Validierungsstudie wurde untersucht, ob sich zuvor erhobene Zielzeiten eines Expertenkollektivs (Expertenlevel) innerhalb eines standardisierten Curriculums sinnvoll auf die Lernkurven von MIC-Anfängern übertragen lassen und dadurch die Definition von Zielvorgaben möglich wird. Zudem wurde untersucht, ob sich ein potentieller Trainingseffekt durch das LTB-Curriculum auf eine realitätsnahe Operationsumgebung übertragen lässt. Hierzu wurde eine prospektive Studie mit 15 erfahrenen, laparoskopisch arbeitenden Chirurgen und 30 minimal-invasiv unerfahrenen Studierenden durchgeführt.

1.1 Die Entwicklung der Laparoskopie

Die Ursprünge der Laparoskopie lagen Anfang des 19. Jahrhunderts in den Bemühungen, das Innere der Bauchhöhle eines lebenden Menschen zu untersuchen [116]. Nachdem anfangs offene starre Rohre mit Tages- oder Kunstlicht die Inspektion der leicht zugänglichen Harnblase durch die Harnröhre ermöglichten, entwickelte der Urologe Maximilian Nitze (*1848; †1906) im Jahre 1880 eine Kombination mit der von Edison erfundenen Glühlampe - das Nitze-Zystoskop - und erzielte dadurch eine gleichmäßige Beleuchtung des Innenraumes [Edison TA US-Patent Nr. 223898 für eine Kohlefaserlampe (1880), 64]. Im Jahre 1901 wurde von dem in Dresden geborenen Arzt Georg Kelling (*1866; †1945) an Hunden die erste diagnostische Bauchspiegelung mit dem Nitze-Zystoskop durchgeführt. Die erste Laparoskopie beim Menschen, ebenfalls eine diagnostische Untersuchung, wurde 1910 von dem schwedischen Arzt Hans Christian Jacobaeus (*1879; †1937) vollzogen. In den 1930er Jahren wurden dann erstmals auch therapeutische Laparoskopien, vor allem durch Gynäkologen durchgeführt [116]. Durch die fortwährende Erfahrung auf diesem Gebiet wurde in der Universitätsfrauenklinik Kiel im Jahre 1980 durch den Gynäkologen Kurt Semm (*1927; †2003) die erste laparoskopische Blinddarmentfernung vollzogen. Nur fünf Jahre später wurde die erste laparoskopische Gallenblasenentfernung über ein Galloskop, eine Ein-Rohrtechnik, von dem Böblinger Chirurgen Erich Mühe durchgeführt [65]. Infolge dieser Errungenschaft erfolgte 1987 die erste laparoskopische Cholezystektomie über mehrere Zugänge, so wie sie heutzutage üblich ist, durch den französischen Chirurgen Philippe Mouret (* 1938; †2008). Dieser folgten 1989 die erste Leistenoperation durch D. Bogojavlensky und 1991 die erste Dickdarmoperation durch John Monson [49].

Mit dem weiteren Fortschritt der Medizintechnik, wurde durch immer feinere und leistungsfähigere Geräte, wie beispielsweise hochauflösende und flexible Kameras, Lichtquellen und immer feineres Instrumentarium das Spektrum an laparoskopischen Eingriffsmöglichkeiten erweitert. In unterschiedlichen chirurgischen Fachdisziplinen wie der Thoraxchirurgie, Gynäkologie, Urologie, Orthopädie und Unfallchirurgie werden immer mehr Eingriffe in minimal-invasiver Technik durchgeführt. Ebenso wurde die Grenze der im Abdominalraum auf minimal-invasive Weise technisch durchführbaren Eingriffe immer weiter verschoben.

1.2 Stellenwert der Laparoskopie in der Allgemein- und Viszeralchirurgie heute

Die Einführung der minimal-invasiven Operationstechnik stellt einen bedeutenden Fortschritt in der Chirurgie dar und ist mittlerweile in fast allen chirurgischen Kliniken etabliert [49]. Zu den laparoskopischen „Routine“-Operationen zählen nach Vorgaben der Chirurgischen Arbeitsgemeinschaft für Minimal-Invasive Chirurgie (CAMIC) und der Deutschen Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV) die laparoskopische Cholezystektomie, Appendektomie und unterschiedlichste Explorationen. Mittlerweile werden ca. 90 % der Cholezystektomien in laparoskopischer Technik durchgeführt [3]. Immer komplexere Operationen wie beispielsweise die minimal-invasive Versorgung von Hernien und Leistenbrüchen, Darm- und Rektum-Operationen sind keine Seltenheit mehr und auch Leberteil- oder Pankreas-Resektionen werden bereits durchgeführt [45, 64, 65]. Der entscheidende Vorteil der endoskopischen Chirurgie besteht in einer Minimierung des Traumas durch den kleineren Zugang zum Operationsgebiet mit einer feineren Operationstechnik. Im Vergleich zur offenen Chirurgie ist somit die postoperative Mobilisierung des Patienten frühzeitiger möglich, mit konsekutiver Reduzierung von postoperativen Komplikationen [51, 97, 100]. Zudem wird das Wundinfektions-Risiko vermindert und somit ein Rückgang von peri- und postoperativen Infektionen verzeichnet [45]. Daraus ergibt sich eine Minderung der Gesamtbelastung und in der Folge eine deutlich raschere Regeneration und Genesung. Es ergeben sich also auch ökonomische Vorteile, da laparoskopisch operierte Patienten das Krankenhaus schneller verlassen und in kürzerer Zeit wieder arbeitsfähig werden, wenngleich die laparoskopischen Operationen an sich kostenintensiver sein können als die in konventioneller Technik durchgeführten Eingriffe [45].

Gegenüber der offenen Operation bestehen bei der laparoskopischen Technik für den Operateur jedoch folgende Besonderheiten und Schwierigkeiten [5, 25, 85, 87, 108, 109]:

1. Veränderte Tiefenwahrnehmung durch das videoskopische zweidimensionale Monitorbild mit der notwendigen geistigen Übertragung auf einen dreidimensionalen Situs.

2. Erschwerte Hand-Augen-Koordination durch die Tatsache, dass der Blickfokus (Monitorbild) nicht dem Bewegungsfokus gleicht (Instrumente innerhalb der Bauchhöhle).
3. Beeinflussung der Hand-Augen-Instrumentenkoordination durch den *Fulcrum effect* (Invertierung der Instrumentenachse durch die Fixation in der Bauchdecke).
4. Einschränkung des Bewegungsfreiraums durch starre lange Instrumente und die fixierte Eintrittsstelle in den Situs.
5. Veränderte Haptik und vermindertes Feingefühl bei reduziertem „taktilem Feedback“.

Dadurch bestehen zusätzliche Herausforderungen zum eigentlichen Inhalt der Operation. Lerneinheiten an einem Laparoskopie-Trainer haben das Ziel, die Bewältigung dieser zusätzlichen Anforderungen zu erleichtern und den Beginn der MIC-Lernphase außerhalb des OPs zu verlagern [48, 93].

1.3 Trainingsmodelle

In Studien wurde bereits ein übertragbarer Effekt durch ein Training an Laparoskopie-Trainern aufgezeigt. Die erlernten Basisfertigkeiten konnten direkt auf eine reale Operation am lebendigen Menschen oder Operationssimulationen an Tiermodellen übertragen werden [10, 14, 46, 47, 50, 59, 62, 70, 71, 90, 93]. Dabei wird ein Trainingseffekt am ehesten durch regelmäßiges und strukturiertes Training erzielt [60, 66, 68, 80, 94, 107, 111]. Demzufolge sind bereits in einigen Kliniken Trainingslabore bzw. Skills-labs eingerichtet worden, in denen Laparoskopie-Trainer zur Verfügung gestellt werden, um Studierenden und Assistenzärztinnen und -ärzten ein solches Training zu ermöglichen. Es fehlt jedoch an Vorgaben für ein strukturiertes Training und die Übungsinhalte sind selten definiert. Obwohl unter Umständen vorhanden, ist daher die tatsächliche Nutzung der Skills-labs aktuell noch sehr gering [22, 30, 75, 78].

Im Allgemeinen werden bei den auf dem Markt angebotenen Modellen zwei große Gruppen unterschieden. Zum einen existieren die virtuellen laparoskopischen MIC-Simulatoren (VRS). Diese sind computerbasierte Simulatoren, die je nach Software-Ausstattung von einfachen Grundübungen bis hin zu ganzen Operationen die

laparoskopischen Techniken vermitteln sollen [101]. Die Software-Ausstattung liefert in unterschiedlichem Ausmaß ganze Übungs-Curricula mit Zielvorgaben in standardisierten Übungen, Lerndokumentationen und Auswertungen. Mittlerweile ist der technische Fortschritt durch immer leistungsfähigere Computer auf dem Weg, diese auf einem Bildschirm erzeugten Simulationen sehr komplex und realitätsnah widerzugeben (*Abbildung 1*). Um eine haptisch realitätsnähere Umgebung zu schaffen, sind die simulierten Laparoskopie-Instrumente bei einigen Modellen an motorgesteuerte Fassungen mit Sensoren gekoppelt. Dennoch besteht ein großer Nachteil der VRS in der Schwierigkeit, eben dieses taktile Feedback, also den für den Chirurgen wichtigen und gerade mit den verlängerten Geräten stark beeinträchtigten Tastsinn, realistisch nachzustellen. Des Weiteren sind die hohen Anschaffungskosten von 25.000 bis 65.000 € (recherchierte Listenpreise: Simsurgery® - Norwegen, ca. 25.000 EUR, MIST-VR®-Simulator - Immersion Medical/Göteborg, ca. 30.000 EUR, LapSim® - Surgical Science/Göteborg, ca. 50.000 EUR, Lap-Mentor® - Symbionix/Israel, ca. 65.000 EUR, Stand 2015) für diese technisch weit entwickelten Geräte für viele Kliniken nicht tragbar [101].



Abbildung 1: LapSim-systems-haptic and -non-haptic, Symbionix U.S.A Co.(2014)

Ein direktes taktiles Feedback und geringere Anschaffungskosten bietet die zweite große Gruppe von MIC-Trainingsystemen. Die zum Teil simpel strukturierten Video- bzw. Box-Trainer sind meistens einfach zu handhaben und in der Anschaffung sehr viel günstiger.

Sie bestehen in der Regel aus einem gestalteten Hohlraum, meist ein Plastikkasten unterschiedlicher Form und Größe, der mit einer Membran oder festgelegten Einführungsstellen zum Einbringen der handelsüblichen laparoskopischen Instrumente versehen ist. Die Modelle unterscheiden sich unter anderem durch eine integrierte oder frei zu führende Kamera. Modelle ohne integrierte Kamera sollen das Operationsszenario zwar realistischer machen, jedoch erfordert es die Anwesenheit einer zweiten Person, sowie den Aufbau und die Positionierung eines Laparoskopie-Turmes und erhöht dadurch den Aufwand. Auch in der Art der Übungen unterscheiden sich viele Modelle. Es existieren sowohl Übungen mit abstrakten Modulen, als auch mit biologischen Modellen. Bei den biologischen Modellen können - mit aufsteigenden Kosten - aufgereinigte Präparate oder sogar ganze Organpakete erworben werden. Bei den Organpaketen kann zum Teil zusätzlich durch Perfusion ein Blutfluss simuliert und somit ein annähernd reales Szenario nachgestellt werden, jedoch ist dies mit einem enormen Aufwand und weiteren Kosten verbunden.

In aller Regel existieren für diese Systeme jedoch keine standardisierten Trainingsprogramme, also keine Vorgaben für ein strukturiertes Training oder ein Curriculum mit Zielvorgaben für die Übungen [5, 71, 96, 115]. Es wird also nicht festgelegt, welches Niveau des Könnens durch das Training am Simulator erreicht werden soll. Gerade der Aspekt, kein festes Zeitintervall als Übungsdauer vorzugeben, sondern ein bestimmtes Maß an Fähigkeiten zu definieren, das es für die Lernenden zu erreichen gilt, erscheint bedeutsam. Für die Box-Trainer gibt es nur ein einziges, mäßig gut evaluiertes und standardisiertes Konzept. Dieses Simulationskonzept zur Vermittlung laparoskopischer Fertigkeiten mit Zielvorgaben an einem Box-Trainer, das in den USA und Kanada entwickelt wurde und dort mittlerweile etabliert ist, ist das *Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS - siehe Abbildung 2)* [23, 73, 80, 93].

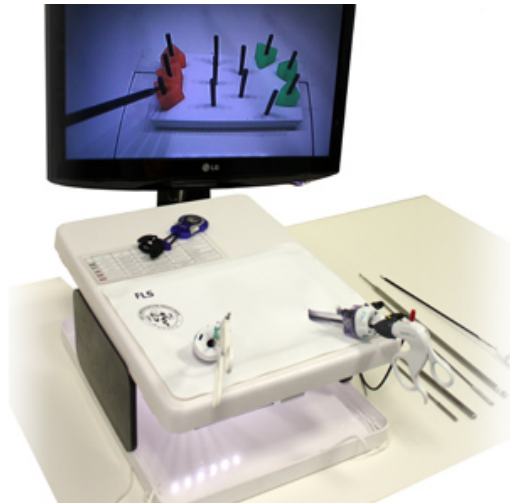


Abbildung 2: Box-Trainer – FLS-System, U.S.A Co.

Im Jahre 1997 wurden durch die Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons (SAGES) erstmals Richtlinien zum Erlernen der laparoskopischen Basisfertigkeiten veröffentlicht. Zuvor waren von verschiedenen Anbietern nur spezifische laparoskopische Operationstechniken vermittelt worden, die in ihrer Struktur meist auf eine bestimmte Operation ausgelegt waren [73]. Daraufhin wurde durch die SAGES das aus drei Chirurgen bestehende FLS-Komitee gegründet und ein Programm zur Vermittlung und dem Erlernen von kognitiven und motorischen laparoskopischen Basisfertigkeiten entwickelt. Das Programm wurde nach Validierung des Curriculums und des Bewertungssystems 2004 veröffentlicht und stellt bis heute das einzige standardisierte Modell dieser Art dar [5, 73, 80, 96]. Es beinhaltet insgesamt fünf unterschiedliche Übungsmodule, an denen die laparoskopischen Grundtechniken vermittelt werden sollen. Die Übungen werden an einem einfachen, aus Kunststoff gefertigten FLS-Box-Trainer mit integrierter Kamera durchgeführt [62, 89]. Als einziges System der laparoskopischen Trainingsmodelle beinhaltet das FLS-Konzept auch ein Bewertungssystem mit festgelegten Zielvorgaben: Das McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills (MISTELS). Dieser Score umfasst neben der Zeit noch einen Fehlerscore um die Präzision zu berücksichtigen, der mit der Zeit verrechnet wird [23, 26]. Seit 2004 ist es möglich, an sogenannten Testzentren oder im Rahmen einiger Kongresse an einem zertifizierten Test teilzunehmen, in dem die Kenntnisse der Laparoskopie geprüft werden. Dieser Test besteht zum einen aus multiple-choice Fragen zum kognitiven Teil des FLS-Curriculums und zum anderen aus den fünf Übungen und dem Erreichen der definierten Zielvorgaben. Die Prüfung legten zwischen 2004 und 2009 über

2500 Ärzte unterschiedlicher chirurgischer Fachbereiche ab, wovon 88 % das Zertifikat durch erfolgreiches Bestehen des Curriculums erhielten [89]. Mittlerweile gilt das FLS in Nordamerika als Standard für die Vermittlung und Bewertung laparoskopischer Basisfertigkeiten [73].

Trotz der sehr positiv zu bewertenden Entwicklung des FLS-Systems lassen sich einige kritische Punkte hinsichtlich des Programms anmerken. 1) Das Preis-Leistungs-Verhältnis erscheint nicht gerechtfertigt. Die Produktions- oder Entwicklungskosten können kaum die hohen Anschaffungs- und Unterhaltskosten erklären. Die Qualität des Box-Trainers erscheint mangelhaft, die Konstruktion aus Kunststoff wirkt instabil und verschiebt sich schon bei geringer Manipulation während der Übungen. 2) Es wurden keine Studien oder zumindest Evaluationen zur Entwicklung durchgeführt. 3) Die Zielvorgaben basieren lediglich auf Daten von nur zwei der Entwickler [26]. 4) Zudem gibt es keine Angaben zu einem zeitlich sinnvollen und effektiven Trainingsablauf [80].

1.4 Die „Lübecker Toolbox“

Basierend auf den Erfahrungen mit verschiedenen MIC-Trainingsmodellen, wurde seit 2009 an der Klinik für Chirurgie des UKSH Campus Lübeck die „Lübecker Toolbox“ entwickelt. Hierbei handelt es sich um ein Gesamtkonzept zum Erlernen laparoskopischer Basisfertigkeiten. Die Lübecker Toolbox umfasst den eigentlichen Box-Trainer mit integrierter Kamera, sechs Übungen mit zunehmend komplexeren Inhalten, Zielvorgaben für jede der Übungen, Videomaterial, das einen effizienten Ablauf der Übungsinhalte und einen korrekten Gebrauch der Instrumente vermittelt und klare Vorgaben, wie das Curriculum zeitlich zu gestalten ist, um die Lernkurve möglichst steil verlaufen zu lassen. Alle Entwicklungsschritte sollten auf Studien und umfangreichen Evaluationen basieren. Ein maßgebliches Ziel war es, ein Trainingsmodell zu entwickeln, das auch von kleineren Kliniken erworben werden kann, was eine entsprechende preisliche Erschwinglichkeit impliziert. Unterschiedliche Prototyp-Versionen der Lübecker Toolbox wurden auf mehreren Kongressen (BDC/BNC 2011, Chirurgenkongress 2012, Viszeralmedizin 2012, CAMIC-Tagung 2012 und andere) vorgestellt. Insgesamt 61 Chirurginnen und Chirurgen aus 9 unterschiedlichen chirurgischen Fachbereichen evaluierten anhand standardisierter Fragebögen verschiedene Dimensionen, Abstände, Trokar- und Kamerapositionen. Diese Ergebnisse stellten die Grundlage für die jeweils weitere Überarbeitung der Prototypen

dar im Sinne einer iterativen Studie. Das Design der finalen Version wurde unter Beibehaltung der festgelegten Dimensionen überarbeitet (N&P, München, Deutschland; *Abbildung 2a*).



Abbildung 2a: Der Box-Trainer

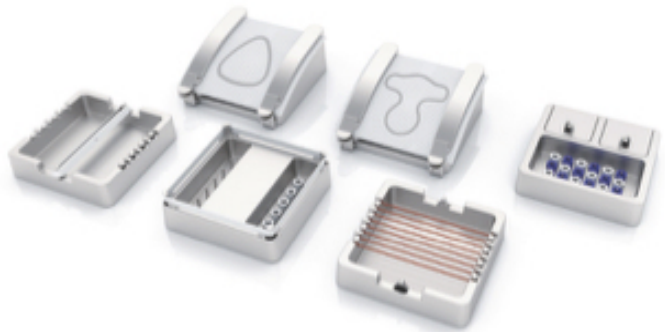


Abbildung 2b: Die Module

Parallel zur Entwicklung der eigentlichen Box wurde eine Vielzahl unterschiedlicher Übungsmodule entworfen. Die Prototypen der Module wurden ebenfalls auf oben erwähnten Kongressen und Tagungen vorgestellt. Durch 43 Evaluationen bezüglich Sinnhaftigkeit, Standardisierung, Verständlichkeit und weiteren Unterpunkten wurden die Übungen weiterentwickelt und letztlich die finalen sechs Übungen festgelegt (*siehe auch 2.2 und Abbildung 2b*).

Im Rahmen einer prospektiven randomisierten Studie am FLS-System konnte gezeigt werden, dass didaktische Lehrvideos mit detaillierten Instruktionen zum effizienten und präzisen Ablauf der Übungen und Einsatz der Instrumente die Lernkurve der Probanden positiv beeinflussten [58]. Insbesondere in Bezug auf die Genauigkeit in der Ausführung einzelner Übungen war das Ergebnis der Probanden, die regelmäßig mit didaktischen Lehrvideos geschult wurden, besser als in einer Kontrollgruppe. In der gleichen Studie konnte zudem demonstriert werden, dass häufige, kürzere Übungseinheiten von 15-30 Minuten Dauer effizienter sind als längere und dafür seltener durchgeführte Übungseinheiten [56].

Ein wesentlicher Bestandteil eines strukturierten und standardisierten MIC-Trainings sollte eine definierte Zielvorgabe sein. Der Vorteil einer standardisierten Zielvorgabe liegt darin, dass für die Trainierenden zu jedem Zeitpunkt des Curriculums deutlich ist, wo sie sich bezüglich ihres Fortschrittes befinden und dass dadurch der jeweils folgende Abschnitt des Curriculums eindeutig definiert ist. Die Zielvorgabe sollte sich an den Fähigkeiten erfahrener minimal-invasiv operierender Chirurginnen und Chirurgen orientieren und sich letztlich als ein Expertenlevel begründen. Zudem erlaubt eine Zielvorgabe einen Vergleich mit Anderen, was neben der Möglichkeit der Analyse auch einen „Wettbewerbs“-Aspekt impliziert. Dies wiederum trägt zur Motivation der Übenden bei. Ein Parameter für sicheres und effizientes Arbeiten ist neben der Präzision die Zeit. Studien belegten, dass mit steigender Erfahrung sowohl die Operationszeit als auch die Komplikationsrate sinken [15, 41, 55, 63, 100]. Auch bei dem von FLS verwendeten Bewertungssystem, dem MISTELS, ist neben einem Fehlerindex die Zeit ein ausschlaggebender Bewertungsparameter [26]. Die für die Lübecker Toolbox vorgegebene Zeit sollte sich jedoch auf einer deutlich fundierteren Datenbasis gründen, als die Vorgabe des FLS-System. Hier war die Fähigkeit bzw. Leistung lediglich zwei erfahrener Chirurgen als Zielzeit herangezogen worden [80].

Generell können zur Erfassung eines Lernprozesses Lernkurven erstellt werden. Sie sind also auch ein effektives Mittel bei der Erfassung des Lernfortschritts von chirurgischen Fertigkeiten. Es handelt sich hierbei um eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen einer Anzahl von Wiederholungen und einer Variablen wie beispielsweise der Zeit [15, 24, 26, 41, 63]. Ein etabliertes Charakteristikum dieser Kurven ist, dass eine Verbesserung der Fähigkeiten in der Anfangsphase schneller stattfindet, die Kurve also dementsprechend steiler verläuft. Je mehr Wiederholungen der Proband durchführt, desto geringer wird auch der Fortschritt. Die Kurve verläuft flacher und endet schließlich in einer Plateauphase [24; 26, 41]. Lernkurven lassen sich sinnhaft jedoch nur auf standardisierte Inhalte anwenden. Die skizzierten Charakteristika von Lernkurven gelten auch für Übungen im Rahmen eines MIC-Trainings [24, 42].

Jede Übung hat prinzipiell ihre eigene Lernkurve. Daher sollte für jede Übung des Lübecker Toolbox-Curriculums auch eine individuelle Zielvorgabe definiert werden.

1.5 Fragestellung

Ziel der Studie und damit der hier vorgelegten Arbeit war es, ein Trainingscurriculum mit festgelegten, standardisierten Zielvorgaben und einem definierten zeitlichen Rahmen zu schaffen. Dafür wurde eine Zielzeit anhand eines Expertenkollektivs (Expertenlevel) für die Übungen ermittelt und daraus eine Zielvorgabe definiert. In einer prospektiven Validierungs-Studie mit minimal-invasiv unerfahrenen Probanden (Studierenden der Humanmedizin) wurden die Zielvorgaben im Rahmen eines standardisierten Curriculums getestet. Das Ziel des laparoskopischen Simulationstrainings ist letztlich die Verbesserung der Lernkurve bei realen Operationen. Es wurde daher überprüft, ob die durch das Curriculum erlernten laparoskopischen Fertigkeiten auf eine realitätsnahe Umgebung übertragen werden konnten. Dafür führten die Probanden vor Beginn und nach Abschluss der Studie eine Operationssimulation an einem Organmodell durch. Folgende konkrete Fragestellungen lagen dieser Arbeit zugrunde:

1. Kann durch die Erfassung der Leistung erfahrener laparoskopisch tätiger Chirurginnen und Chirurgen eine sinnvolle (zeitliche) Vorgabe, also ein Expertenlevel definiert werden?
2. Kann dieses Expertenlevel von der Mehrheit der minimal-invasiv unerfahrenen, studentischen Probanden bei jeder der sechs Übungen in einer sinnvollen Anzahl an Wiederholung erreicht werden?
3. Lässt sich durch die definierten Zielvorgaben ein insgesamt zeitlich und logistisch umsetzbares Trainingscurriculum erstellen?
4. Kann ein Trainingseffekt durch das Curriculum an der Lübecker Toolbox auf eine realitätsnahe Operationssimulation übertragen werden?
5. Haben bestimmte Interessensmerkmale der Probanden Einfluss auf den Lernfortschritt?

2 Material und Methoden

Vor dem Hintergrund der unter 1.5 umschriebenen Fragestellung wurde im Zeitraum vom 07.01.2013 bis 01.03.2013 eine prospektive Studie durchgeführt. Ein positives Ethikvotum (Aktenzeichen #10-020) lag vor. Für den Zeitraum der Studie wurden in einem Raum an der Klinik für Chirurgie des UKSH Campus Lübeck drei Box-Trainer der Lübecker Toolbox aufgestellt, an denen die Probanden zu festgelegten Zeiten und unter permanenter Betreuung durch Mitglieder des Studienteams die Übungseinheiten absolvierten (*siehe 2.1*). Die erhobenen Daten wurden hinsichtlich der Fragestellung statistisch ausgewertet.

2.1 Die Lübecker Toolbox – Der Box-Trainer

Der aus Aluminium gefertigte Box-Trainer bestand aus einer festen Grundplatte von 34,5 x 34,5 cm (*siehe Abbildungen 3a und 3b*). Die Deckplatte war 38 cm breit und 42 cm lang. Im vorderen Teil war sie mit 24° abgewinkelt. Grundplatte und Abdeckung waren seitlich über zwei Streben miteinander verbunden. Im abgewinkelten Teil der Abdeckung waren zwei Gummimembranen zur Einführung der Trokare für die Instrumente eingebracht. Auf der Grundplatte waren Metall-Inlets eingelassen, durch die die mit Magneten versehenen Übungsmodule fest und an der standardisierten Position gehalten wurden. Die dadurch fixierte Position der Module war mittig zu den Seiten und in einem Abstand von 10 cm zur Vorderkante. Durch diese Position und die abgewinkelte Einführung der Instrumente lag der Arbeitsbereich für die Übungen in der direkten Verlängerung der Instrumente.

An der Unterseite der Abdeckung waren zwei LED-Leuchtleisten als Lichtquelle montiert. Die Kamera (*High Performance CCTV Kamera, KT&C; Seoul, Korea*) wurde an der Unterseite des abgewinkelten Vorderteils mittig montiert. Gehalten wurde die Kamera durch einen Magnetbügel. Die Position der Kamera und das eingestellte Bild war standardisiert und blieb für das gesamte Curriculum gleich. Kamera und Lichtquelle wurden über einen integrierten Netzadapter mit Trafo (*KT&C; Seoul, Korea*) mit Strom versorgt. Zur Wiedergabe des Kamerabildes wurden 21"-Flachbild-Monitore (*Samsung; Seoul, Korea*) verwendet, die über AV-Kabel mit den Video-Ausgängen der Boxen verbunden waren.

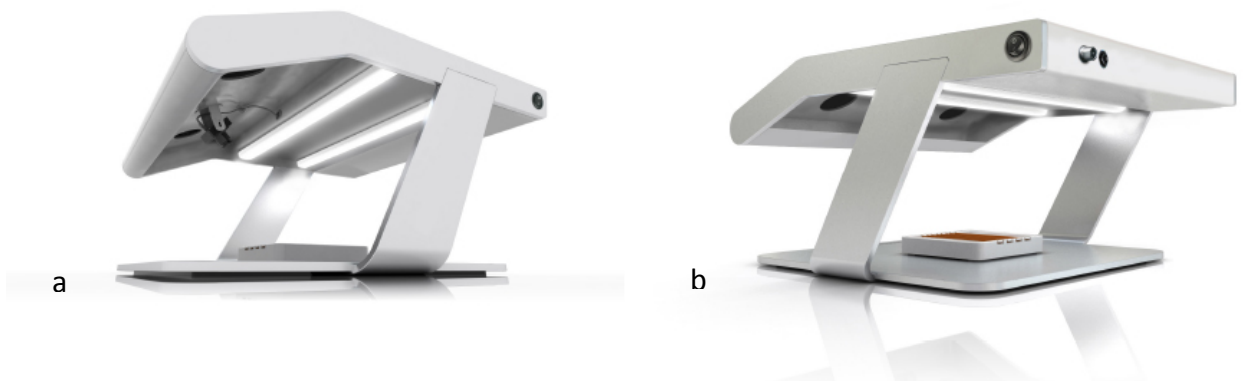


Abbildung 3 a und 3 b: Der Box-Trainer (Lübecker Toolbox) aus unterschiedlichen Perspektiven.

Für die Studie wurden drei LTB-Arbeitsplätze eingerichtet (*Abbildung 4*). Die Box-Trainer waren mit einem Abstand von 80 cm zum Boden installiert. Die Monitore wurden in einem Abstand von 80 cm zur Vorderkante und einer Höhe von 60 cm zur Grundplatte (140 cm zum Boden) direkt hinter dem Box-Trainer auf einer weiteren Erhöhung aufgestellt. Für kleinere Probanden war es möglich, als Höhenausgleich einen Fußtritt von 25 cm Höhe zu verwenden.



Abbildung 4: LTB-Arbeitsplätze

2.2 Die Übungen

Das Trainingscurriculum „Lübecker Toolbox“ umfasste sechs Übungen. Diese wurden an vier verschiedenen Übungsmodulen durchgeführt, die jeweils die gleichen Grundmaße von 12 x 12 cm hatten. Zur Durchführung der Übungen wurden handelsübliche laparoskopische Instrumente benutzt (*siehe unten*). Die Instrumente wurden über Trokare (*Endopath Xcel 12, Länge 100 mm, Ethicon Endo-Surgery LLC, Somerville USA*) in die dafür vorgesehenen Öffnungen eingebracht.

2.2.1 Übung 1 - Kofferpacken

Lernziele der Übung waren das Instrumentenhandling, die Hand-Auge-Koordination und das bimanuelle Arbeiten. Im oberen hinteren Teil des Moduls befanden sich zwei mit Klappen abgedeckte Vertiefungen. Vorn an den Klappen befand sich jeweils eine Öse, mit der diese von vorn nach hinten zu öffnen waren. Im vorderen Teil befanden sich gleichmäßig verteilt in 3 Reihen insgesamt 18 Stifte in einem Abstand von jeweils 1,5cm. Auf die Stifte wurden in abwechselnder Reihenfolge Kunststoffhülsen mit zwei unterschiedlichen Farben gesteckt (*Abbildung 5*).

Ziel der Übung war es, innerhalb der Zielzeit in festgelegter Reihenfolge alle Hülsen von den Stiften, sortiert nach den zwei Farben, jeweils in das rechte bzw. linke Kästchen zu sortieren. Die Übung wurde mit zwei laparoskopischen Overholts (*Endopath, 5 mm Faßzangen, Ethicon Endo-Surgery LLC, Somerville USA*) durchgeführt. Die Hülsen mussten mit den Overholts von hinten links bei Rechtshändern und von hinten rechts bei Linkshändern beginnend, immer abwechselnd in die Kästchen sortiert werden. Die Hülsen mussten in den Kästchen so kontrolliert abgelegt werden, dass sich die Klappe wieder komplett schloss. War das nicht der Fall, so musste an der Hülse manipuliert werden, bis sich die Klappe wieder vollständig schließen ließ. Am Ende der ersten Reihe wurde mäanderförmig mit der darunterliegenden zweiten und dann mit der dritten fortgefahren, bis alle Hülsen gleicher Farbe in das rechte bzw. linke Kästchen sortiert worden waren (*Abbildung 5*). Für eine genaue Beschreibung des definierten Ablaufes siehe auch <http://www.luebeck-toolbox.com/training.html>.

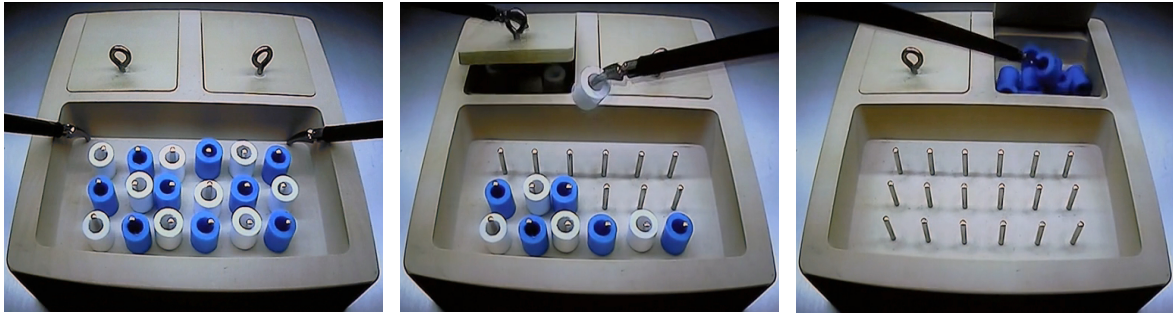


Abbildung 5: Übung 1 – Kofferpacken; Übung im Verlauf

2.2.2 Übung 2 – Weben

Lernziele der Übung waren die Verbesserung des Instrumentenhandlings und der Hand-Auge-Koordination durch präzises Greifen bei zügigem, bimanuellem Arbeiten auf beschränktem Raum. Das Modul bestand aus einer Grundplatte mit Rahmen, an dessen vorderer und hinterer Seite sich Haken für die Befestigung von vier Gummibändern befanden. Durch das Einspannen der Gummibänder entstanden 8, zur Vorderkante senkrechte Gummizüge in einer Höhe von ca. 1,5 cm zur Grundplatte. Gewebt, das heißt abwechselnd über und unter den Gummis hindurchgeführt, wurde eine in der Mitte markierte Kordel aus Polypropylen von 24 cm Länge (Abbildung 6).

Ziel der Übung war es, innerhalb der Zielzeit die Kordel zwischen den Gummibändern von der einen zur anderen Seite und wieder zurück zu weben. Die Übung wurde mit zwei laparoskopischen Overholts (*Endopath, 5 mm Faßzangen, Ethicon Endo-Surgery LLC, Somerville USA*) durchgeführt. Es musste von Rechtshändern mit dem rechten Instrument, von Linkshändern mit dem linken Instrument damit begonnen werden, die Kordel unter dem ersten Gummizug hindurch zu führen, um kurz dahinter von dem Overholt der anderen Hand übernommen und gehalten zu werden. Danach erfolgte oberhalb der Gummizüge die Übergabe zurück zur dominanten Hand, um diesen Webvorgang zu wiederholen. Am Ende der Reihe wurde der Faden von der passiven Hand gehalten und mit der dominanten Hand, im Sinne eines Hypomochlions, bis zur mittigen Markierung hindurchgezogen. Um die Reihe zurück zu weben und die Übung zu vollenden, tauschten nun die Hände ihre Aufgaben. Die Gummizüge durften bei der Durchführung berührt, jedoch nicht aktiv zur Seite gehalten werden (Abbildung 6). Für eine genaue Beschreibung des definierten Ablaufes siehe auch <http://www.luebeck-toolbox.com/training.html>.

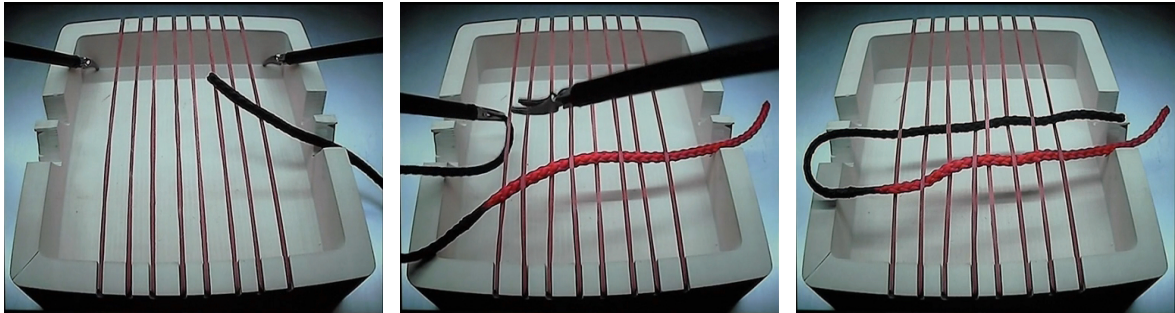


Abbildung 6: Übung 2 – Weben; Übung im Verlauf

2.2.3 Übung 3 - Gummitwist

Lernziele der Übung waren die Verbesserung der Hand-Auge-Koordination und das bimanuelle überkreuzte Arbeiten. An diesem Modul waren an den Ecken Haken positioniert, über die eine Gummilitze parallel zum Rand gespannt war. Rechts und links waren jeweils senkrecht zwei 10 cm lange Vertiefungen mit einer Breite von 2,5 cm eingelassen. In diese waren mittig 5 Stifte mit einem Abstand von 1,5 cm eingebracht. Auf einer Seite wurden auf die Stifte jeweils weiße Hülsen gesteckt (Abbildung 7).

Ziel der Übung war es, innerhalb der Zielzeit alle Hülsen von der einen zur anderen Seite und wieder zurück zu transferieren, wobei die Hülsen nur außerhalb der Gummilitze gegriffen und abgelegt werden durften. Die Übung wurde mit zwei laparoskopischen Overholts (*Endopath, 5 mm Faßzangen, Ethicon Endo-Surgery LLC, Somerville USA*) durchgeführt. Gestartet wurde bei Rechtshändern mit den Hülsen auf der linken, bei Linkshändern auf der rechten Seite. Es mussten die Hülsen nacheinander außerhalb der Gummibandumrandung in festgelegter Reihenfolge, jeweils auf die äquivalenten Stifte der gegenüberliegenden Seite und dann dergleichen Reihenfolge nach wieder zurück transferiert werden. Dabei wurde mit dem Overholt der dominanten Hand die Gummilitze gegriffen und so nach innen gezogen, dass mit der anderen Hand die Hülse aufgenommen werden konnte. In analoger Weise wurde die Gummilitze anschließend mit der nicht-dominanten Hand gegriffen und die Hülse auf den äquivalenten Stift gebracht (Abbildung 7). Für eine genaue Beschreibung des definierten Ablaufes siehe auch <http://www.luebeck-toolbox.com/training.html>.

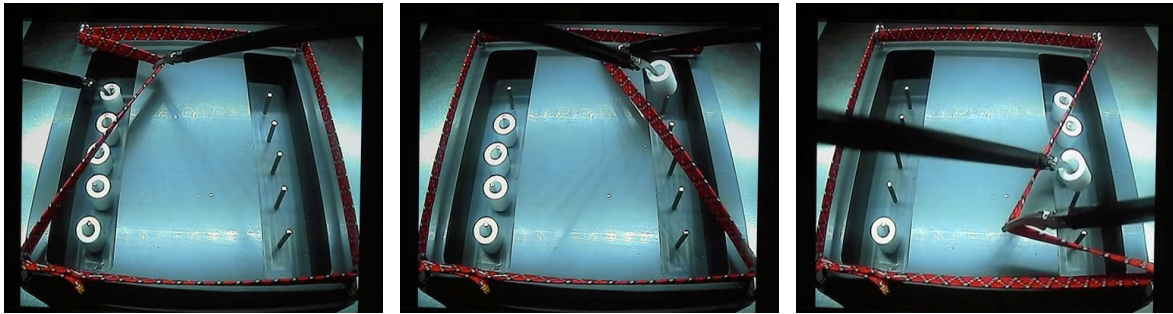


Abbildung 7: Übung 3 – Gummitwist; Übung im Verlauf

2.2.4 Übung 4 - Dreieckschnitt

Lernziele der Übung waren das Erlernen des laparoskopischen Schneidens und die konsequente Ausübung einer korrekten Triangulation. Das Modul bestand aus der Bodenplatte und zwei senkrechten Seitenelementen. An diesen wurde mittels profilierter und arretierbarer Bügel das doppellagige Schneidmaterial eingespannt. Um das Schneidmaterial der Größe 10 x 20cm zu bedrucken, wurden Stempel und handelsübliche Stempelfarbe verwendet. Die Dreieck-Figur dieser Übung hatte eine Linienbreite von 4 mm. Das gleichschenklige Dreieck hatte eine Kantenlänge von 6 cm und abgerundete Ecken mit einem Radius von 1cm (Abbildung 8).

Ziel der Übung war es, innerhalb der Zielzeit die Form auszuschneiden ohne von der gedruckten Linie abzuweichen, wobei von der doppellagigen Komresse nur die obere Schicht geschnitten werden durfte. Die Übung wurde mit einem laparoskopischen Overholt (Endopath, 5 mm Faßzangen, Ethicon Endo-Surgery LLC, Somerville USA) und einer laparoskopischen Schere (Endopath, 5mm Metzenbaumschere, Länge 33 cm, Ethicon Endo-Surgery LLC, Somerville USA) durchgeführt. Dabei wurde der Overholt zum Greifen des Materials mit der nicht dominanten Hand geführt, während die dominante Hand mit der laparoskopischen Schere die Form ausschnitt (siehe Abbildung 8). Das Schneidmaterial wurde vor Beginn einer Wiederholung durch die Probanden eigenhändig gestempelt und eingespannt. Die Schnitte wurden durch die Mitglieder des Studienteams kontrolliert. Für eine genaue Beschreibung des definierten Ablaufes siehe auch <http://www.luebeck-toolbox.com/training.html>.



Abbildung 8: Übung 4 – Dreieckschnitt; Übung im Verlauf

2.2.5 Übung 5 – Hammerschnitt

Lernziele der Übung waren das Erlernen des laparoskopischen Schneidens und die konsequente Ausübung einer korrekten Triangulation bei vermehrter Änderung der Schneiderichtung mit entsprechender Ausrichtung der gebogenen Schere. Zur Durchführung der Übung wurde das gleiche Modul wie in der Übung 4 verwendet. Auch das Vorgehen bei der Vorbereitung und das Material selbst entsprachen dem der Übung 4 (siehe 2.2.4). Bei der auszuschneidenden Form handelte es sich um eine komplexe Figur, die sowohl konvexe, als auch konkave Kurven unterschiedlicher Radien aufwies (Abbildung 9). Für die Form lagen zwei Stempel mit unterschiedlicher Linienbreite von 4 mm und 5 mm vor. Den Probanden wurden abwechselnd die 4 - bzw. 5 mm - Form zugeteilt (siehe 2.5).

Ziel der Übung war es, wie in der vorangegangenen vierten Übung, innerhalb der Zielzeit die Form aus dem Fließmaterial auszuschneiden, ohne von der gedruckten Linie abzuweichen oder die untere Lage der doppelten Komresse zu beschädigen (Abbildung 9). Es wurden die gleichen Instrumente wie in der Übung 4 verwendet. Für eine genaue Beschreibung des definierten Ablaufes siehe auch <http://www.luebeck-toolbox.com/training.html>.

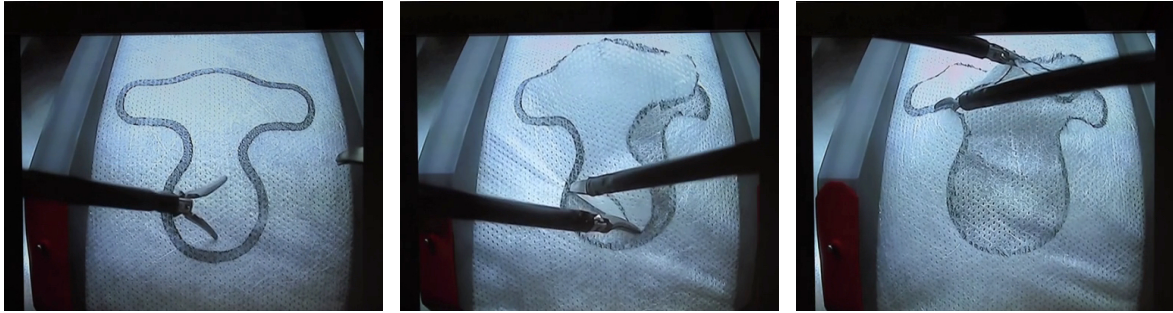


Abbildung 9: Übung 5 – Hammerschnitt; Übung im Verlauf

2.2.6 Übung 6 – Naht

Lernziel der Übung war die komplexe Durchführung einer laparoskopischen Einzelknopfnah mit gegenläufigen Knoten. Vor dem ersten Versuch dieser Übung wurde an einem Hautnaht-Modell durch die Studienleitung kontrolliert, ob die Probanden in der Lage waren, in offener Technik eine Einzelknopfnah sicher durchzuführen. Dadurch wurde gewährleistet, dass die Knotentechnik in der prinzipiellen Durchführung sicher beherrscht wurde. Für diese Übung wurde dasselbe Modul wie in Übung 2 verwendet (siehe 2.2.2). Das Modul wurde für die Übung 6 um 90° gedreht und die Gummibänder entfernt. Es wurde ein mit Filz überzogener Einsatz in die Vertiefung eingelegt. Dieser sollte das Aufnehmen abgelegter Nadeln erleichtern und diente dazu, den Abstand von dem eingespannten Gummizug zur Grundfläche zu verringern. Der Gummizug mit einer Breite von 7mm wurde über die Halterungen der Seiten gespannt. Auf dem Gummizug wurden in 1,5cm Abstand und einer Entfernung von 1/3 der Gummizugbreite zur Oberkante Punkte mit einem Durchmesser von 1,5mm aufgetragen. Diese Punkte wurden so aufgetragen, dass sie sich in einem Abstand von 5cm zur Vorderkante, an einer auf dem Filz markierten Stelle gegenüber lagen.

Ziel der Übung war es, innerhalb der Zielzeit eine laparoskopische Einzelknopfnah durchzuführen, die die Gummizüge an der Markierung vollständig und glatt adaptierte. Die Übung wurde mit zwei laparoskopischen Nadelhaltern (*Ethicon E 0705 R, Ethicon Endo-Surgery LLC, Somerville USA*) und einer laparoskopischen Schere (*Endopath, 5mm Metzenbaumschere, Länge 33 cm, Ethicon Endo-Surgery LLC, Somerville USA*) durchgeführt. Als Nahtmaterial wurde ein geflochtener Faden (*Vicryl, SH Plus 3-0; 26 mm 1/2c, Ethicon Endo-Surgery LLC, Somerville USA*) verwendet. Die Fadenlänge wurde auf

14cm gekürzt. Die Knotentechnik war eine herkömmliche chirurgische Einzelknopfnahrt mit einem ersten doppelten und zwei jeweils gegenläufigen einfachen Knoten.

Für die korrekte und gültige Ausführung musste die markierte Ein- und Ausstichstelle getroffen und der Faden nach erfolgter Naht in einer Länge von 5-10mm abgeschnitten werden. Zudem durfte sich der Knoten unter Zug nicht wieder lösen. Wegen des Verschleißens des Materials wurde nach jeder 5. Wiederholung das Gummi gedreht und eine neue Markierung verwendet. Für eine genaue Beschreibung des definierten Ablaufes siehe auch <http://www.luebeck-toolbox.com/training.html>.

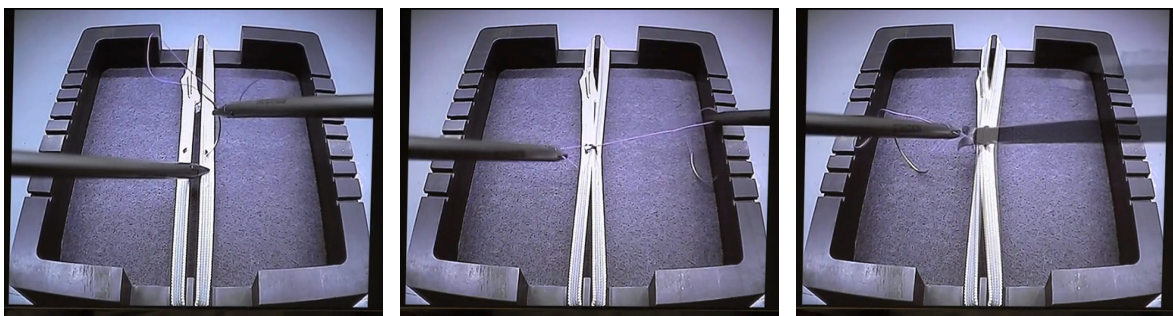


Abbildung 10: Übung 6 – Naht; Übung im Verlauf

2.3 Instruktions- und Lehrvideos

Für jede Übung wurde ein Instruktionsvideo, jeweils getrennt für Links- und Rechtshänder, erstellt, in dem der jeweilige Inhalt und Ablauf, die Regeln und die Zielvorgabe der Übung erläutert wurden. Die Dauer der Instruktionsvideos betrug zwischen 67 und 127 Sekunden (siehe auch <http://www.luebeck-toolbox.com/training.html>).

Zudem wurde zu jeder Übung ein Lehrvideo, jeweils getrennt für Links- und Rechtshänder, erstellt. Die Lehrvideos vermittelten klar vorgegebene Bewegungsabläufe und eine effiziente und technisch saubere Handhabung der Instrumente. Auf die jeweiligen Schwerpunkte der Übung wurde hingewiesen und deren Erlernen konkret vermittelt. Zudem wurde auf Besonderheiten und Feinheiten der jeweiligen Übung eingegangen (Abbildung 11).

Im Curriculum ersetzen die Videos weitestgehend die Anwesenheit eines menschlichen Tutors. Als Nebeneffekt wurde dadurch der Einfluss, subjektiver Hilfestellung und ein daraus entstehender Bias vermieden. Das Ansehen der Lehrvideos war fester Bestandteil des Trainingsablaufs. Sie mussten zu vorgegebenen Wiederholungen repetitiv angeschaut werden (siehe 2.5).



Abbildung 11: Screenshot eines Lehrvideos auf der Lübecker Toolbox-Homepage <http://www.luebeck-toolbox.com/training.html>.

2.4 Expertenlevel und Fehlerscore, Zielvorgabe

Die vorgegebenen Zielzeiten der Übungen sollten von MIC-Anfängern nur durch effizientes und genaues Arbeiten erreicht werden können. Zur Betonung der Präzision wurde zusätzlich ein Fehlerscore eingeführt. Um ein zufälliges Erreichen der Zielvorgabe auszuschließen, galt eine Übung als abgeschlossen, wenn innerhalb von fünf Wiederholungen zwei fehlerfreie Durchführungen in der Zielzeit erreicht werden konnten. Jeder Versuch wurde trotz Fehler oder ohne Erreichen der Zielvorgabe komplettiert und die jeweiligen Zeiten und Fehler eines jeden Versuchs auf den hierfür konzipierten Erfassungsbögen (siehe Anhang: Erfassungsbogen exemplarisch Übung 6) von den Probanden eigenhändig eingetragen. Aus Zielzeiten, dem Fehlerscore und der Wiederholung des Erfolgs ergab sich eine konkrete und standardisierte Zielvorgabe.

2.4.1 Ermittlung des Expertenlevels

Die wesentliche Komponente der Zielvorgabe war die jeweils zu erreichende Zeit. Zur Generierung dieser Zielzeiten für die einzelnen Übungen wurden Werte von n=15 laparoskopisch extrem erfahrenen Chirurginnen und Chirurgen aus unterschiedlichen Kliniken in ganz Deutschland erhoben (*Expertenkollektiv, siehe Tabelle 1*). Einschlusskriterien waren ein Minimum von 500 laparoskopischen Eingriffen sowie die Durchführung laparoskopischer Operationen mehrmals wöchentlich. Die Übungen 1 bis 5 wurden von dem Expertenkollektiv an dem Box-Trainer der Lübecker Toolbox unter den gleichen Rahmenbedingungen bezüglich Setup, ohne weitere Hilfestellung - um einen Bias durch unterschiedlich intensives Feedback von Instruktoren zu vermeiden - durchgeführt, wie sie auch in der nachfolgenden Validierungsstudie herrschten. Die Inhalte der Übungen und die entsprechenden „Spielregeln“ wurden im Vorfeld ausführlich erläutert. Die Übung 5 wurde mit der Form einer Linienbreite von 4 mm durchgeführt. Jede der Übungen wurde siebenmal wiederholt. Die Generierung des Expertenlevels erfolgte, indem der Mittelwert der jeweiligen Bestzeiten aller Teilnehmer errechnet wurde (*siehe 3.1.1*).

Für die Übung 6 - Naht wurde auf die Erhebung der Zeiten durch das Expertenkollektiv verzichtet, da unterschiedliche Techniken zur Durchführung einer Einzelknopfnah existieren, welche nicht als vergleichbar angesehen wurden. Die für die Übung 6 vorausgesetzte Nahttechnik der laparoskopischen Einzelknopfnah wurde im Verlauf der Evaluierung und Entwicklung der Übungen der Lübecker Toolbox festgelegt. Diese Nahttechnik entspricht dem Lehrkatalog der Klinik für Chirurgie des UKSH Campus Lübeck und wird in gleicher Technik auch intraoperativ angewandt und geschult. Diese Zielzeit wurde aus einer vorangegangenen Studie mit bisher unveröffentlichtem Manuskript übernommen, bei der in gleicher Technik eine Einzelknopfnah von n=36 Probanden an einem vergleichbaren Box-Trainer durchgeführt worden war [57]. Aus den dort erhobenen Daten wurden Lernkurven erstellt und zur Generierung der Zielzeit für die vorliegende Validierungsstudie die jeweiligen Bestzeiten der 36 Probanden gemittelt.

Nr.	Teilnehmer	Ort
1	T. K.	Lübeck
2	C.G. B.	Lübeck
3	M. K.	Lübeck
4	K. K.	Lübeck
5	G. H.	Lübeck
6	P. H.	Neustadt
7	T. J.	Bad Oldesloe
8	C. B.	Berlin
9	E. S.	Lübeck
10	K. L.	Rostock
11	T. C.	Bremen
12	M. S.	Berlin
13	R. K.	Bad Segeberg
14	C. W.	Krefeld
15	C.T. G.	Würzburg

Tabelle 1: Auflistung der MIC erfahrenen Chirurginnen und Chirurgen - Expertenkollektiv.

2.4.2 Fehlerscore

Für jede der Übungen wurden klare Vorgaben bzw. „Spielregeln“ zum Ablauf der Übungen festgelegt und in einem Fehlerscore festgehalten, um die Präzision in der Zielvorgabe zu berücksichtigen. Jeder Verstoß gegen diese Vorgaben wurden als Fehler gewertet und mit einem Zeitaufschlag geahndet, welcher zu der benötigten Zeit addiert werden musste.

Aus logistischen Gründen galt für den Ablauf der Studie lediglich eine fehlerfreie Durchführung in der vorgegebenen Zielzeit als Erfüllung der Zielvorgabe. Alle entstandenen Fehler wurden auf den Erfassungsbögen notiert und nachträglich mit den Ausgangszeiten verrechnet. Die so ermittelten Werte wurden im Vergleich zu den Werten ohne Berücksichtigung des Fehlerscores betrachtet und sind unter den Ergebnissen aufgeführt.

Übung 1: Pro Hülse, die fallen gelassen wurde und nicht wieder aufgehoben werden konnte, da sie aus dem Sichtfeld gefallen war, wurde ein Zeitaufschlag von 10 Sekunden erhoben.

Übung 2: Pro Webfehler, der nicht aufgefallen und korrigiert worden war, wurde ein Zeitaufschlag von 10 Sekunden erhoben. Sich aus einem Fehler ergebende Folgefehler wurden nicht mit weiteren Zeitaufschlägen geahndet, sofern die abwechselnde Reihenfolge ab dem Zeitpunkt des Fehlers korrekt fortgeführt wurde.

Übung 3: Pro Hülse, die fallen gelassen wurde und nicht wieder aufgehoben werden konnte, da sie aus dem Sichtfeld herausgefallen war, wurde ein Zeitaufschlag von 25 Sekunden erhoben.

Übung 4 und 5: Für jede Abweichung von der Linie oder die Beschädigung der unteren Schicht wurde ein Zeitaufschlag von jeweils 10 Sekunden erhoben.

Übung 6: Es mussten die markierten Ein- und Ausstichstellen getroffen und die korrekte Knotentechnik angewendet werden. Der Knoten musste die Gummis unter Zug plan miteinander verbinden. Das Abtrennen des restlichen Fadens musste in einem Abstand von 5-10mm erfolgen. Jedes Abweichen von diesen Vorgaben resultierte in einem Zeitaufschlag von jeweils 10 Sekunden.

2.5 Ablauf Studie

Für die Studie wurden n=30 Probanden rekrutiert. Einschlusskriterien waren eine gültige Immatrikulation im Studiengang der Humanmedizin an der Universität zu Lübeck, die Studierenden mussten mindestens im 2. klinischen Semester sein und nachweislich Erfahrung mit der Durchführung einer chirurgischen Einzelknopfnahse haben (Nahtkurs im chirurgischen Blockpraktikum, Praxis während einer Famulatur oder im Praktischen Jahr). Ausschlusskriterium war eine weitergehende Erfahrung in den Basisfertigkeiten der minimal-invasiven Chirurgie, wobei die durchschnittliche Erfahrung durch Blockpraktikum, Famulatur und Praktisches Jahr kein Ausschlusskriterium darstellte.

Die Rekrutierung erfolgte stratifiziert nach dominanter Hand und Geschlecht. Der Anteil an Linkshänderinnen und Linkshändern betrug insgesamt 10% (n=3). Das

Geschlechterverhältnis weiblich zu männlich lag bei 60:40 % (w=18:m=12). Von allen Probanden lag eine unterschriebene Einverständniserklärung zur Studienteilnahme vor. Vor Beginn und nach Abschluss des Curriculums führten die Probanden eine Cholezystektomie an einem Organpaket durch (siehe 2.6) und füllten einen standardisierten Fragebogen aus (siehe 2.5.1 und Abbildung 12). Jeder Proband absolvierte 7 Übungseinheiten pro Woche an der Lübecker Toolbox. Die Übungseinheiten betrug jeweils 30 Minuten. Zwischen 2 Übungseinheiten durften maximal 72 Stunden liegen. Pro Tag wurden maximal drei Übungseinheiten absolviert. Hierbei musste zwischen den ersten beiden Übungseinheiten eine Pause von mindestens 15 Minuten, zwischen der zweiten und dritten Übungseinheit eine Pause von mindestens 60 Minuten eingehalten werden. Die Datengrundlage hierzu lieferte eine vorangegangene Studie mit n=36 Probanden [56, 58].

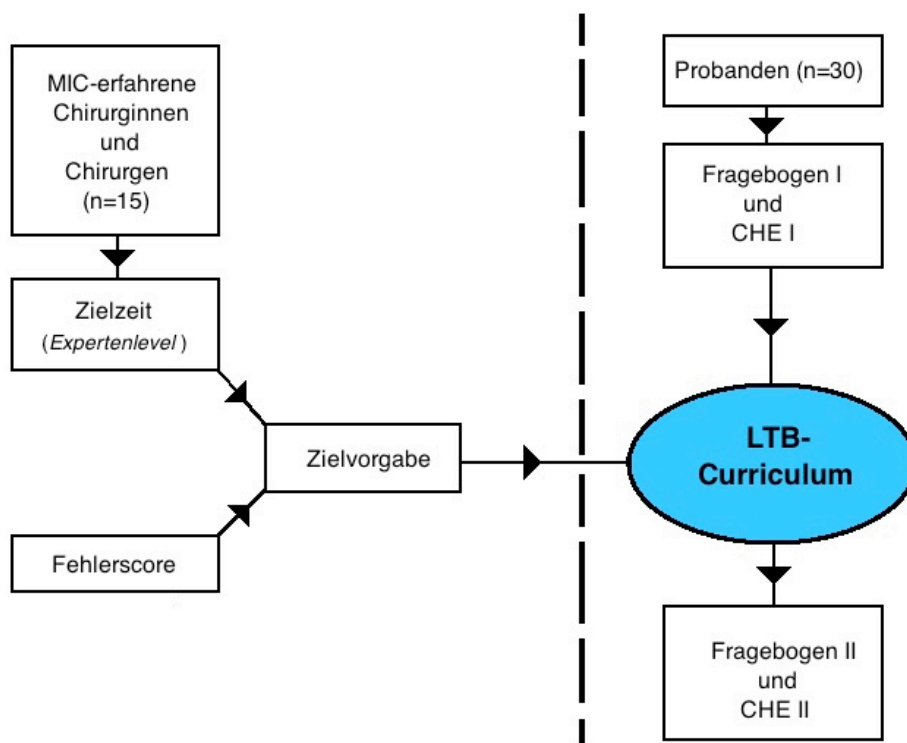


Abbildung 12: Studienablauf; Der linke Teil der Grafik gibt die Ermittlung der Zielzeit, der rechte Teil die Validierungsstudie und die Übertragbarkeit des Übungseffektes auf eine realitätsnahe Umgebung wider; CHE=Cholezystektomie

Der Beginn der jeweils nächsten Übung erfolgte erst, wenn die vorherige Übung abgeschlossen war. Als abgeschlossen galt eine Übung, wenn innerhalb von fünf Wiederholungen zwei fehlerfreie Durchführungen in der jeweiligen Zielzeit erreicht wurden oder 84 Versuche ohne Erreichen der Zielvorgabe durchgeführt worden waren. Nach Erreichen der Zielvorgabe wurden 10 weitere Wiederholungen durchgeführt mit der Vorgabe, die Zeit weiter zu verbessern.

Vor Beginn jeder neuen Übung wurde das entsprechende Instruktionsvideo mindestens einmal angesehen, auf Wunsch auch mehrmals (*siehe 2.2*). Gegebenenfalls wurden Erläuterungen bezüglich der Regeln zu den Übungen durch die Studienbetreuung gegeben. Zu festgelegten Wiederholungen schauten die Probanden die Lehrvideos (*siehe 2.3*). Diese mussten vor Beginn einer jeweils neuen Übung und nach der 5., 10., 15., 20. und nach jeder weiteren 10. Wiederholung angesehen werden. Auf Wunsch konnten die Lehrvideos auch mehrmals nacheinander und zusätzlich zwischen den festgelegten Abständen angesehen werden.

Die Zeiten wurden durch die Probanden eigenständig mittels einer herkömmlichen digitalen Stoppuhr gemessen und zusammen mit der Anzahl der etwaigen Fehler auf den Erfassungsbögen notiert (*siehe Anhang: Erfassungsbogen exemplarisch Übung 6*).

Für die Übung 5 (*siehe 2.2.5*) wurde das Probandenkollektiv in zwei gleich große Gruppen aufgeteilt. Dafür wurden die Probanden nach Beendigung der vorherigen Übung, abwechselnd der Gruppe A bzw. Gruppe B zugeteilt. Auf diese Weise wurde sichergestellt, dass die Studienleitung keinen Einfluss auf die Einteilung nehmen konnte. In der Gruppe A betrug die Linienbreite 4mm, in der Gruppe B 5mm.

2.5.1 Fragebögen

Vor Beginn und nach Abschluss des Lübecker Toolbox-Curriculums füllten die Probanden jeweils einen Fragebogen aus. Im ersten Abschnitt des Fragebogens 1, vor Beginn der Studie, wurden fünf Parameter zur Person und dem Status des Studiums erhoben. Im Weiteren wurden 11 Fragen zum Interesse, der Motivation und den Erfahrungen in der Chirurgie allgemein und der minimal-invasiven Chirurgie im speziellen gestellt. Zudem war eine Frage bezüglich der Erfahrung mit PC-Spielen und Spielekonsolen mit Joystick und/oder Joypad zu beantworten.

Nach Vollendung des Curriculums und abschließender Cholezystektomie am Organpaket wurden im Fragebogen 2 nochmals sieben Fragen zu verschiedenen Kategorien am Interesse der Chirurgie und je zwei Fragen die einzelnen Übungen und Lehrvideos betreffend gestellt. Zudem waren vier Fragen bezüglich des Praktizierens eines Musikinstruments zu beantworten. Die Antworten wurden durch visuelle Analogskalen (VAS, Werte 1-10), mittels anzukreuzender Kästchen oder als Freitext festgehalten.

2.6 Cholezystektomie am Organpaket

Vor Beginn, in einem Zeitraum von 72 Stunden vor der ersten Übungseinheit und nach Abschluss des Curriculums, innerhalb von 72 Stunden nach der letzten Übungseinheit, führten die Probanden eine Cholezystektomie an einem Organmodell durch. Dafür wurden frische Schweinelebern (von der Sau oder dem Ferkel) mit in-situ befindlicher Gallenblase und Gallengangssystem über einen Schlachthof (*Hans Schacht GmbH, Bad Oldesloe, Deutschland*) bezogen. Die Organmodelle wurden auf einer Styroporunterlage mit dem Gallengangssystem schräg auf den Operateur zulaufend fixiert und zentral in einem Box-Trainer der Lübecker Toolbox positioniert. Alle Probanden wurden durch ein edukatives, eigens hierfür erstelltes Instruktionsvideo über die Cholezystektomie instruiert, wodurch eine Standardisierung in der Anleitung gewährleistet war. Das Video-Tutorial wurde von den Probanden jeweils unmittelbar vor der Operationssimulation mindestens einmal, auf Wunsch auch mehrmals angeschaut.

Im Beisein eines mit dieser Operation vertrauten Chirurgen wurde die Cholezystektomie durchgeführt und zur späteren Auswertung pseudonymisiert Video-dokumentiert. Die verbale oder gar manuelle Hilfestellung war streng limitiert, um einen potentiellen Bias zu minimieren. Zudem wurde anhand einer visuellen Skala von 1-10 das subjektiv empfundene Stresslevel erfasst.

Die verblindeten Videos wurden von zwei unabhängigen, erfahrenen Chirurgen nach Abschluss der Studie ausgewertet. Für die Bewertung der Cholezystektomien wurde der Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills – Score (*GOALS-Score*) angewandt (*siehe 2.6.1*).

2.6.1 GOALS-Score

Der GOALS-Score ist ein vom Steinberg-Bernstein Centre for Minimally Invasive Surgery des McGill University Health Centre in Montréal und dem Department of Social and Preventive Medicine der Université de Montréal, Kanada, entwickeltes und validiertes Bewertungssystem für operative Fähigkeiten in der minimal-invasiven Chirurgie. Der GOALS-Score erfasst 5 unterschiedliche Dimensionen psychomotorischer Fähigkeiten [37, 104, 105]. Bewertet werden die Tiefenwahrnehmung, die bimanuelle Geschicklichkeit, die Effektivität der Bewegungen, der Umgang mit dem Gewebe und den laparoskopischen Instrumenten sowie die Autonomie während des Eingriffs [37, 104]. Jede Kategorie wird mit 1 bis 5 Punkten bewertet. Diese werden für den Gesamtscore addiert, so dass maximal 25 Punkte erreicht werden können. (Siehe Anhang: GOALS-Score)

2.7 Statistik

Für die Auswertung wurden die schriftlich erhobenen Daten in digitale Datenbanken des Programms, Microsoft Excel[®] (Microsoft Corporation; Redmond, USA) übertragen. Alle angegebenen Werte verstehen sich als Mittelwert +/- Standardabweichung bzw. Median mit Angabe der Range.

Die Statistische Auswertung der im Rahmen der Studie erhobenen Daten erfolgte mit Hilfe der Software SPSS[®] (SPSS Inc., IBM Corpoartion; Chicago, Illinois, USA). Für die erhobenen Daten wurde ein Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$ für signifikante Daten festgelegt. Die Prüfung der Signifikanzen erfolgte anhand des Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben und dem Wilcoxon-Vorzeichenrangtest bei verbundenen Stichproben.

3 Ergebnisse

3.1 Bestimmung des Expertenlevels

Als Grundlage der Zielvorgabe wurden Mittelwerte der Zeiten, die ein Kollektiv erfahrener Chirurginnen und Chirurgen (Expertenkollektiv) zur Durchführung der Übungen benötigten als Expertenlevel herangezogen. Zur Erhebung dieses Expertenlevels wurden die jeweiligen Bestzeiten aus 7 Versuchen des Expertenkollektivs gemittelt (*siehe auch 2.4.1*). Für die Übungen 3, 4 und 5 konnten lediglich von 14 der 15 Experten die Durchführung der Übungen festgehalten werden. Für die Übung 6 wurde auf die Erhebung der Zeiten durch die erfahrenen Chirurginnen und Chirurgen verzichtet, da unterschiedliche Techniken zur Durchführung einer Einzelknopfnah existieren. Diese Zielvorgabe wurde aus einer vorangegangenen Studie mit bisher unveröffentlichtem Manuskript übernommen, bei der in gleicher Technik eine Einzelknopfnah von n=36 Probanden an einem vergleichbaren Box-Trainer durchgeführt worden war.

In der *Tabelle 2* sind für die fünf Übungen die jeweiligen Mittelwerte der Bestzeiten mit den entsprechenden Standardabweichungen aufgeführt. Zudem sind die Mediane der Versuchsnummern, bei der diese Bestzeit erzielt wurde, aufgeführt. Zum Zeitpunkt des Beginns der Studie mit den MIC unerfahrenen Probanden waren noch nicht alle Daten der Experten erhoben. Aus zeitlichen und logistischen Gründen wurde die Studie mit den bis dahin erhobenen (n=12) Mittelwerten der Bestzeiten durchgeführt. Demnach weichen die Zielzeiten, die in der Studie vorgegeben wurden, von denen der in Spalte 3 - *Tabelle 2* aufgeführten endgültigen Auswertung geringfügig ab und sind daher separat in der letzten Spalte - *Tabelle 2* aufgeführt. Bei den beiden Schneidübungen, Übung 4 und 5, wurden von den erfahrenen Chirurginnen und Chirurgen nicht alle Versuche fehlerfrei durchgeführt. Hier wurden die Zeiten von drei fehlerhaften Versuchen in das Expertenlevel einbezogen, um vergleichbar viele Werte einfließen lassen zu können. Dies betraf sowohl die Beschädigung der unteren Materiallage, als auch das Verlassen der vorgegebenen Linie.

	Anzahl der Probanden	Mittelwert der Zielzeit [sec. (\pm Stabw)]	Median der Wiederholung [n (range)]	Studien Zielzeit [sec]
Übung 1	15	72,8 (\pm 7,6)	7 (4-7)	72
Übung 2	15	47,4 (\pm 9,1)	6 (3-7)	49
Übung 3	14	72,4 (\pm 9,5)	6 (3-7)	66
Übung 4	14	88 (\pm 29)	5,5 (1-7)	89
Übung 5	14	140 (\pm 40,4)	5 (1-7)	138
Übung 6	(36)	-	-	98

Tabelle 2: Expertenlevel. Stabw=Standardabweichung, sec = Sekunden.

3.2 Lernkurven und Validierung der Zielvorgabe

Die während der Studie auf den Erfassungsbögen (siehe Anhang: Erfassungsbogen exemplarisch Übung 6) notierten Zeiten und Fehler wurden in Excel[®]-Tabellen (Microsoft Corporation; Redmond, USA) übertragen. Aus den Mittelwerten mit entsprechender Standardabweichung jeder Wiederholung wurden Lernkurven für jede der sechs Übung erstellt (siehe 1.4 und Abbildung 13-19). Hierfür wurde die jeweils benötigte Zeit gegen die Anzahl der Wiederholungen aufgetragen. In den Abbildungen ist das jeweils vorgegebene Expertenlevel als Zielzeit und die durchschnittliche Wiederholungsanzahl bis zum Erreichen der Zielvorgabe graphisch dargestellt.

3.2.1 Lernkurve Übung 1

Zu Beginn der Lernkurve lag die benötigte Zeit bei der ersten Durchführung im Mittel bei 195 (\pm 39) sec. Die Differenz zwischen dem Mittelwert der benötigten Zeit zu Beginn der Übung und der Zielzeit betrug 123 sec. Die Probanden benötigten zum Erreichen der Zielvorgabe im Median 42 (Range 7-80) Wiederholungen (Abbildung 13).

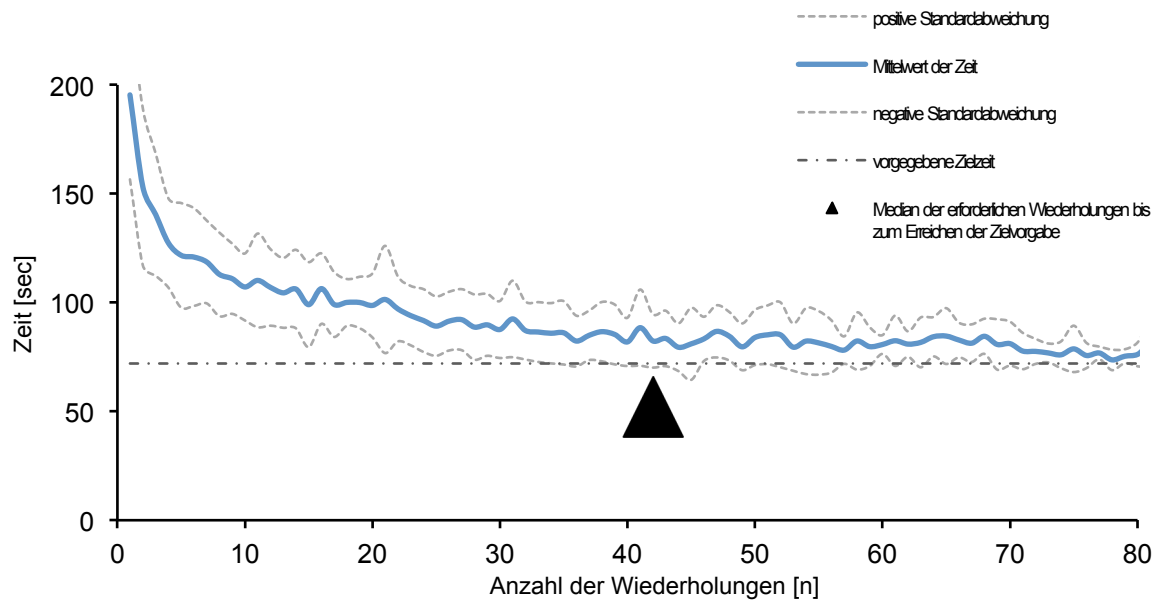


Abbildung 13: Lernkurve Übung 1 – Kofferpacken; Die mittlere Kurve zeigt den Mittelwert der benötigten Zeit aller Probanden auf der Y-Achse gegen die Anzahl der Wiederholungen auf der X-Achse; sec = Sekunden; n = Anzahl. In der Abbildung schneidet der Mittelwert die Zielzeit nicht, da diejenigen Probanden, die die Zielvorgabe erreicht hatten, im weiteren Verlauf der Kurve nicht mehr berücksichtigt wurden, bzw. sich nach Erreichen der Zielvorgabe die Zeit nicht weiter verbessert hat.

Von keinem Probanden wurde im Falle eines Fehlers mit entsprechendem Zeitaufschlag bei einer Wiederholung die Zielvorgabe erreicht. Daher weist die Lernkurve den gleichen Verlauf auf wie unter Berücksichtigung des Fehlerscores und es wird hier auf die zusätzliche graphische Darstellung verzichtet.

3.2.2 Lernkurve Übung 2

Zu Beginn der Lernkurve lag die benötigte Zeit bei der ersten Durchführung im Mittel bei 124 (± 31) sec. Die Differenz zwischen dem Mittelwert der benötigten Zeit zu Beginn der Übung und der Zielzeit betrug 75 sec. Die Probanden benötigten zum Erreichen der Zielvorgabe im Median 26 (9-55) Wiederholungen (*Abbildung 14*).

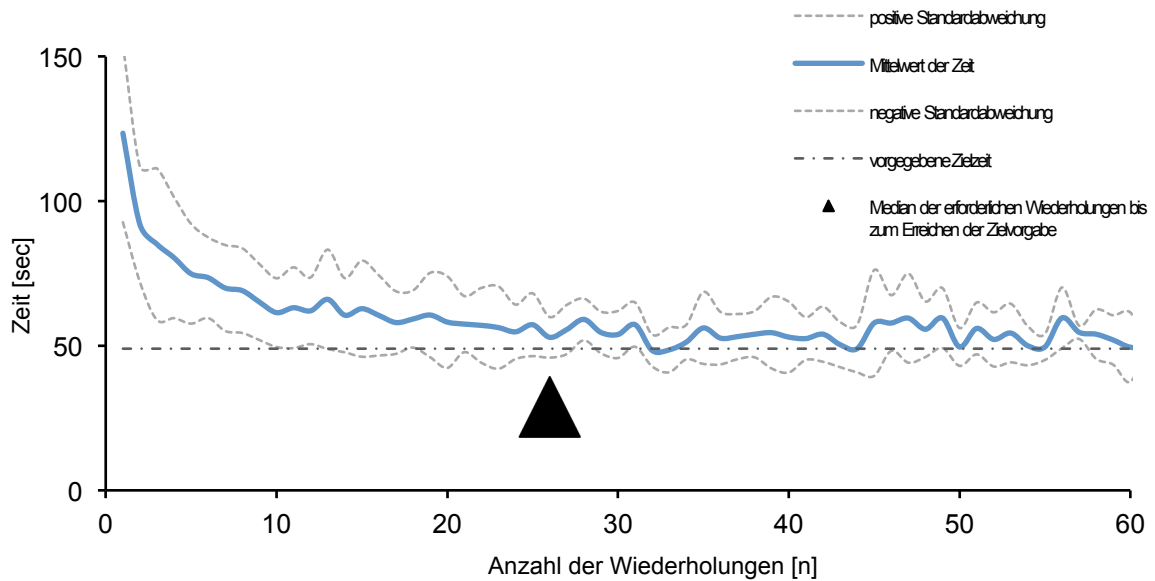


Abbildung 14: Lernkurve Übung 2 – Weben; Die mittlere Kurve zeigt den Mittelwert der benötigten Zeit aller Probanden auf der Y-Achse gegen die Anzahl der Wiederholungen auf der X-Achse; sec = Sekunden; n = Anzahl.

Von nur einem Probanden wurde während einer Wiederholung die Zielvorgabe trotz eines Fehlers mit entsprechendem Zeitaufschlag erreicht. Daher weist die Lernkurve den gleichen Verlauf auf wie unter Berücksichtigung des Fehlerscores und es wird hier auf die zusätzliche graphische Darstellung verzichtet.

3.2.3 Lernkurve Übung 3

Zu Beginn der Lernkurve lag die benötigte Zeit bei der ersten Durchführung im Mittel bei 143 (± 26) sec. Die Differenz zwischen dem Mittelwert der benötigten Zeit zu Beginn der Übung und der Zielzeit betrug 77 sec. Die Probanden benötigten zum Erreichen der Zielvorgabe im Median 32 (14-77) Wiederholungen (Abbildung 15).

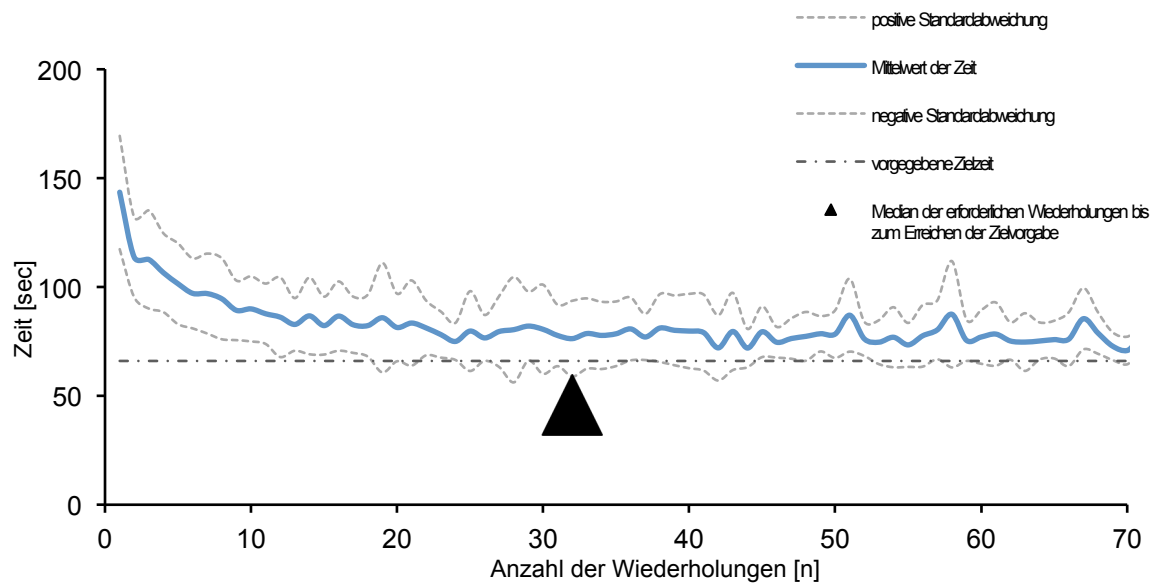


Abbildung 15: Lernkurve Übung 3 – Gummitwist; Die mittlere Kurve zeigt den Mittelwert der benötigten Zeit aller Probanden auf der Y-Achse gegen die Anzahl der Wiederholungen auf der X-Achse; sec = Sekunden; n = Anzahl.

Von keinem Probanden wurde im Falle eines Fehlers mit entsprechendem Zeitaufschlag bei einer Wiederholung die Zielvorgabe erreicht. Daher weist die Lernkurve den gleichen Verlauf auf wie unter Berücksichtigung des Fehlerscores und es wird hier auf die zusätzliche graphische Darstellung verzichtet.

3.2.4 Lernkurve Übung 4

Zu Beginn der Lernkurve lag die benötigte Zeit bei der ersten Durchführung im Mittel bei 243 (± 75) sec. Die Differenz zwischen dem Mittelwert der benötigten Zeit zu Beginn der Übung und der Zielzeit betrug 154 sec. Die Probanden benötigten zum Erreichen der Zielvorgabe im Median 43,5 (15-59) Wiederholungen (Abbildung 16a).

In der unteren Abbildung ist die Lernkurve unter Berücksichtigung des definierten Fehlerscores dargestellt (Abbildung 16b; siehe auch 2.4.2). Die Kurven unterschieden sich geringfügig voneinander. Unter diesem Aspekt benötigten die Probanden zum Erreichen der Zielvorgabe im Median 42 (15-59) Wiederholungen.

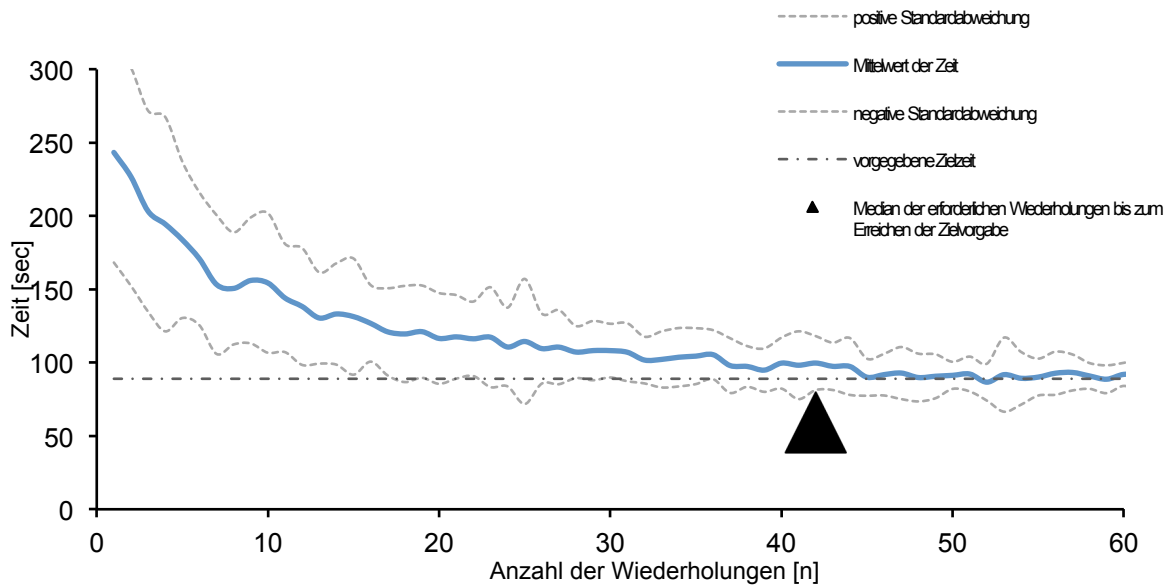


Abbildung 16a: Lernkurve Übung 4 – Dreieckschnitt; Die mittlere Kurve zeigt den Mittelwert der benötigten Zeit aller Probanden auf der Y-Achse gegen die Anzahl der Wiederholungen auf der X-Achse; sec = Sekunden; n = Anzahl.

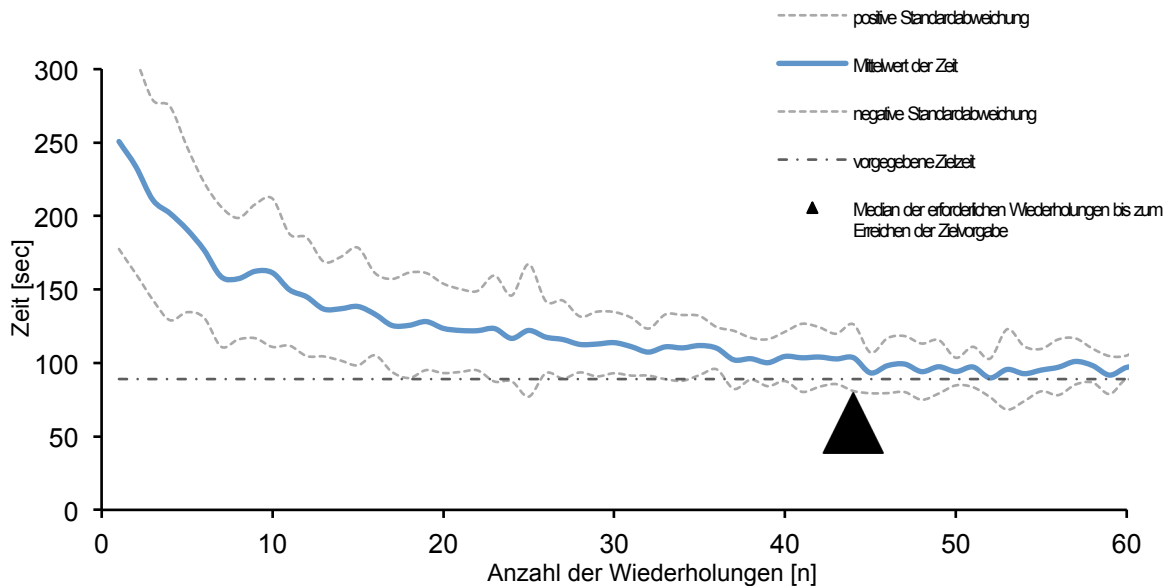


Abbildung 16b: Lernkurve Übung 4 – Dreieckschnitt unter Einbeziehung des Fehlerscores; Erläuterung und Legende siehe Abbildung 16a.

3.2.5 Lernkurve Übung 5

Zu Beginn der Lernkurve lag die benötigte Zeit bei der ersten Durchführung der Gruppe A (4mm Linienbreite) im Mittel bei 203 (± 42) sec. und in der Gruppe B (5mm Linienbreite) im Mittel bei 180 (± 42) sec. Die Differenz zwischen dem Mittelwert der benötigten Zeit zu Beginn der Übung und der Zielzeit betrug bei der Gruppe A 65 sec., bei der Gruppe B 42 sec. (Abbildung 17a und b). In der Gruppe A (4mm Linienbreite) benötigten die 15 Probanden zum Erreichen der Zielvorgabe im Median 19 (6-68) Wiederholungen. In der Gruppe B (5mm Linienbreite) waren es im Median 10 (4-30) Wiederholungen bis zum Erreichen der Zielvorgabe. Der Unterschied war mit $p=0.0143$ statistisch signifikant.

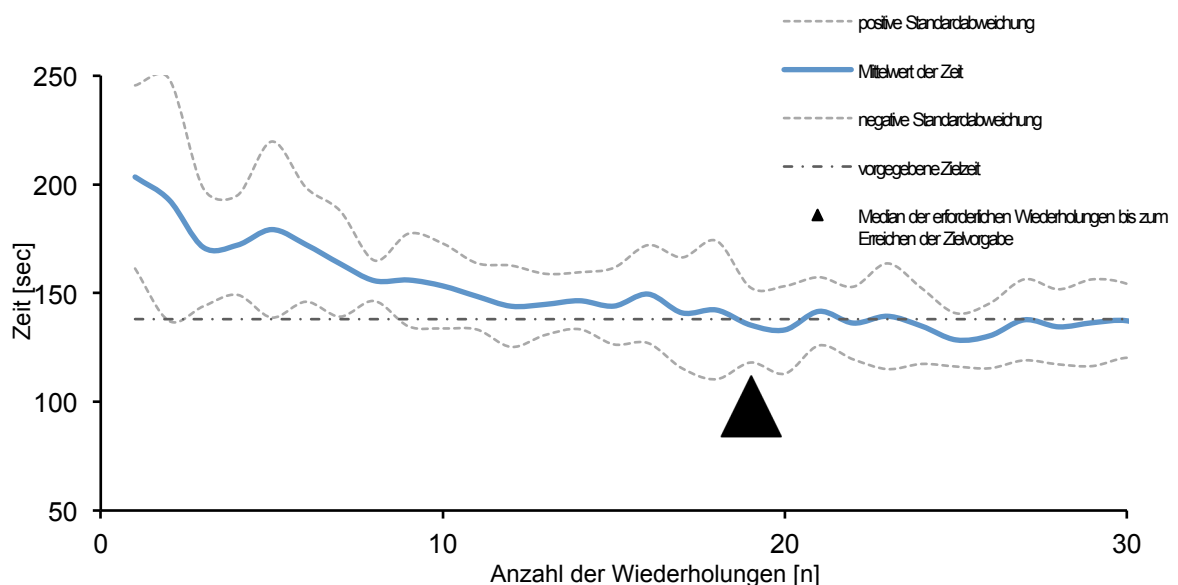


Abbildung 17a: Lernkurve Übung 5 – Hammerschnitt Gruppe A (4mm Linienbreite); Die mittlere Kurve zeigt den Mittelwert der benötigten Zeit aller Probanden auf der Y-Achse gegen die Anzahl der Wiederholungen auf der X-Achse; sec = Sekunden; n = Anzahl.

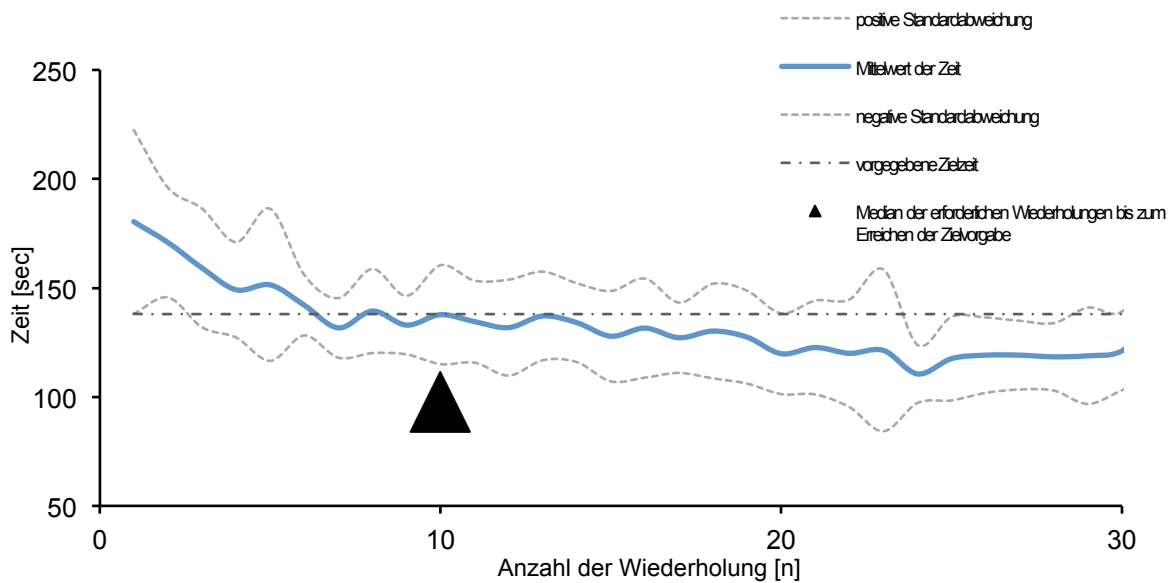


Abbildung 17b: Lernkurve Übung 5 – Hammerschnitt Gruppe B (5mm Linienbreite);
Erläuterung und Legende siehe Abbildung 17a.

In der *Abbildung 18* ist die Lernkurve unter Berücksichtigung des definierten Fehlerscores des Gesamtkollektivs ($n=30$) dargestellt (siehe 2.4.2). Auf die separate Darstellung der beiden Gruppen wurde hier verzichtet. Betrachtet man dennoch beide Gruppen getrennt, benötigten die Probanden unter Berücksichtigung des Fehlerscores zum Erreichen der Zielvorgabe in der Gruppe A (4mm Linienbreite) im Median 16 (6-42) Wiederholungen und in der Gruppe B im Median 8 (3-26) Wiederholungen bis zum Erreichen der vorgegebenen Zielzeit.

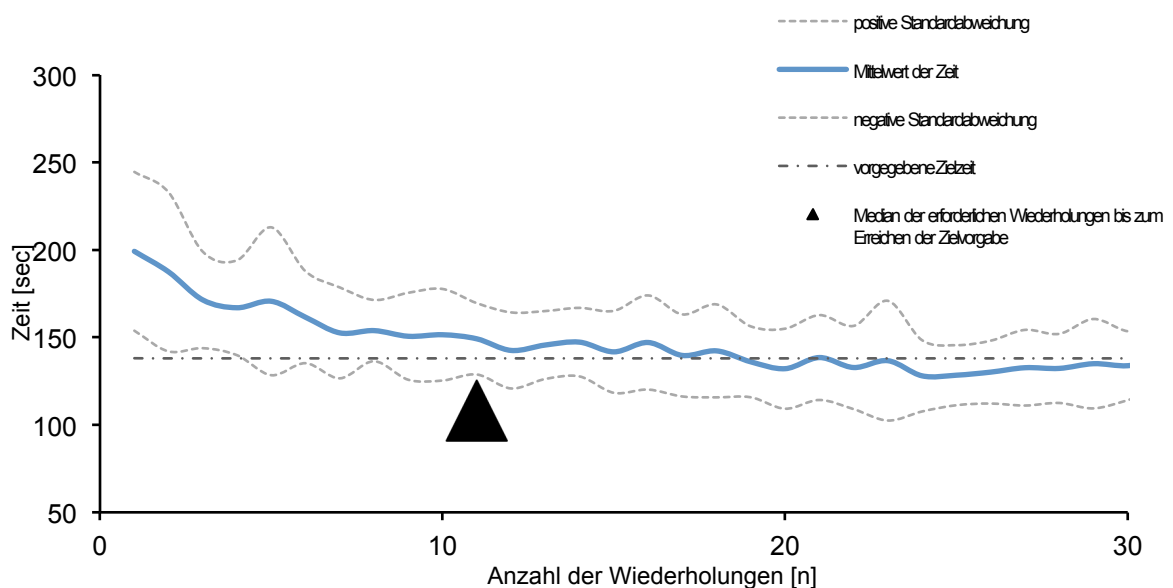


Abbildung 18: Lernkurve Übung 5 – Hammerschnitt unter Einbeziehung des Fehlerscore;
Erläuterung und Legende siehe Abbildung 17a.

Im Median benötigte das Gesamtkollektiv aller 30 Probanden lediglich 12,5 (4-68) Wiederholungen um die Zielvorgabe zu erreichen. Auf die Darstellung einer Lernkurve des gesamten Kollektivs wurde verzichtet, da die Lernkurven der Gruppen A und B sehr ähnliche Inhalte wider spiegeln (siehe Abbildung 17 a und b).

3.2.6 Lernkurve Übung 6

Zu Beginn der Lernkurve lag die benötigte Zeit bei der ersten Durchführung im Mittel bei 434 (± 160) sec. Die Differenz zwischen dem Mittelwert der benötigten Zeit zu Beginn der Übung und der Zielzeit betrug 336 sec. Die Probanden benötigten zum Erreichen der Zielvorgabe im Median 26 (15-60) Wiederholungen. Von keinem Probanden wurde im Falle eines Fehlers mit entsprechendem Zeitaufschlag bei einer Wiederholung die Zielvorgabe erreicht. Daher weist die Lernkurve den gleichen Verlauf auf wie unter Berücksichtigung des Fehlerscores und es wird hier auf die zusätzliche Darstellung dieser Lernkurve verzichtet.

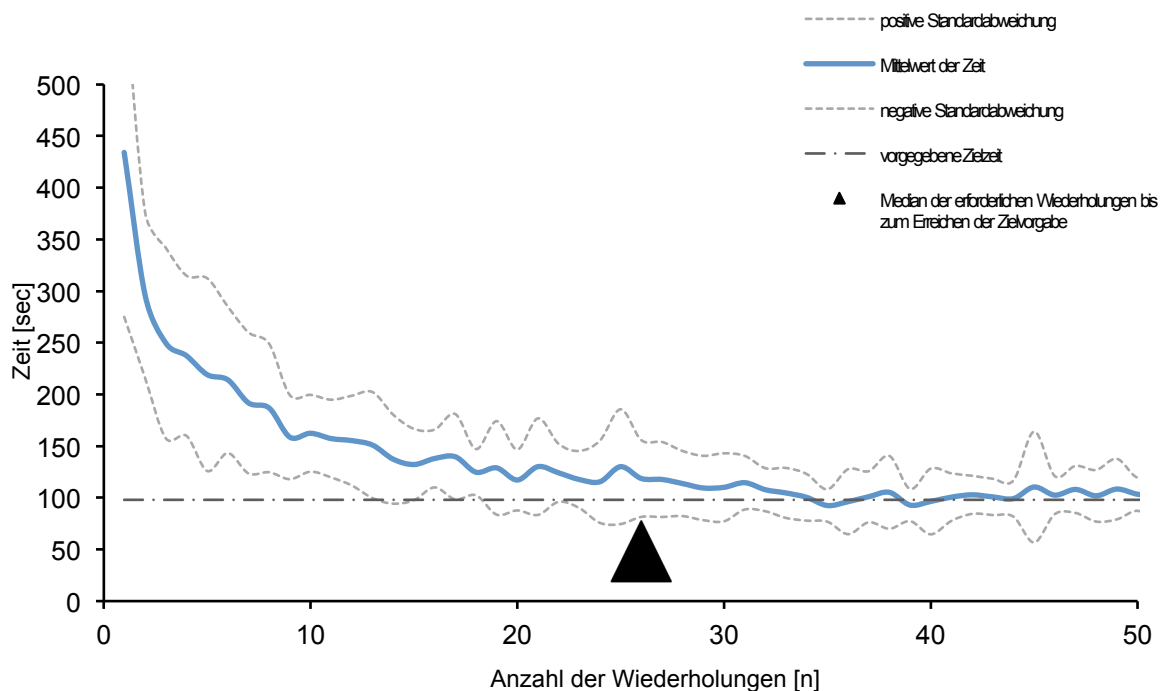


Abbildung 19: Lernkurve Übung 6 – Naht; Die mittlere Kurve zeigt den Mittelwert der benötigten Zeit aller Probanden auf der Y-Achse gegen die Anzahl der Wiederholungen auf der X-Achse; sec = Sekunden; n = Anzahl.

3.2.7 Präzision

In der folgenden Abbildung sind zur Darstellung der Präzision die Fehler aller Probanden für die einzelnen Übungen dargestellt (siehe Abbildung 20). Dafür wurden die Fehler von jeweils 10 Wiederholungen aller Probanden für die jeweilige Übung addiert und auf der Y-Achse gegen die Anzahl der Wiederholungen auf der X-Achse aufgetragen. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass sich parallel zur Zunahme der Geschwindigkeit (Abbildung 13-19) auch die Präzision deutlich verbesserte. Dies zeigt sich graphisch insbesondere für diejenigen Übungen, für die eine detaillierte Ermittlung der Präzision definiert und möglich war (siehe Abbildung 20).

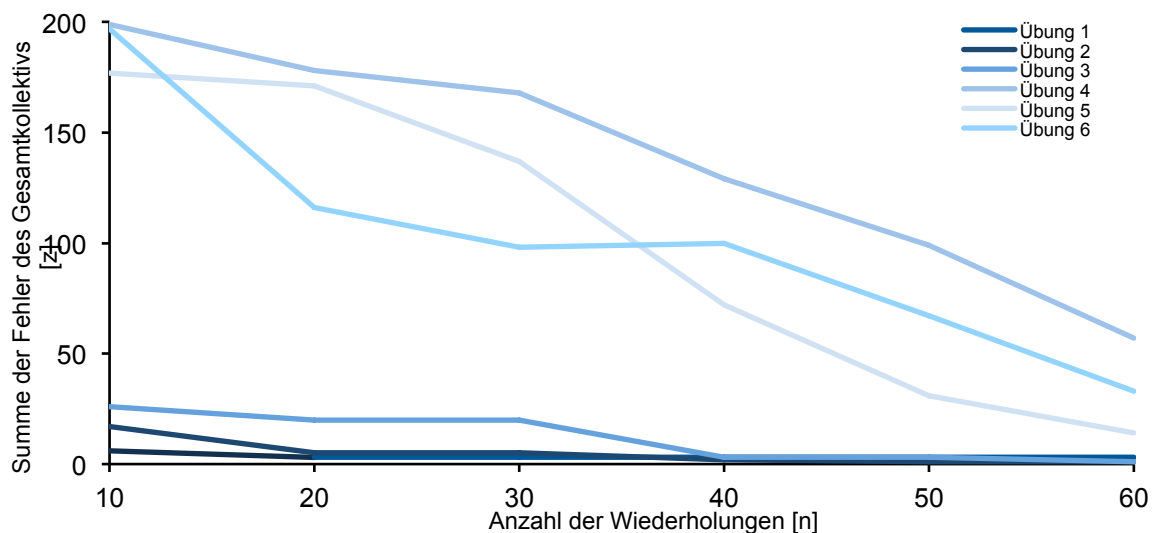


Abbildung 20: Präzision - im Verlauf der Übungen; Die Kurven zeigen die Summe der Fehler des Gesamtkollektivs von jeweils 10 Wiederholungen auf der Y-Achse gegen die Anzahl der Wiederholungen auf der X-Achse für die Übungen 1-6; z = Anzahl; n = Anzahl.

3.3 Dauer des Curriculums

Für das Durchlaufen des gesamten Curriculums benötigten die Probanden im Mittel 36,3 ($\pm 6,5$) Übungseinheiten à 30 Minuten. Bei 7 Übungseinheiten wöchentlich ergibt dies im Mittel 5,2 ($\pm 0,9$) Wochen. Das Ansehen der Lehrvideos und die Vorbereitungen der Übungsdurchläufe, wie beispielsweise das Stempeln und Einspannen des Schneidmaterials oder das Sortieren der Hülsen, war in der Zeitdauer der

Übungseinheiten enthalten. In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse bezogen auf die erforderliche Anzahl der Wiederholungen, die Dauer und das Ausmaß der Verbesserung während des Curriculums angegeben (*siehe Tabelle 3*).

	erforderliche Wdh. bis zum Erreichen der Zielvorgabe [Median n (Range)]	benötigte Übungseinheiten à 30 Minuten [Median n (Range)]	benötigte Zeit bei der ersten Wiederholung [MW sec. (±Stabw.)]	Experten-level/ Zielzeit [sec.]	Differenz benötigte Zeit der ersten Wiederholung* und der Zielzeit [sec.]
Übung 1	42 (7-80)	7,9 (1,3-15,1)	195 (±39)	72	123
Übung 2	26 (9-55)	4,9 (1,7-10,4)	124 (±31)	49	75
Übung 3	32 (14-77)	6 (2,6-14,5)	143 (±26)	66	77
Übung 4	43,5 (15-59)	8,2 (2,8-11,1)	243 (±75)	89	154
Übung 4 mit Fehlerscore	42 (15-49)	7,9 (2,8-11,1)	250 (±73)	89	161
Übung 5 Gruppe A	19 (6-68)	3,6 (1,1-12,8)	203 (±42)	138	65
Übung 5 Gruppe A mit Fehlerscore	16 (6-42)	3 (1,1-7,9)	211 (±45)	138	73
Übung 5 Gruppe B	10 (4-30)	1,9 (0,8-5,7)	180 (±42)	138	42
Übung 5 Gruppe B mit Fehlerscore	8 (3-26)	1,5 (0,6-4,9)	187 (±43)	138	49
Übung 6	26 (15-60)	4,9 (2,8-11,3)	434 (±160)	98	336

*Tabelle 3: Erforderliche Anzahl der Wiederholungen, Dauer in Übungseinheiten, Differenz der ersten Wiederholung zum Expertenlevel/Zielzeit; MW = Mittelwert; Stabw. = Standardabweichung; Wdh = Wiederholungen; * angegeben als MW.*

3.4 Auswertung der Cholezystektomien

Die pseudonymisiert aufgezeichneten Videos der Cholezystektomien wurden von zwei erfahrenen, unabhängigen Chirurgen nach Abschluss der Studie verblindet angeschaut. Ein Proband beendete die Studie vorzeitig und führte die Cholezytektomie zum Abschluss der Studie nicht mehr durch. Die dokumentierten Prozeduren wurden unter Anwendung des GOALS-Scores bewertet (siehe 2.6.1). Es zeigte sich eine Verbesserung des GOALS-Scores nach Abschluss des Curriculums von im Mittel 10,88 ($\pm 1,60$) auf 18,03 ($\pm 2,63$). Diese Differenz war mit $p < 0,0001$ statistisch signifikant (siehe Abbildung 21).

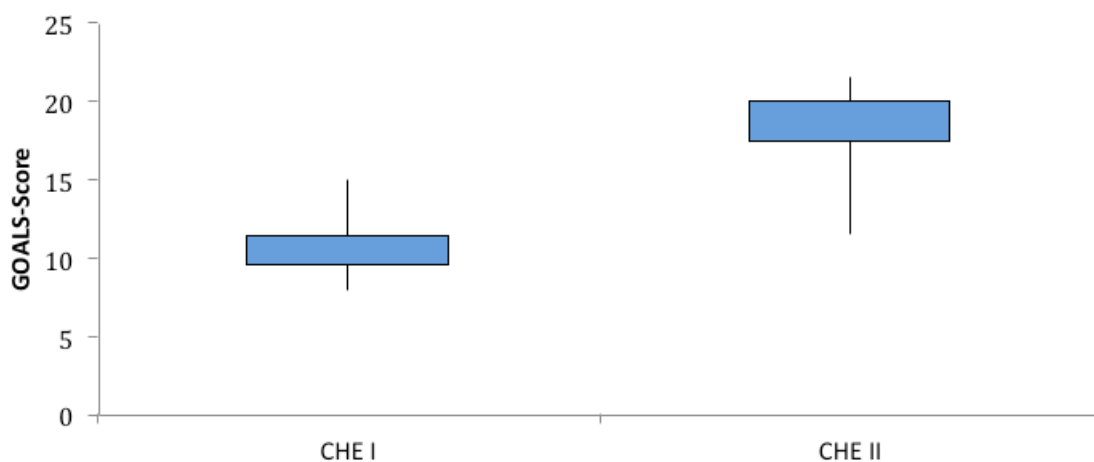


Abbildung 21: GOALS-Scores gesamt – vor (CHE I) und nach (CHE II) dem Curriculum. CHE I = Cholezystektomie vor Beginn des Curriculums (Darstellung Mittelwert \pm Standardabweichung und Minimum/Maximum), CHE II = Cholezystektomie nach Abschluss des Curriculums (Darstellung Mittelwert \pm Standardabweichung und Minimum/Maximum); GOALS = Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills.

Auch die einzelnen Unterkategorien des GOALS-Scores wiesen jeweils mit $p < 0,0001$ signifikante Unterschiede auf, eine Verbesserung war also bezogen auf jede der erhobenen Dimensionen zu verzeichnen (Tabelle 4).

	CHE I [MW (±Stabw.)]	CHE II [MW (±Stabw.)]	Differenz [MW (±Stabw.)]	p-Wert
Tiefenwahrnehmung	2,03 (±0,54)	3,84 (±0,67)	1,68 (±1,05)	p < 0,0001
beidhändiges Arbeiten	2,13 (±0,35)	3,38 (±0,59)	1,13 (±0,87)	p < 0,0001
Effizienz	1,90 (±0,53)	3,43 (±0,72)	1,42 (±1,10)	p < 0,0001
Gewebegefühl	2,65 (±0,37)	3,76 (±0,51)	0,98 (±0,88)	p < 0,0001
Selbstständigkeit	2,17 (±0,50)	3,62 (±0,66)	1,33 (±1,04)	p < 0,0001
GOALS gesamt	10,88 (±1,60)	18,03 (±2,63)	6,55 (±4,34)	p < 0,0001

Tabelle 4: Unterkategorien des GOALS-Scores und Gesamt – Vergleich vor (CHE I) und nach (CHE II) dem Curriculum. CHE I = Cholezystektomie vor Beginn des Curriculums, CHE II = Cholezystektomie nach Abschluss des Curriculums, MW = Mittelwert, Stabw. = Standardabweichung, GOALS = Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills.

Es wurde zusätzlich untersucht, ob die Tatsache eine schmalere Linie schneiden zu müssen (*Gruppe A, Übung 5*) zu einer weiteren Verbesserung im GOALS-Score führen würde. In *Tabelle 5* sind die Ergebnisse der Gruppen A und B, die in der Übung 5 eine Linienbreite von 4mm bzw. 5mm geschnitten hatten, getrennt aufgeführt. Zwischen den beiden Gruppen zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied (*siehe Tabelle 5*).

Anhand einer visuellen Skala (VAS) wurde das subjektiv empfundene Stresslevel bei der Durchführung der Cholezystektomie erfragt. Hier wurde im Mittel ein Wert von 5,1 (±1,1) von 10 Punkten bei der Cholezystektomie vor dem Curriculum (CHE I) und 4,6 (±2,2) bei der Cholezystektomie nach Abschluss des Curriculums (CHE II) angegeben. Dieser Unterschied erwies sich mit p= 0,345 als statistisch nicht signifikant.

	CHE I Gruppe A [MW (±Stabw.)]	CHE I Gruppe B [MW (±Stabw.)]	CHE II Gruppe A [MW (±Stabw.)]	CHE II Gruppe B [MW (±Stabw.)]	p-Wert
Tiefenwahrnehmung beidhändiges Arbeiten	2,13 (±0,55)	1,93 (±0,53)	3,93 (±0,68)	3,75 (±0,72)	p=0,747
Effizienz	2,23 (±0,42)	2,03 (±0,23)	3,50 (±0,60)	3,21 (±0,58)	p=1
Gewebegefühl	1,83 (±0,59)	1,97 (±0,48)	3,53 (±0,64)	3,21 (±0,81)	p=0,425
Selbständigkeit	2,80 (±0,25)	2,50(±0,42)	3,83 (±0,52)	3,63 (±0,53)	p=0,683
GOALS gesamt	2,10 (±1,97)	2,23 (±0,46)	3,67 (±0,49)	3,46 (±0,84)	p=0,621
	11,10 (±1,9)	10,67 (±1,1)	18,47 (±2,3)	17,25 (±3,0)	p=0,715

Tabelle 5: Unterkategorien des GOALS-Scores und Gesamt – Vergleich Gruppe A vs. Gruppe B. CHE I = Cholezystektomie vor Beginn des Curriculums, CHE II = Cholezystektomie nach Abschluss des Curriculums, MW = Mittelwert, Stabw. = Standardabweichung, GOALS = Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills.

3.5 Ergebnisse Fragebögen

Aus der Gesamtheit aller Parameter der Fragebögen (siehe 2.5.1) wurden fünf für die Auswertung im Rahmen der vorliegenden Arbeit ausgewählt. Die Parameter wurden jeweils anhand von visuellen Analogskalen (VAS) mit Werten von 1 bis 10 durch die Fragebögen zu Beginn und am Ende der Studie erhoben.

3.5.1 Grundsätzliche Motivation und Interesse an der Chirurgie bzw. minimal-invasiven Chirurgie

Die Motivation bezüglich der Studie wurden im Mittel mit 8,4 (±1,4) Punkten angegeben. Fünf der 30 Probanden (16,7%) gaben mit 10 den Höchstwert, nur zwei Probanden (6,7%) mit 4 und 5 Punkten einen Wert ≤5 an. Die fünf Probanden, die 10 Punkte angaben, benötigten zur Vollendung des Curriculums im Median 39 (31-40) Übungseinheiten à 30 Minuten in denen sie durchschnittlich 5,3 Wiederholungen pro

Einheit durchführten und somit im Median 32 Wiederholungen zum Erreichen der Zielvorgabe pro Übung. Die zwei Probanden mit einer Motivation ≤ 5 Punkten benötigten im Median 38,5 (37-40) Übungseinheiten mit durchschnittlich 6 Wiederholungen und somit 38,5 Wiederholungen pro Übung. Die Datensätze sind jedoch zu klein, um eine zuverlässige statistische Berechnung Anhand des Mann-Whitney-U Testes durchzuführen. Bezüglich einer statistischen Signifikanz kann also keine Aussage getroffen werden.

In ähnlicher Weise wurde im weiteren untersucht, ob sich eine Steigerung des angegebenen allgemeinen Interesses an der Chirurgie durch das Curriculum verzeichnen ließ. Vor Beginn der Studie wurde das allgemeine Interesse mit durchschnittlich 7,6 ($\pm 1,6$) Punkten und nach Vollendung des Curriculums mit durchschnittlich 7,9 ($\pm 1,6$) angegeben. Dieses Ergebnis zeigte mit $p=0,133$ statistisch keine Signifikanz.

Es wurde untersucht, ob sich eine Steigerung des angegebenen Interesses an der MIC durch das Curriculum verzeichnen ließ. Das Interesse an der MIC wurde mit durchschnittlich 7,5 ($\pm 1,7$) Punkten vor Beginn und 7,8 ($\pm 1,8$) nach Abschluss der Studie angegeben. Dieses Ergebnis zeigte mit $p=0,368$ statistisch ebenfalls keine Signifikanz.

3.5.2 Effekt durch Erfahrungen mit PC- und Konsolen-Spielen

Es wurde untersucht ob Erfahrungen mit PC- oder Konsolen-Spielen einen Einfluss auf die Lernkurve an der Lübecker Toolbox hätten. Eine Gruppe von $n=11$ Probanden (36,7%) gab ihre Erfahrung mit einem Wert >5 (Mittelwert 7,5 ($\pm 1,8$)) auf der VAS an und ist in den folgenden Tabellen unter der Bezeichnung Gruppe „PC-Erfahrene“ aufgeführt. Die Vergleichsgruppe von $n=19$ Probanden (63,3%) gab für diesen Parameter auf der VAS einen Wert von <5 (Mittelwert 2,2 ($\pm 1,3$)) an und ist den folgenden Tabellen als Gruppe „PC-Unerfahrene“ aufgeführt.

Es wurde zusätzlich analysiert, ob sich bezüglich der GOALS-Score-Werte ein Unterschied in der Verbesserung zeigte. In *Tabelle 6* sind die einzelnen Unterkategorien und der Gesamtwert des GOALS-Scores der Gruppen mit wenig und viel PC- und Konsolen-Spielerfahrung aufgeführt. Für die jeweiligen Differenzen im vorher-nachher Vergleich wurde anhand des Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben keine statistische Signifikanz (p -Wert) errechnet.

	CHE I PC- Erfahrene [MW (±Stabw.)]	CHE I PC- Unerfahren [MW (±Stabw.)]	CHE II PC- Erfahrene [MW (±Stabw.)]	CHE II PC- Unerfahren [MW (±Stabw.)]	p-Wert
Tiefenwahrnehmung	2,18 (±0,51)	1,94 (±0,55)	3,73 (±0,65)	3,92 (±0,69)	p=0,146
Beidhändiges Arbeiten	2,09 (±0,20)	2,16 (±0,41)	3,23 (±0,56)	3,47 (±0,61)	p=0,550
Effizienz	1,77 (±0,56)	1,97 (±0,51)	3,18 (±0,81)	3,58 (±0,62)	p=0,982
Gewebegefühl	2,73 (±0,26)	2,61(±0,43)	3,55 (±0,57)	3,89 (±0,44)	p=0,112
Selbständigkeit	2,18 (±0,56)	2,16 (±0,47)	3,50 (±0,74)	3,69 (±0,62)	p=0,674
GOALS gesamt	10,95 (±1,6)	10,84 (±1,6)	17,18 (±2,8)	18,56 (±2,5)	p=0,340

Tabelle 6: Unterkategorien des GOALS-Scores und Gesamt – Vergleich mit vs. ohne Erfahrung mit PC- und Konsolen-Spielen. CHE I=Cholezystektomie vor Beginn des Curriculums, CHE II = Cholezystektomie nach Abschluss des Curriculums, MW = Mittelwert, Stabw. = Standardabweichung, GOALS = Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills.

In Tabelle 7 wurden die Gruppe der n=11 Probanden (36,7%) mit PC- und Konsolen-Spiele-Erfahrung und die Gruppe der n=19 (63,3%) Probanden ohne PC- und Konsolen-Spiele-Erfahrung bezüglich der benötigten Anzahl an Wiederholungen bis zum Erreichen der Zielvorgabe für die erste Übung, der benötigten Zeit für die erste Wiederholung der ersten Übung und der Summe der benötigten Zeit der ersten 5 Wiederholungen verglichen, in der Annahme dass sich gerade zu Beginn des Curriculums mögliche Unterschiede am stärksten ausgeprägt zeigen würden. In der letzten Zeile ist die Anzahl der Wiederholungen aufgeführt, die zum Durchlaufen des gesamten Curriculums benötigt wurde. Es zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied bei den benötigten Wiederholungen für die Übung 1, sowie in der Summe der benötigten Zeit der ersten 5 Wiederholungen (siehe Tabelle 7).

	PC-Erfahrene [MW (±Stabw.)]	PC-Unerfahrene [MW (±Stabw.)]	p-Wert
Wdh. Übung 1 [n]	38,1 (±18,2)	52,9 (±16,2)	p=0,026
Zeit erste Wdh. [sec.]	181,7 (±32,3)	203,2 (±40,8)	p=0,158
Zeit Sum. Wdh. 1-5 [sec.]	682,6 (± 104,9)	769,7 (±116,7)	p=0,047
Sum. Wdh. Curriculum gesamt [n]	174,6 (±43,7)	203,0 (±48,3)	p=0,171

*Tabelle 7: Curriculum – Vergleich mit vs. ohne Erfahrung mit PC- und Konsolen-Spielen.
MW = Mittelwert, Stabw. = Standardabweichung, Sum.= Summe, Wdh.= Wiederholungen,
sec.= Sekunden, n= Anzahl.*

3.5.3 Effekt durch das Praktizieren eines Musikinstrumentes

Eine weitere Untersuchung bezog sich auf die Frage, ob das Praktizieren eines Musikinstrumentes über mehrere Jahre einen Einfluss auf die Lernkurve an der Lübecker Toolbox hätte. Es wurde festgelegt, dass nur Probanden, die innerhalb der letzten 10 Jahre und für mindestens 5 Jahre ein Musikinstrument gespielt hatten, in der Gruppe „*Instrument-Erfahrene*“ eingeschlossen wurden. Unter Berücksichtigung dieser Kriterien gaben insgesamt sechzehn Probanden (53,3%) an ein Musikinstrument zu praktizieren, bzw. praktiziert zu haben. Die durchschnittliche Zeit, während derer das jeweilige Instrument gespielt worden war, wurde mit 12,3 (±5,3) Jahren angegeben. Die Gruppe „*Instrument-Erfahrene*“ benötigte für das Curriculum durchschnittlich 36 Übungseinheiten à 30 Minuten mit je 5,3 Wiederholungen pro Einheit. Die n=14 Probanden (46,7%), die angaben, kein Instrument zu spielen (Gruppe „*Instrument-Unerfahrene*“) benötigten durchschnittlich 36,8 Übungseinheiten à 30 Minuten mit je 5,5 Wiederholungen. Dieser Unterschied erwies sich mit p=0,473 als nicht signifikant. Auch die Analyse des Probandenkollektivs derjenigen „*Instrument-Erfahrenen*“, die aktiv ein Instrument praktizieren, ergab keine signifikanten Differenzen bezogen auf den Verlauf der Lernkurve oder den GOALS-Score (Daten nicht aufgeführt).

Es wurde zusätzlich analysiert, ob sich bezüglich der GOALS-Score-Werte ein Unterschied in der Verbesserung zeigte. In Tabelle 8 sind die einzelnen Unterkategorien und der Gesamtwert des GOALS-Scores der Gruppen „*Instrument-Erfahrene*“ und „*Instrument-Unerfahrene*“ aufgeführt. Für die jeweiligen Differenzen im Vorher-Nachher-Vergleich

wurde anhand des Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben eine statistische Signifikanz (*p*-Wert) für die „Selbständigkeit“ errechnet. Der Gesamt-Score war mit $p=0,056$ knapp nicht signifikant unterschiedlich.

	CHE I Inst.- Erfahrene [MW (±Stabw.)]	CHE I Inst.- Unerfahren [MW (±Stabw.)]	CHE II Inst.- Erfahrene [MW (±Stabw.)]	CHE II Inst.- Unerfahren [MW (±Stabw.)]	p-Wert
Tiefenwahrnehmung	1,97 (±0,50)	2,11 (±0,59)	4,00 (±0,75)	3,65 (±0,52)	p=0,101
Beidhändiges Arbeiten	2,13 (±0,22)	2,14 (±0,46)	3,50 (±0,55)	3,23 (±0,63)	p=0,423
Effizienz	1,81 (±0,51)	2,00 (±0,55)	3,50 (±0,61)	3,35 (±0,85)	p=0,308
Gewebegefühl	2,59 (±0,38)	2,71 (±0,38)	3,84 (±0,51)	3,65 (±0,52)	p=0,092
Selbständigkeit	2,03 (±0,43)	2,32 (±0,54)	3,81 (±0,51)	3,38 (±0,77)	p=0,045
GOALS gesamt	10,53 (±1,1)	11,29 (±2,0)	18,66 (±2,4)	17,27 (±2,8)	p=0,056

Tabelle 8: Unterkategorien des GOALS-Scores und Gesamt – Vergleich mit vs. ohne Praktizieren eines Musikinstrumentes. CHE I = Cholezystektomie vor Beginn des Curriculums, CHE II = Cholezystektomie nach Abschluss des Curriculums, Inst. = Musikinstrument, MW = Mittelwert, Stabw. = Standardabweichung, GOALS = Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills.

In *Tabelle 9* wurden die Gruppen „Instrument-Erfahrene“ und „Instrument-Unerfahrene“ bezüglich der notwendigen Anzahl an Wiederholungen bis zum Erreichen der Zielvorgabe für die erste Übung (*siehe 2.2.1*), der benötigten Zeit für die erste Wiederholung der ersten Übung und der Summe der benötigten Zeit der ersten 5 Wiederholungen verglichen. In der letzten Zeile ist die Anzahl der Wiederholungen aufgeführt, die zum Durchlaufen des gesamten Curriculums benötigt wurde (*siehe Tabelle 9*).

	Inst.-Erfahrene [MW (±Stabw.)]	Inst.-Unerfahrene [MW (±Stabw.)]	p-Wert
Wdh. Übung 1 [n]	47,3 (±17,7)	47,8 (±19,4)	p=0,822
Zeit erste Wdh. [sec.]	205,4 (±36,9)	183,9 (±39,0)	p=0,120
Zeit Summe Wdh. 1-5 [sec.]	761,7 (±119,6)	710,5 (±115,6)	p=0,179
Sum. Wdh. Curriculum gesamt [n]	189,8 (±43,6)	195,8 (±53,9)	p=0,473

Tabelle 9: Curriculum – Vergleich mit vs. ohne Praktizieren eines Musikinstrumentes. Inst. = Musikinstrument; MW = Mittelwert, Stabw. = Standardabweichung, Sum. = Summe, Wdh. = Wiederholungen, sec. = Sekunden, n = Anzahl.

4 Diskussion

Mit der Etablierung der minimal-invasiven Chirurgie (MIC) in den meisten chirurgischen Fachgebieten ist diese auch ein essentieller Teil der chirurgischen Ausbildung geworden. Durch die spezielle Operationstechnik, dargestellt auf einem nur zweidimensionalen Bild, die erschwerte Hand-Auge-Koordination, die Handhabung des langen Instrumentariums mit der Gegensätzlichkeit der Bewegung (Fulcrum-Effekt), die veränderte Haptik und das reduzierte taktile Feedback werden besondere Anforderungen an die Operateure gestellt [5, 25, 87, 108]. Während die Ausbildung früher überwiegend im Rahmen einer traditionellen Lehrer-Schüler-Beziehung im OP stattfand, kommt in der heutigen Zeit wegen verringerter zeitlicher, personeller und finanzieller Ressourcen zusätzlich der Simulation und dem Training vor Eintritt in den OP eine immer größere Bedeutung zu [29, 71, 79, 115]. Es konnte in mehreren Studien belegt werden, dass durch das Training an laparoskopischen Simulatoren ein signifikanter Lerneffekt zu erreichen ist, der sich auf die Anforderungen in realen Operationen übertragen lässt. Die Lernkurve im OP lässt sich somit durch ein vorangegangenes Simulationstraining positiv beeinflussen [10, 14, 47, 50, 62, 90, 93]. Dadurch soll erreicht werden, dass sich Anfänger bei ihren ersten Operationserfahrungen auf den Operationsinhalt und die Durchführung relevanter Teilschritte konzentrieren können und nicht die Basisfertigkeiten der minimal-invasiven Technik als dominierende Hürde erleben. Es können so zeitliche und darüberhinaus finanzielle Ressourcen gespart werden, da die individuelle Erfahrung der Operateure einen direkten Einfluss auf die Komplikationsrate, Häufigkeit von Konversionen, Operationsdauer, postoperative Liegedauer und betriebswirtschaftliche Kosten hat [2, 34, 51, 99, 100, 101, 108, 114]. Ferner erscheint es mittlerweile unethisch, die ersten manuellen minimal-invasiv chirurgischen Erfahrungen direkt am Patienten zu machen. Ungeachtet vieler Initiativen in Bezug auf ein Angebot entsprechender Kurse, Workshops und Hospitationen, gibt es bislang kaum definierte, standardisierte und etablierte Trainingskonzepte zum Erlernen der MIC-Basisfertigkeiten [71, 72, 74, 96, 115]. Auch gibt es bisher kein valides Konzept, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass regelmäßige und häufige Übungseinheiten über einen längeren Zeitraum sehr viel effektiver sind als kompakte Kurse über ein bis drei Tage [66, 68, 107, 111]. Um ein solches Training auch im chirurgischen Alltag zu ermöglichen, werden zwar in immer mehr Kliniken sogenannte Trainingslabore (engl. Skillslabs) eingerichtet und für die angehenden Chirurgeninnen und

Chirurgen dort Laparoskopie-Trainer bereit gestellt. Die bisher zur Verfügung stehenden Simulatoren sehen jedoch meist keine Lernziele vor und weder die Entwicklung der Simulatoren selbst, noch die Inhalte der Übungen basierten auf wissenschaftlichen Grundlagen [5, 71, 80, 115].

Vor diesem Hintergrund wurde an der Klinik für Chirurgie des UKSH Campus Lübeck seit 2009 ein Konzept zur Vermittlung von Grundlagen der minimal-invasiven Chirurgie entwickelt. Das LTB-Curriculum bietet - nach Abschluss der hier vorgelegten Arbeit - ein strukturiertes, definiertes und an einem Expertenlevel orientiertes Training zum Erlernen laparoskopischer Basisfertigkeiten. Das Gesamtkonzept besteht aus einer Trainingsbox mit integrierter Kamera, sechs aufeinander aufbauenden Übungen mit standardisierten Inhalten, Darstellung eines effektiven zeitlichen Trainingsablaufs und Video-Tutorials zur Eigenschulung für jede der Übungen, zugänglich über die Webseite der LTB Ltd. (<http://www.luebeck-toolbox.com>). Alle Entwicklungsschritte des Box-Trainers, der Übungen und der Zielvorgaben basieren auf umfangreichen Evaluationen und nunmehr zwei prospektiven Studien. Das Konzept des zielorientierten Trainings berücksichtigt die individuellen Begabungen und Vorkenntnisse der Übenden. Dies erlaubt, dass sich Ärzte und Ärztinnen in der Facharztausbildung - aber auch Studierende und erfahrene Chirurginnen und Chirurgen - alleine und neben den Video-Tutorials, ohne weitere Anleitung durch eine erfahrene Kollegin oder einen Kollegen, die Basisfertigkeiten der MIC unter kontrollierten und lernfreundlichen Bedingungen aneignen können. In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob eine an einem Expertenlevel orientierte Zielvorgabe in Form von Zeit und Präzision, innerhalb eines standardisierten Trainings-Curriculums von der Mehrzahl laparoskopisch Unerfahrener erreicht werden könnte, wie lange dafür benötigt würde und ob sich die erlernten Fertigkeiten auf eine realitätsnahe Operationssituation übertragen lassen. Zudem wurde untersucht, ob bestimmte Interessenmerkmale wie Motivation, Erfahrungen mit PC- und Konsolenspielen oder das Spielen eines Musikinstrumentes Auswirkungen auf die Lernkurven haben würden.

4.1 Bestimmung des Expertenlevels und Definition der Zielvorgaben

Es existieren nur wenig Studien über die Methodik, wie Zielvorgaben definiert werden sollten und die Etablierung von strukturierten Zielvorgaben zur Ergänzung des laparoskopischen Simulationstrainings, obwohl sich durch strukturierte Zielvorgaben ein positiver Einfluss auf die Effektivität des Trainings bereits aufzeigen ließ [22, 30]. Die Studien scheinen zudem nicht ausreichend standardisiert und die erhobenen Zielvorgaben nicht wissenschaftlich begründet [72, 96, 102]. Man kann also aktuell keine endgültige Aussage zum richtigen Vorgehen bei der Festlegung von Zielvorgaben treffen und viele der gewählten Herangehensweisen sind letztlich noch willkürlich.

Es wurde beispielsweise ein auf einem großen Kollektiv an chirurgisch unerfahrenen Probanden erhobener Metascore als eine Möglichkeit der Zielsetzung beschrieben. Hierfür wurden in einer Studie über einen Zeitraum von 4 Jahren Daten von 286 minimal-invasiv unerfahrenen Probanden am virtuellen Symbionix Lap Mentor (Symbionix USA, Cleveland, Ohio) gesammelt und ein zu erreichendes Niveau im Bereich der 25% besten Probanden festgelegt, welches mit einer zu 95% fehlerfreien Durchführung korrelierte [110]. Ein solches Vorgehen ist sehr zeitaufwändig und nur mithilfe der automatisierten Datenerfassung bei VRS möglich. Dass die besten Unerfahrenen tatsächlich eine valide Grundlage für die Definition eines soliden Niveaus an MIC Basisfertigkeiten darstellt, erscheint fraglich.

Logistisch einfacher und inhaltlich überzeugender ist die Definition von Zielvorgaben durch Analyse eines Expertenkollektivs. Im Gegensatz zu einer durch chirurgisch unerfahrene Probanden erhobene Zielvorgabe hat diese auch einen klinischen Bezug, da sie das Niveau von erfahrenen Chirurgen und Chirurgen im Bezug zum Übungsinhalt - z.B. laparoskopische Basisfertigkeiten - widerspiegelt. Über die Definition von Zielvorgaben basierend auf einem Expertenlevel bestehen jedoch kontroverse Ansichten. Einige Autoren äußerten kritisch, dass eine so erhobene Zielvorgabe den MIC-Anfängern ein zu hohes Niveau abverlangen könnte und dadurch eine Frustration der Trainierenden hervorrufen würde [36]. In einer von Korndorffer et al. durchgeführten Studie konnte eine zuvor durch Experten erhobene Zielvorgabe tatsächlich nur von einem Bruchteil der Probanden (11 Medizinstudierende und 39 Assistenzärztinnen und -ärzte) erreicht werden [53]. Hier wurde die Zielvorgabe anhand der Mittelwerte von 11 Wiederholungen

festgelegt, jedoch basierend auf der Leistung von nur 4 erfahrenen Chirurgen (>250 kleinere laparoskopische und >50 umfangreichere laparoskopische Eingriffe), von denen mindestens einer zuvor bereits sehr vertraut mit dem verwendeten Box-Trainer und den Übungsinhalten war. Dadurch könnte die Zielvorgabe dahin gehend beeinflusst worden sein, dass das vorausgesetzte Niveau weit über dem durchschnittlichen Können einer erfahrenen Chirurgin oder eines Chirurgen lag, der sich zum ersten Mal mit den Übungsinhalten auseinandersetzt. Zudem war die Trainingszeit der Probanden auf insgesamt fünf Stunden begrenzt, wodurch das Prinzip des zielorientierten Trainings nicht umgesetzt wurde. Hätten die unerfahrenen Teilnehmer weitere Zeit zum Trainieren gehabt, so hätte eventuell auch ein größerer Anteil der Probanden die Zielvorgabe erreicht. Als Schlussfolgerung wurde formuliert, dass anstatt einer Zielvorgabe eine vorgeschriebene Anzahl an Wiederholungen festzulegen sei, was aber ebenfalls dem Prinzip des zielorientierten Trainings widersprechen würde [53].

Debes et al. führten 2012 eine, mit der vorliegenden am ehesten vergleichbare Studie durch. Anhand von 10 erfahrenen Chirurginnen und Chirurgen (>100, durchschnittlich 250 laparoskopische Eingriffe) wurde, nach einer kurzen Gewöhnungsphase an einem Video- bzw. Box-Trainer (D-Box, SimSurgery®, Missouri, USA) mit zwei abstrakten Übungen, durch die Mittelung zweier Durchführungen, ein Expertenlevel in Zeit, Anzahl der Bewegungen und gesamter Wegstrecke festgelegt, ermittelt durch ein 3D-real-time elektromagnetisches Tracking-System. Das erhobene Expertenlevel wurde dann für eine Studie mit 20 laparoskopisch unerfahrenen Probanden vorgegeben, die zwei von insgesamt sechs Übungen so lange wiederholten, bis sie das Expertenlevel erreicht hatten. Dafür standen den Probanden acht Trainingseinheiten à 30-60 Minuten zur Verfügung, welche ein bis zweimal pro Tag mit mindestens einer einstündigen Pause zwischen zwei Einheiten absolviert wurden. In den ersten beiden Einheiten durften sich die Probanden durch das zweimalige Wiederholen der Übungen 1-5 mit dem Box-Trainer und den Übungsinhalten vertraut machen. Danach wurden die Übungen 4 und 5 so häufig durchgeführt, bis das vorgegebene Expertenlevel erreicht wurde. Innerhalb der 8 Trainingseinheiten konnten 50-89% der Probanden die zuvor validierte Zielvorgabe erreichen [20]. Es bleibt jedoch fraglich, ob die Übungsinhalte der D-Box standardisiert und reproduzierbar waren und die Anwendung einer Zielvorgabe hier überhaupt sinnvoll begründet wurde. Bei zudem deutlichen Schwächen des Studiendesigns, insbesondere bei

der Übertragbarkeit eines Lerneffektes resultierte die Studie in jedem Fall nicht in einem breit reproduzierbaren validierten Trainingscurriculum.

Das wohl verbreitetste und in Nordamerika am meisten etablierte Trainingsprogramm mit klaren Zielvorgabe ist das Fundamentals of laparoscopic surgery (FLS)-Programm, implementiert und propagiert von der Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons (SAGES). Neben der Vermittlung psychomotorischer MIC-Basisfertigkeiten beinhaltet das FLS-Curriculum auch theoretische Inhalte der MIC. Durch ein praktisches und theoretisches Testverfahren kann an mehreren Zentren in Nordamerika und auf mehreren Kongressen das FLS-Zertifikat erlangt werden. Für den praktischen Teil werden die im Rahmen des McGill Inanimate System for Training and Evaluation of laparoscopic Skills (MISTELS, McGill University, Montreal, Quebec, Canada) entwickelten fünf aufeinander aufbauenden Übungen anhand von Zeit und Präzision geprüft [27]. Als Zielvorgabe wurde ein Expertenlevel durch jedoch nur zwei erfahrene Chirurgen festgelegt, welche die Übungen fünfmal in Folge durchführten und deren durchschnittlich benötigte Zeit dabei erfasst wurden. Zur Erfüllung der Zielvorgabe muss eine fehlerfreie Durchführung zweimal in Folge innerhalb der zuvor erhobenen Zielzeit erreicht werden [80]. Das dort erhobene Expertenlevel wurde mittlerweile nachträglich validiert und als anzustrebender Endpunkt eines zu erreichenden Niveaus deklariert [23, 73].

Nach der aktuellen Studienlage scheint also die Erhebung einer Zielvorgabe anhand eines Expertenkollektivs als die am ehesten anzustrebende Methode [23, 73, 102]. Für die vorliegende Validierungsstudie von Zielvorgaben für das LTB-Curriculum wurden zur Definition von Zielzeiten anhand eines Expertenkollektivs, 15 erfahrene Chirurginnen und Chirurgen aus unterschiedlichen Kliniken in ganz Deutschland rekrutiert (*Expertenkollektiv; siehe 2.4.1, Tabelle 1*). Die Einschlusskriterien von mindestens 500 durchgeführten laparoskopischen Eingriffen, sowie die Durchführung laparoskopischer Operationen mehrmals wöchentlich wurde von jedem der 15 erfahrenen Chirurginnen und Chirurgen erfüllt. Die 15 „Experten“ führten die Übungen 1 bis 5 unter den gleichen Rahmenbedingungen bezüglich Setup, Instruktionsvideos etc. durch wie die Probanden in der sich anschließenden Validierungsstudie. Dadurch wurde die Möglichkeit eines Bias durch unterschiedlich intensives Feedback von Instruktoren bzw. Betreuenden minimiert. Die von den Experten benötigten Zeiten wurden dokumentiert und die jeweils besten

Zeiten aus den sieben durchgeführten Wiederholungen gemittelt (*siehe 3.4, Tabelle 2*). Im Ablauf der vorliegenden Validierungsstudie wiederholten die minimal-invasiv unerfahrenen Probanden dann die sechs Übungen so häufig, bis sie zweimal fehlerfrei das Expertenlevel erreichten, bevor sie zur nächsten Übung übergehen durften.

Kritisch zu beurteilen bei der Definition einer Zielvorgabe durch die Leistung eines Expertenkollektivs bleiben jedoch die jeweiligen inter-individuellen Differenzen in den Techniken der erfahrenen Chirurginnen und Chirurgen. Dies ist also auch in der vorliegenden Studie der Fall. Die Teilnehmer des Expertenkollektivs kamen aus unterschiedlichen Kliniken und hatten sich im Verlauf ihrer Tätigkeit unterschiedliche MIC-Techniken angeeignet, was unter Umständen einen Einfluss auf die erreichten Zeiten hatte. Durch die Größe des Expertenkollektivs ($n=15$) kommen diese inter-individuellen Unterschiede jedoch nur geringfügig zum Tragen. Auch die geringen Standardabweichungen der Bestzeiten belegen die nur geringen inter-individuellen Differenzen. Lediglich bei den Bestzeiten der Übungen 4 und 5 zeigten sich größere Standardabweichungen (*siehe 3.4, Tabelle 2*). Das könnte man darauf zurückführen, dass die beiden Schneideübungen in der Durchführung, also der Abfolge der Bewegungen, deutlich mehr Freiheit zuließen - ohne den Übungsinhalt gravierend zu verändern - und dementsprechend die inter-individuellen Unterschiede in der Technik mehr zum Tragen kamen. Dennoch sollte durch die Größe des Expertenkollektivs die erhobenen Zielvorgaben deutlich robuster sein als in den bisherigen Studien, deren Kollektive, wie oben dargestellt, sehr viel kleiner waren.

Durch die exakte Einhaltung des Studienprotokolls bei der Erhebung des Expertenlevels mit identischen Rahmenbedingungen konnte eine hohe Standardisierung erreicht werden. Mit der begrenzten Anzahl an Wiederholungen wurde sicher gestellt, dass - nach kurzer Gewöhnung an die Simulationsumgebung - tatsächlich nur die unmittelbar am LTB-Simulator abrufbaren Fertigkeiten getestet wurden. Der Median der erzielten Bestzeiten der Experten lag im Mittel bei der sechsten der insgesamt sieben Wiederholungen (*siehe 3.4, Tabelle 2*). Es ist also anzunehmen, dass bei mehrfachen Durchführungen auch bei den erfahrenen Chirurginnen und Chirurgen ein Lernkurven-Effekt zu verzeichnen gewesen wäre, wenn sehr wahrscheinlich auch mit einem sehr viel flacheren Verlauf als beim Kollektiv der MIC-Anfänger. Durch die begrenzte Anzahl an Wiederholungen kann

das erhobene Expertenlevel also als das Niveau eines erfahrenen Chirurgen bezüglich der laparoskopischen Basisfertigkeiten, zumindest für die Übungen 1-5, an dem LTB-Box-Trainer angesehen werden.

Zur Generierung der Zielvorgabe für die Übung 6 (*siehe 2.2.6*) wurde auf Daten einer zuvor durchgeführten Studie an einem vergleichbaren Box-Trainer mit 36 Medizinstudierenden zurückgegriffen. Hier wurden keine Daten des Expertenkollektivs herangezogen, da gleichwertige, jedoch sehr unterschiedliche Nahttechniken zur Durchführung einer Einzelknopfnah existieren und durch die multizentrische Erhebung des Expertenlevels von den erfahrenen Chirurginnen und Chirurgen Anwendung gefunden hätten. Dadurch wäre der Übungsinhalt nicht mehr standardisiert und das erhobene Expertenlevel nicht auf die im Lehrvideo vermittelte Technik übertragbar gewesen. Die bei der Übung 6 vorgegebene Nahttechnik der laparoskopischen Einzelknopfnah wurde im Verlauf der Evaluierung und Entwicklung der Übungen der Lübecker Toolbox festgelegt. Diese Nahttechnik entsprach der im Rahmen der chirurgischen Weiterbildung vermittelten Technik der Klinik für Chirurgie des UKSH Campus Lübeck. Exakt diese Nahttechnik war in einer zuvor durchgeführte Studie mit MIC-Anfängern an einem vergleichbaren Box-Trainer mit identischem Übungselement vermittelt worden. Die Lernkurve dieses Kollektivs diente als Grundlage für die Definition der Zielvorgabe für die Einzelknopfnah. Für die Übung 6 basiert die Zielvorgabe somit nicht auf einem wie für die Übungen 1-5 definierten Expertenlevel sondern, ähnlich wie bei der oben aufgeführten Studie von Von Websky et al., auf der erreichten Leistung von MIC-Anfängern [110].

4.2 Ablauf des Curriculums

Für die vorliegende Validierungsstudie wurden 30 Studierende der Medizin rekrutiert. Die zuvor definierten Einschlusskriterien, sowie die Stratifizierung nach Geschlecht ($\leq 60\%$ eines Geschlechts/Gruppe) und dominanter Hand ($\geq 10\%$ *Linkshänderinnen und Linkshänder/Gruppe*, in unterschiedlichen Statistiken wird ein Anteil an Linkshändern in

der deutschen Bevölkerung mit 10 bis 15 Prozent angegeben - eine genaue Angabe ist auf Grund bewusster oder unbewusster Umschulungen nicht möglich) konnten erfüllt werden. Dadurch sollte die Heterogenität des Kollektivs gewahrt werden, auch wenn geschlechtsspezifische Unterschiede und ein Einfluss der dominanten Hand in Hinblick auf das Erlernen minimal-invasiver Fertigkeiten bisweilen kontrovers beschrieben wurden [33,52].

Für den Ablauf der Studie wurde ein sog. Skillslab mit drei Arbeitsplätzen der Lübecker Toolbox eingerichtet, an denen die Probanden das LTB-Curriculum absolvierten (siehe 2.1). Im Studienprotokoll waren detaillierte Vorgaben zum zeitlichen Ablauf der Trainingseinheiten und Pausenintervalle festgelegt (siehe 2.5). Diese Vorgaben begründen sich in der angestrebten Optimierung des Trainingseffektes und waren als Bestandteil des LTB-Curriculums anzusehen. Es wurde bereits in einigen Publikationen beschrieben, dass durch ein Training über einen längeren Zeitraum bessere Ergebnisse erzielt werden können als in kompakten Trainingseinheiten [68, 107, 111]. Dieses zeigte sich unter anderem in einer von Moulton et al. durchgeführten Studie, in der 38 Assistenzärzte randomisiert in eine Gruppe mit gebündelter eintägiger Trainingseinheit (massed training) oder eine mit wöchentlichen Trainingseinheiten (distributed training) eingeteilt wurden. Die totale Trainingszeit an dem Laparoskopietrainer war für beide Gruppen identisch. Im Vergleich der beiden Gruppen nach Abschluss des Trainings zeigte sich bei der Gruppe mit verteilten Trainingseinheiten ein signifikant besserer Lernerfolg [68]. In einer Studie von 2013 konnten De Win et al. im Vergleich einer Gruppe mit kompaktem Training und einer Gruppe mit verteilten Trainingseinheiten zudem einen nachhaltigeren Trainingserfolg nach 6 Monaten bei der Gruppe mit verteilten Trainingseinheiten aufzeigen [111].

Die endgültige Datengrundlage zum optimierten zeitlichen Trainingsablauf des LTB-Curriculums hatte eine vorangegangene prospektive Studie mit n=36 Probanden geliefert. Hier hatte sich eine Überlegenheit im Lerneffekt von einem Intervalltraining mit regelmäßigen, kürzeren Übungseinheiten und integrierten Pausen, im Vergleich zu einem selteneren und längeren Training gezeigt [56, 58]. Es scheint dabei unerheblich zu sein, zu welcher Tageszeit trainiert wird, was theoretisch erlaubt, diese Vorgaben zum optimalen Trainingsablauf des LTB-Curriculum im Alltag von chirurgischen Assistenzärztinnen bzw. -ärzten unterzubringen [9].

Für die Übungsabläufe und -inhalte war der Aspekt der Standardisierung schon während der Entwicklung der Lübecker Toolbox eine unabdingbare Voraussetzung, da Zielvorgaben für die Übungen nur dann sinnvoll waren, wenn jede Wiederholung einer Übung immer exakt die gleichen Anforderungen an die Übenden stellen würde. Die einzelnen Übungsinhalte, sowie die stets identische Position der Übungsmodule durch die magnetische Fixierung und die fixierte Kameraposition bzw. -einstellung wurden im Rahmen der Entwicklung Anhand von Prototypen und Fragebögen u.a. hinsichtlich ihrer Relevanz der erforderlichen Bewegungsabläufe für die praktische Laparoskopie, die Verständlichkeit der Inhalte und die Standardisierbarkeit der Wiederholungen evaluiert und im Sinne einer iterativen Studie entwickelt. Es existieren zahlreiche Übungen an anderen Video- bzw. Box-Trainern, deren Abläufe und Inhalte nicht standardisiert wiederholt werden können, was unter anderem auch eine sinnhafte Integration der Übungen in zielorientierte Trainingskonzepte unmöglich macht. Der Prozess der fundiert begründeten Entwicklung sowohl des Simulators selbst mit all seinen Dimensionen und Einstellungen als auch der Übungen wurde ebenfalls von keiner anderen Arbeitsgruppe beschrieben. Auch das MISTELS wurde ohne nachvollziehende Entwicklungsschritte implementiert [26].

Die Abläufe zur Durchführung der LTB-Übungen waren durch die Video-Sequenzen der Instruktionvideos klar vorgegeben (*siehe 2.3*). Zudem waren - neben den Übungsinhalten selbst, s.o. - die genau festgelegten Vorgaben eine Voraussetzung, um die Standardisierung des Curriculums zu gewährleisten. Die Video-Tutorials mit didaktischen Angaben („Tipps und Tricks“) zur u.a. effizienten Handhabung der Instrumente wurden zu definierten Wiederholungen von den Probanden angeschaut. Es existierten Videos mit identischen Inhalten, jedoch unter Darstellung der individuellen Abläufe für Links- und Rechtshänder. Dadurch wurde ein Nachteil, der sich aus einer notwendigen Übertragung der Darstellung für eine der beiden Gruppen möglicherweise ergeben hätte, ausgeschlossen. In einer vorangegangenen Studie zeigte sich durch die integrierte, regelmäßige Schulung mit Lehrvideos eine Überlegenheit im Lerneffekt, insbesondere in der Präzision, gegenüber einer Vergleichsgruppe ohne Lehrvideos [56, 58]. Beim Erlernen von Basisfertigkeiten scheint die Verwendung von Videomaterial eine gute Alternative für einen realen Tutor zu sein und für bestimmte Inhalte existieren Daten, die darauf hindeuten, dass die Anleitung mittels Videosequenzen sogar vorteilhaft im Vergleich zur

Anleitung durch eine erfahrene Person sein könnte [95]. Bis dato existierte kein anderes MIC Simulator-Curriculum, das als festen Bestandteil Video-Sequenzen vorsieht. Die Filme, die das FLS-Curriculum flankieren, geben lediglich die Inhalte der Übungen, also die „Spielregeln“ wieder. Tutoriellen Charakter haben diese Videos jedoch nicht. Durch die Anleitung anhand der Instruktions- und Lehrvideos während der vorliegenden Studie konnte zudem ein Bias durch inter-individuell unterschiedliche Hilfestellungen bzw. Einflüsse ausgeschlossen werden. Auch dieser Aspekt wurde bisher bei keiner anderen Studie berücksichtigt. Insbesondere bei der Interpretation vergleichbarer Studien ist daher immer die Möglichkeit eines Bias durch eine unterschiedlich motivierte Art und Weise der Betreuung bzw. Inhaltsvermittlung zu bedenken [19, 36, 53].

4.3 Validierung der Zielvorgaben

Für den Ablauf der vorliegenden Studie wiederholten die Probanden die Übungen so häufig, bis sie zweimal fehlerfrei die zuvor definierte Zielzeit erreichten, um zur nächsten Übung übergehen zu dürfen. Das Konzept des zielorientierten Trainings berücksichtigte dabei die individuellen Begabungen bzw. Vorkenntnisse der Trainierenden und führte diese zu einem gemeinsamen Endpunkt. Das bedeutet, dass jeder Proband je nach Begabung bzw. Vorkenntnis eine unterschiedliche Anzahl an Wiederholungen benötigt, um die Zielvorgabe zu erfüllen bzw. das Expertenlevel zu erreichen. Eine der Bedingungen für die Sinnhaftigkeit und Validität der Zielvorgabe war es, dass diese vom Median der laparoskopisch unerfahrenen Probanden mit einer sinnvollen Anzahl an Wiederholungen erreicht werden konnte. Sinnvoll implizierte in diesem Fall, dass die Anzahl der benötigten Wiederholungen groß genug sein sollte, um einen genuinen und nachhaltigen Lerneffekt zu erreichen. Ein zu schnelles Erreichen der Zielvorgabe hätte bedeutet, dass das als zu erreichend definierte Niveau offensichtlich zu niedrig gewesen wäre. Man hätte dann davon ausgehen müssen, dass dieses nicht den realen operativen MIC-Anforderungen entspricht. Andererseits sollte die erforderliche Anzahl an Wiederholungen nicht so hoch sein, dass nur noch ein fortwährend sehr geringer Lernfortschritt aufgetreten wäre, um die Motivation der Trainierenden möglichst konstant zu halten und eine Frustration zu vermeiden. Zudem hätten Zielvorgaben, die

erst nach einer extrem hohen Anzahl an Wiederholungen erreicht worden wären, eher bereits sehr spezifische MIC-Fertigkeiten widergespiegelt als die eigentlich im Fokus stehenden Basisfertigkeiten. Für den Ablauf der Studie und auch als Vorgabe für das LTB-Curriculum wurde die maximale Anzahl auf 80 Wiederholungen pro Übung begrenzt, in der Annahme, dass eine weitere Verbesserung und das Erreichen der Zielvorgabe fortwährend unwahrscheinlicher ist. Diese Vorgabe ist dennoch willkürlich, wenngleich sie sich an dem FLS-Curriculum orientierte [27, 80]. Die alleinige Anzahl der Wiederholung ist für sich genommen jedoch wenig aussagekräftig. Es wurde zwar auch für eine Studie von Grantcharov et al., die scheinbar wahllos eine Anzahl von n=10 Wiederholungen für mehrere Übungen an einem Laparoskopietrainer festlegten, ein übertragbarer Lerneffekt nachgewiesen, jedoch nicht geschaut, ob bei weiteren Wiederholungen ein fortwährender Lerneffekt zu verzeichnen wäre [33]. Daher wurden in der vorliegenden Arbeit, aus den Medianen mit entsprechender Range der erfassten Zeiten, Lernkurven für jede der Übungen erstellt (*siehe 3.2*). Es ließ sich daran der Schnittpunkt mit der Anzahl an Wiederholungen bilden, zu dem der Median aller Probanden das Lernziel erreicht hatte.

Im Allgemeinen haben Lernkurven immer einen ähnlichen Verlauf. Ihr typisches Merkmal ist der steile Verlauf in der Anfangsphase basierend auf einem raschen Zuwachs der jeweiligen Fertigkeit. Hier ist der Lernfortschritt am größten. Mit zunehmendem Training nimmt die Steigung der Kurve ab, bevor sie in ein Plateau übergeht. Dieses bedeutet, dass der anfänglich große Lernfortschritt fortwährend kleiner und damit das Verhältnis aus erforderlichem Trainingsaufwand und einer weiteren Verbesserung immer größer wird [26, 41, 81]. Mehrere Studien beschrieben anhand der Erstellung von Lernkurven eine sinnvolle Anzahl an Wiederholungen zum Erlernen laparoskopischer Fertigkeiten definieren zu können [26, 31, 54, 81]. Viele Autoren erachteten es als effektiv und begründet, wenn das Lernziel im anfänglichen Teil der Plateauphase erreicht wurde [15, 24, 41]. Im weiteren Verlauf der Lernkurve nahm die Geschwindigkeit des Lernfortschritts wie oben skizziert fortwährend ab und es wurde bezweifelt, dass der Aufwand weiterer Wiederholungen sinnvoll sei [24]. Für die vorliegende Studie wurde als Validierungsmerkmal daher festgelegt, dass die Zielvorgabe in Form des Expertenlevels vom Median der Trainierenden nach einer Anzahl an Wiederholungen erreicht werden sollte, der sich im anfänglichen, jedoch sicher flachen Teil der Plateauphase befindet. Dieser Bereich lässt

natürlich eine gewisse Willkür zu, denn eine genauere Abgrenzung des betreffenden Abschnitts auf der Lernkurve wurde nicht definiert. Es bleibt dabei fraglich, ob eine weitere Eingrenzung hier sinnvoll gewesen wäre, denn das ausschlaggebende Ziel der Zielvorgabe war es einen Bereich zu definieren, der eine Mindestanzahl an Wiederholungen zur Sicherung eines Lernerfolgs beinhaltet. Eine eindeutigere Begrenzung wurde diesbezüglich auch von anderen Arbeitsgruppen bisher nicht beschrieben [24, 26, 41, 81].

Zahlreiche Studien beschrieben bereits die Lernkurven von einzelnen Eingriffen. Cagir et al. erfassten 1994 die Lernkurve bei der laparoskopischen Cholezystektomie und stellten dar, dass, um diese sicher und ausreichend schnell durchführen zu können, eine statistisch signifikante Verbesserung in den Parametern Operationszeit, Konversionsrate und Komplikationen erst nach 35 Eingriffen zu verzeichnen sei [15]. In weiteren Studien wurde von 25 bis 50 Eingriffen bei der laparoskopischen Fundoplicatio und 35 bis 55 Eingriffen bei laparoskopischen Kolektomien berichtet [16, 91, 112]. Für das Training an Laparoskopie-Simulatoren wurden in Studien an unterschiedlichen Laparoskopietrainern mit verschiedenen Übungsinhalten, zwischen 2 und 35 Wiederholungen einer Übung empfohlen, bis eine signifikante Verbesserung erreicht werden würde [28, 35, 39, 53, 88, 110]. Dies spiegelt wider, dass je nach Komplexität des Übungsinhaltes unterschiedliche Anzahlen an Wiederholungen nötig sind, um eine signifikante Verbesserung zu erreichen. Bei steigender Komplexität der Abläufe sind naturgemäß Erfolge erst nach einer größeren Anzahl an Wiederholungen zu erwarten. Eine sinnvolle Anzahl muss dabei also auf die Komplexität der jeweiligen Übung bezogen werden und kann Anhand der Lernkurven validiert werden.

In der vorliegenden Arbeit konnte, wie unter 3.2 dargestellt, die auf der Basis der Expertenniveaus definierten Zielvorgaben für jede der sechs Übungen vom Median der Probanden in dem angestrebten Bereich der Lernkurve lokalisiert werden. Dabei liegt dieser Schnittpunkt - entsprechend der unterschiedlich hohen Anforderungen der Übungen - für jede der sechs Übungen bei einer unterschiedlichen Anzahl an Wiederholungen (*siehe 3.3, Tabelle 3*). Die im Vorfeld der Studie definierten Zielvorgaben für das LTB-Curriculum wurden demnach als sinnvoll erachtet und konnten im Rahmen der Studie erfolgreich validiert werden.

Es wurde von Brunner et al. beschrieben, dass Plateauphasen bei Lernkurven unterschiedlich stabil verlaufen können [12]. In der 2004 publizierte Studie zeigte sich bei n=12 Medizinstudenten im 2. Studienjahr anhand der ermittelten Lernkurven für 12 abstrakte Übungen an einem VRS (MIST-VR - Minimally Invasive Surgery Trainer, Wolfson Centre for Minimally Invasive Therapy and VR Solutions, Manchester, UK), dass ein erstes Plateau nach der 8. Wiederholung erreicht wurde, es im weiteren Verlauf - bis zur 21. bzw. 29. Wiederholung - jedoch zu einer weiteren deutlichen Verbesserung kam. Die Autoren berichteten, dass bei 9, der insgesamt 12 Übungen, die besten Ergebnisse erst zwischen der 20. und 30. Wiederholung und damit jenseits des eigentlichen Anfangsbereichs der Plateauphase erzielt wurden [12]. Nach Erreichen der Zielvorgabe führten die Probanden in der vorliegenden Studie daher 10 bzw. bei der Übung 6 sogar 20 weitere Wiederholungen durch mit dem Ziel, die benötigte Zeit weiter zu verbessern, um eine mögliche weitere Verbesserung im späteren Verlauf der Plateauphase noch erfassen zu können. Hierbei zeigte sich jedoch für keine der sechs Übungen ein weiterer Lernfortschritt. In den meisten Fällen waren die Ergebnisse sogar eher schlechter als kurz vor dem Erreichen der Zielvorgabe. Insbesondere die (geringfügige) Verschlechterung lässt sich wahrscheinlich auf eine verminderte Motivation zurückführen, sich nach erreichter Zielvorgabe weiter zu verbessern. Auch wenn in den Lernkurven kein weiterer Lernfortschritt bezüglich der Zeit zu verzeichnen war, war es dennoch möglich, dass die zusätzlichen Wiederholungen die Fertigkeiten weiter festigten. Dies würde einen offensichtlichen Effekt auf die Lernkurven der jeweils nachfolgenden Übung implizieren und konsequenter Weise auch auf die Leistung bei der Cholezystektomie im Anschluss an das Curriculum. Für das Studienkollektiv hätte dies wenig Relevanz gehabt. In Hinblick auf die Festlegung des eigentlichen LTB-Curriculums (ohne die zusätzlichen 10 bzw. 20 Wiederholungen nach Erreichen der Zielvorgabe) und auch in Hinblick auf den Effekt des Simulationstrainings auf eine reale Operationsumgebung stellt dieser Teil des Studienprotokolls jedoch einen möglichen Bias dar. Im LTB-Curriculum werden die Zielvorgaben dadurch u.U. erst nach mehr Wiederholungen als in der vorliegenden Studie erreicht und die Leistung innerhalb einer (nahezu) realen operativen Prozedur könnten weniger gut sein. Dieses könnte Bestandteil weiterer, möglichst multizentrischer Studien an der Lübecker Toolbox sein.

Bei der Übung 5 bestand im Vorfeld die Annahme, dass die komplexe Form mit einer Linienbreite von 4mm möglicherweise eine zu hohe Anforderung an die Probanden stellen würde. Um zu untersuchen, ob eine breitere Linie besser mit der Zielvorgabe korreliert, wurden die Probanden zufällig einer der beiden Gruppen A oder B zugeteilt, welche die komplexe Form mit einer unterschiedlichen Linienbreite von 4 bzw. 5mm ausschneiden. In der Gruppe A benötigten die Probanden zum Erreichen der Zielvorgabe fast doppelt so viele Wiederholungen wie in der Gruppe B (Gruppe A = 19 (6-68) vs. Gruppe B = 10 (4-30)). Das Kollektiv der Experten schnitt bei dieser Übung die Form mit einer Linienbreite von 4mm. Dementsprechend ist die vorgegebene Zielzeit auf die Lernkurve der Gruppe A anzuwenden, da nur hier die Anforderungen bei der Durchführung vergleichbar waren. Betrachtet man die Lernkurve der Gruppe A, so zeigt sich auch hier der Median für das Erreichen der Zielvorgabe im anfänglichen Teil der Plateauphase. Es wurde daher für die Übung 5 des LTB-Curriculum eine Linienbreite von 4mm festgelegt. Für die Gruppe B, die im Median schon nach 10 Wiederholungen die Zielvorgabe erreichte, lag der Punkt schon sehr früh im Kurvenverlauf. Offensichtlich war das erforderliche Niveau der Fertigkeiten durch die breitere Linie zu niedrig. Hierdurch hätte erwartet werden können, dass sich ein konsekutiv geringerer Lerneffekt auch in der Übertragbarkeit auf die Operationssimulation widerspiegelt. Im Vergleich der Gruppen anhand des GOALS-Scores der Cholezystektomien nach Abschluss des Curriculums (CHE II) zeigten sich jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede (*siehe 3.4, Tabelle 5*). Wahrscheinlich ist der nur geringe Einfluss durch die unterschiedlichen Linienbreiten bei der Übung 5 durch eine Kompensation durch den Lerneffekt aus der vorherigen, inhaltlich sehr ähnlichen und für alle Probanden identischen Übung 4 erklärt, bei der die Lernkurve deutlich flacher verlief. Hier benötigten die Probanden hinsichtlich der Linienbreite im Vergleich zur Übung 5, mit $n=43,5$ (15-59) Wiederholungen deutlich länger, um die Zielvorgabe zu erreichen. Zudem wird diese Vermutung durch die deutlich geringere Differenz der benötigten Zeit bei der ersten Wiederholung bis zum Erreichen der Zielvorgabe weiter erhärtet (*siehe 3.3, Tabelle 3*). Der überwiegende Teil des Erwerbs der Fertigkeiten zur Präparation mit Schere und die Durchführung einer effizienten Triangulation wurde demzufolge offensichtlich bereits im Rahmen der Übung 4 erworben und weniger stark durch die Übung 5 beeinflusst.

In einem Großteil der Studien über die Evaluierung laparoskopisch-manueller Fertigkeiten wurden nur Teilaspekte des Lernfortschrittes wie beispielsweise die Operationszeitverkürzungen bedacht [7, 21, 67]. Es wurde bemängelt, dass manuelle Fertigkeiten jedoch multidimensional zu betrachten sind und die Erfassung der benötigten Zeit als alleiniges Beurteilungskriterium für die chirurgische Leistung kritisch anzusehen sei [7, 13, 17, 21, 67]. Auch beeinflussen Faktoren wie Konversions- und Komplikationsraten unmittelbar die Qualität der Patientenversorgung und haben darüber hinaus betriebswirtschaftliche Relevanz. Durch präzises und effizientes Arbeiten - also laparoskopisches Operieren - lassen sich daher die Patientenversorgung verbessern und zusätzliche Kosten werden vermieden. Nur wenig Studien erfassen jedoch die laparoskopischen Fertigkeit beim Simulationstraining an Video- bzw. Box-Trainern mehrdimensional z.B. anhand von validierten Bewertungssystemen wie dem Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS) oder dem Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS)-Score [62, 93, 106]. Die den Scores zugrunde liegenden Daten basieren dabei jedoch immer auf mehr oder weniger subjektiven Bewertungen [1]. Eine objektiv-reproduzierbare Erfassung von Bewegungseffizienz, Bewegungskorrekturen oder falscher Tiefenzuordnung erfolgt dabei nicht, zudem ist diese Bewertungsmethode ressourcenintensiv, da sie eine permanente direkte oder indirekte Observierung durch einen oder mehrere erfahrene Chirurgeninnen oder Chirurgen benötigt. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt bleibt die Schwierigkeit bestehen, bei abstrakten Übungen an Video-Trainern weitere Parameter neben Zeit und ggf. noch Präzision zu erfassen, um diese in eine Zielvorgabe einfließen zu lassen. Im Vergleich zu Virtual-Reality-Simulatoren (VRS) ist beispielsweise die Erfassung der Wegstrecke, Kraft oder Effektivität der Bewegungen bei einem Video- bzw. Box-Trainer zwar mithilfe von Tracking-Systemen auch unter Einsatz realer Instrumentarien möglich, jedoch mit hohem und kostspieligem Aufwand verbunden [43, 44, 84, 92]. Dementsprechend ist es nicht verwunderlich, dass die meisten der veröffentlichten Studien mit Lernkurven für das laparoskopische Training direkt im OP oder an Video-Trainern die Zeit als einzigen Parameter erfassen [40]. Durch die automatisch ermittelten Bewertungsparameter besteht bei den VRS natürlich ein Vorteil gegenüber den Video-Trainern. Auch in Hinblick auf die fortwährende Weiterentwicklung, insbesondere im Bereich der computergestützten Bildsequenzen, werden die Angebote an Programmen für VR-Simulatoren immer umfangreicher. So

können mittlerweile ganze Operationen sehr realistisch inklusive der Simulation eines haptischen Feedbacks nachgestellt werden. Auf Grund der hohen Anschaffungskosten sind die VRS jedoch für viele Kliniken nicht erschwinglich (recherchierte Listenpreise validierter VRS: Simsurgery® - Norwegen, ca. 25.000 EUR; MIST-VR®-Simulator - Immersion Medical/Göteborg, ca. 30.000 EUR; LapSim® - Surgical Science/Göteborg, ca. 50.000 EUR; Lap-Mentor® - Symbionix/Israel, ca. 65.000 EUR, Stand 2014) [74, 101]. Ein großer Nachteil besteht zudem in der Schwierigkeit, auch das für den Operateur relevante tatsächliche taktile Feedback realistisch nachzustellen. Auch wenn sich beim laparoskopischen Simulationstraining durch die erweiterten Möglichkeiten der VR-Systeme eine Tendenz der Überlegenheit abzeichnen mag, konnte in mehreren Studien im Vergleich zu den deutlich kostengünstigeren Video- bzw. Box-Trainern bisweilen kein signifikanter Vorteil im Lerneffekt nachgewiesen werden [6, 19, 61, 69, 74, 98, 115].

Zur Implementierung der Präzision in den Zielvorgaben für die Lübecker Toolbox wurde ein Fehlerscore für jede der sechs Übungen definiert (*siehe 2.4.2*). Im Rahmen der vorliegenden Studie galt lediglich eine fehlerfreie Durchführung in der Zielzeit als erfüllte Zielvorgabe. Die während der Studie notierten Fehler mit entsprechenden Zeitaufschlägen wurden erst nachträglich mit den dokumentierten Zeiten verrechnet und zum Vergleich aus diesen Daten ebenfalls Lernkurven erstellt (*siehe 3.2*). Betrachtet man die Lernkurven mit und ohne Einbeziehung der Zeitaufschläge, so zeigen sich für den Großteil der Übungen nur sehr geringe Unterschiede. Insbesondere in Bezug auf das Erreichen der Zielvorgabe waren die Abweichungen minimal. Dies begründet sich unter anderem darin, dass die Zeitaufschläge des Fehlerscores bewusst so definiert waren, dass durch einen Fehler ein Erreichen der Zielvorgabe fast unmöglich wurde. Der Präzision wurde dadurch indirekt ein großer Stellenwert in Form des zugrunde liegenden kalkulatorischen Faktors eingeräumt. Anhand der Darstellung der erfassten Fehler im Verlauf zeigte sich deutlich, dass sich mit steigender Erfahrung auch die Anzahl der Fehler verringerte (*siehe 3.2.7, Abbildung 20*). Der analoge Zusammenhang, dass mit steigender Erfahrung sowohl die Operationsdauer als auch die Komplikationsrate im gleichen Maße sinken, liegt auf der Hand und wurde bereits im Rahmen anderer Studien aufgezeigt [15, 41, 63]. Die dem Fehlerscore zugrunde liegenden „Spielregeln“ sind Teil der Standardisierung des Übungsinhaltes und wurden nachfolgend als fester Bestandteil des Lübecker Toolbox-Curriculums definiert.

Unter Einhaltung der standardisierten Vorgaben benötigten die Probanden eine Gesamtdauer von 4-6 Wochen zum Durchlaufen des LTB-Curriculums (*siehe 3.3*), wobei die zusätzlichen Wiederholungen nach Erreichen der Zielvorgabe hier integriert sind. Das Ansehen der Lehrvideos und die Vorbereitung der Versuche, wie beispielsweise das Stempeln und Einspannen des Schneidmaterials oder das Sortieren der Hülsen, war in der Zeitdauer der Übungseinheiten ebenfalls enthalten. Dieser überschaubare Zeitraum ermöglicht theoretisch das Curriculum als festen Bestandteil in einem Rotationsplan zur Ausbildung junger Assistenzärzte oder als Wahlfach für interessierte Medizinstudenten zu integrieren.

4.3.1 Einfluss von Interessensmerkmalen

Zu Beginn der Studie füllten alle Probanden einen Fragebogen aus, der 11 Fragen bezüglich des Interesses, der Motivation und der Erfahrungen in der Chirurgie allgemein und der minimal-invasiven Chirurgie im Speziellen umfasste. Zudem war eine Frage bezüglich der Erfahrungen mit PC-Spielen und Spielekonsolen mit Joystick und/oder Joypad zu beantworten. Nach Abschluss der Studie füllten die Probanden nochmals einen Fragebogen aus, in dem erneut 7 Fragen zu verschiedenen Kategorien des Interesses an der Chirurgie gestellt wurden, korrespondierend zum ersten Fragebogen. Zudem waren 4 Fragen bezüglich des Praktizierens eines Musikinstruments zu beantworten. Anhand der erhobenen Daten sollte untersucht werden, ob bestimmte Interessensmerkmale Möglicherweise einen Einfluss auf den Lernfortschritt der Probanden und somit auf die Studiendaten gehabt haben.

Gurusamy et al. beschrieben einen signifikanten Unterschied im Trainingseffekt an einem Simulator zwischen Studierenden der Medizin und Berufsanfängern in der Chirurgie [38]. Solche Differenzen werden zum einen auf eine gewisse Erfahrung, vor allem aber auch auf eine höhere Motivation von chirurgischen Assistenzärztinnen und -ärzten zurückgeführt, die sich ihrer Fachrichtung wahrscheinlich sicherer sind als Medizinstudierende, die häufig in der Wahl der angestrebten Fachrichtung noch nicht festgelegt sind [38, 42]. Ein dadurch bedingter Einfluss auf die Motivation, ein chirurgisches Simulationstraining durchzuführen, erscheint offensichtlich. Es könnte also auch in der vorliegenden Studie eine unterschiedlich starke Motivation vorgelegen haben, weil sich nicht alle der studentischen Probanden zwangsläufig gleichermaßen für ein

operatives Fach interessierten. Diese inter-individuellen Unterschiede bezüglich des Interesses wurden anhand der Fragebögen erfasst, um einen möglichen Einfluss auf die Lernkurven der Probanden festhalten zu können. Es wurde jedoch bezüglich des allgemeinen Interesses an der Chirurgie, sowie dem speziellen Interesse an der minimal-invasiven Chirurgie von allen Probanden ein allgemein sehr hoher Wert angegeben (*siehe 3.5.1*). Es konnte somit ein Bias durch eine möglicherweise unterschiedliche Motivation durch unterschiedliches Interesse an chirurgischen Fachgebieten ausgeschlossen werden.

Bei der direkten Frage nach der Motivation bezüglich der Studie gaben 5 Probanden mit 10 von 10 Punkten eine im Vergleich äußerst ausgeprägte, lediglich zwei Probanden mit 4 und 5 von 10 Punkten eine im vergleichbar geringere Motivation an. Die 5 außerordentlich motivierten Probanden benötigten durchschnittlich deutlich weniger Wiederholungen zum Erreichen der Zielvorgaben als die zwei weniger motivierten Probanden (*siehe 3.5.1*). Durch die geringe Größe dieser Subgruppen war jedoch eine statistische Berechnung nicht sinnvoll möglich. Allenfalls als Tendenz lässt sich festhalten, dass vermutlich auch hier die Motivation einen Einfluss auf die Ergebnisse zumindest einiger Probanden hatte. Insgesamt wurde jedoch bei der direkten Motivation bezüglich der Studie mit durchschnittlich 8,4 ($\pm 1,4$) von 10 Punkten eine allgemein große Motivation angegeben, welche am ehesten durch die freiwillige Teilnahme an der Studie zu erklären ist. Diese Vermutung wird durch die zuverlässige Teilnahme der Probanden während der gesamten Studie untermauert. Nur ein einziges Mal wurde von den klar vorgegebenen Trainingsterminen abgewichen und kein Proband brach die Studie während des Curriculums ab. Lediglich ein Proband führte die abschließende Cholezytektomie am Organmodell nicht mehr durch. Es kann also davon ausgegangen werden, dass Unterschiede in der Motivation keinen oder nur einen sehr geringfügigen Einfluss auf die vorliegenden Studienergebnisse gehabt haben.

Anhand der Fragebögen wurde auch erfasst, ob durch die Teilnahme an der Studie bzw. das Absolvieren des laparoskopischen Simulationstrainings, das Interesse an einer chirurgischen Fachrichtung weiter gesteigert werden könnte. Im Vergleich zeigte sich hier jedoch kein signifikanter Anstieg, wobei zu beachten ist, dass mit durchschnittlich 7,6 ($\pm 1,6$) von 10 Punkten schon zu Beginn der Studie ein allgemein großes Interesse angegeben wurde (*siehe 3.5.1*). Auch dies hängt sicher mit der freiwilligen Teilnahme an

der Studie zusammen. Eine Subgruppenanalyse derjenigen mit zu Beginn etwas geringeren Punktwerten ergab keine aussagekräftigen Ergebnisse.

Einige Studien beschrieben, dass bestimmte Hobbys wie das Spielen von Video-Spielen oder das regelmäßige Ausüben eines Musikinstruments einen Einfluss auf die laparoskopischen Fertigkeiten haben können [77]. Anhand der Fragebögen sollte daher erfasst werden, ob Erfahrungen mit PC-Spielen und Spielekonsolen oder das regelmäßige Ausüben eines Musikinstrumentes ggf. auch Einflüsse auf die erhobenen Studienergebnisse gehabt haben.

Es wurden bereits einige Studien publiziert, die einen positiven Zusammenhang zwischen dem Konsum von Video-Spielen mit entsprechender manueller Steuerung (z.B. über ein Bedienmodul) und den Fertigkeiten an einem laparoskopischen Simulator beschrieben, zu einem möglichen übertragbaren Effekt auf reale Operationen liegen bisher keine Daten vor [4, 8, 82, 83, 86, 113]. Videospiele, insbesondere der neueren Generation, lassen eine gewisse bereits erlernte Übertragbarkeit einer zweidimensionalen Darstellung auf dreidimensional durchzuführende Bewegungen erwarten. Zudem könnte der regelmäßige Konsum eine bessere Hand-Auge-Koordination und eine besser trainierte Feinmotorik, insbesondere der nicht-dominanten Hand beim bimanuellen Arbeiten bedingen. Grantcharov et al. zeigten in Ihrer Studie mit 25 Probanden, dass diejenigen Studienteilnehmer, die regelmäßig Computerspiele spielten, signifikant weniger Fehler machten, wobei die benötigte Zeit bei den Operationssimulationen und die Effektivität der Bewegungen hier unbeeinflusst blieben [33]. Dieses zeigte sich auch in einer von Rosser et al. mit 33 Assistenzärzten durchgeführten Studie für das Rosser Top Gun Laparoscopic Skills and Suturing Program, in der aufgezeigt werden konnte, dass die Häufigkeit bzw. Intensität des Spielens direkt mit der Fehlerrate und der Geschwindigkeit korrelierte [82]. Ob in der vorliegenden Studie ebenfalls ein Einfluss durch die Erfahrungen mit PC-Spielen und Spielekonsolen vorgelegen hat, wurde mittels der Fragebögen untersucht. Erfasst wurde hierbei der Einfluss auf die erhobenen Lernkurven und bestimmte Aspekte des GOALS-Scores der Cholezystektomien. Im Vergleich der Ergebnisse des GOALS-Scores der Cholezystektomien der Gruppen mit und ohne PC- und Konsolen-Spiel-Erfahrung zeigte sich für keine der Unterkategorien ein signifikanter Unterschied (*siehe 3.5.2, Tabelle 6*). Bei den Ergebnissen der vorliegenden Studie zeigte

sich, dass die Gruppe der n=11 Probanden mit PC- und Konsolen-Spiel-Erfahrungen bei den benötigten Wiederholungen bis zum Erreichen der Zielvorgabe für die Übung 1, sowie in der Summe der benötigten Zeit für die ersten 5 Wiederholungen tatsächlich signifikant besser war, wobei sich bei den gesamt benötigten Wiederholungen zur Vollendung des Curriculums wiederum kein signifikanter Unterschied aufzeigen ließ (*siehe 3.5.2, Tabelle 7*). In einem Review wurden 25 Studien bezüglich relevanter Computerspiele zur Verbesserung chirurgischer Fertigkeiten verglichen. Unter den 30 aufgeführten digitalen Spielen zeigten sich lediglich drei, als sinnvolles Training von laparoskopischen psychomotorischen Fertigkeiten [32]. Es scheint also einen Unterschied zu machen, welche Art von Computerspielen praktiziert werden. Dieses wurde in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht erfasst und auch nicht mit welcher Intensität und über welchen Zeitraum die Probanden die PC- und Konsolenspiele ausgeübt haben. Bei den Ergebnissen könnte hier also allenfalls von einer möglichen Tendenz eines positiven Effektes zu Beginn des Curriculums gesprochen werden. Die Übertragbarkeit auf reale Operationsumgebungen bleibt generell fraglich. Um einen möglichen, statistisch relevanten Einfluss auf laparoskopische Fertigkeiten zumindest an der Lübecker Toolbox genauer aufzuzeigen, hätte eine wie oben beschriebene Konkretisierung der Spielinhalte und -intensität erfolgen müssen, mit jedoch dann sehr wahrscheinlich ohnehin zu kleinen Subgruppen. Es lässt sich jedoch sagen, dass die Erfahrungen mit PC- und Konsolenspielen der Probanden, allenfalls einen sehr geringen verfälschenden Einfluss auf die Studienergebnisse gehabt haben.

Unter den gleichen Aspekten wurde auch ein möglicher Einfluss durch das regelmäßige Ausüben eines Musikinstrumentes untersucht. Hierzu liegen nur wenige Studien vor [11, 77]. Es ist vorstellbar, dass sowohl das Lesen von Noten, als auch die erlernten motorischen Fertigkeiten sowohl eine bessere Hand-Auge-Koordination, als auch eine besser trainiertere Feinmotorik, insbesondere der nicht-dominanten Hand beim bimanuellen Arbeiten bedingen. Ein positiver Effekt konnte beispielsweise in einer von Boyed et al. durchgeführten Studie mit 30 Assistenzärzten, zumindest für unterschiedliche laparoskopische Nahttechniken aufgezeigt werden [11]. Bei der Erfassung der Probanden, die ein Musikinstrument ausgeübt haben bzw. ausüben, wurde der Aspekt des Zeitraums, in dem das Instrument praktiziert wurde, berücksichtigt und nur Probanden einbezogen, die regelmäßig und über einen längeren Zeitraum ein

Instrument gespielt hatten. Dabei wurden Probanden, die vor über 10 Jahren oder über einen geringeren Zeitraum als 5 Jahre ein Instrument gespielt hatten, nicht in die Gruppe der Musikinstrumente-Erfahrenen eingeschlossen. Nach diesen Kriterien zeigte sich in der vorliegenden Arbeit im Vergleich der beiden ähnlich großen Gruppen (53,3% Musikinstrument-Erfahrene vs. 46,7% Unerfahrene) für keinen der untersuchten Parameter ein signifikanter Unterschied (*siehe 3.5.3, Tabelle 8 und 9*). Es wurde durch die Fragebögen jedoch nicht erhoben, wie intensiv, also beispielsweise wie viele Stunden wöchentlich ein Instrument praktiziert wurde. Es ist denkbar, dass jemand, der über den gleichen Zeitraum täglich mehrere Stunden übt, andere Fertigkeiten und Fähigkeiten auch hinsichtlich des laparoskopischen Trainings entwickelt hat, als jemand, der im gleichen Zeitraum deutlich weniger frequentiert spielt.

Zur genaueren Untersuchung der erfassten Interessensmerkmale und für valide Ergebnisse über mögliche Einflüsse auf laparoskopische Fertigkeiten wäre ein weitaus spezifischeres Studiendesign mit diesbezüglich zuvor festgelegten Einschlusskriterien der Probanden und einer Vergleichsgruppe sinnvoll. Diese Kriterien lagen jedoch nicht im Fokus der vorliegenden Studie. Zumindest konnte durch die Erhebung der Daten aus den Fragebögen hier aufgezeigt werden, dass die von uns erhobenen Interessensmerkmale keinen relevanten Bias auf die Studienergebnisse hatten.

4.4 Übertragbarkeit des Lerneffektes

Der Erfolg des laparoskopischen Simulationstrainings muss letztlich immer gekoppelt an die Übertragbarkeit aus der simulierten Umgebung in die reale Umgebung sein, also hier die Verbesserung der Lernkurve auch bei realen Operationen. Die Übertragbarkeit eines Lerneffektes durch laproskopisches Simulationstraining konnte bereits in mehreren Studien nachgewiesen werden. Die Untersuchungen wiesen jedoch große methodische und qualitative Unterschiede auf und die Art des Lernerfolgs war sehr variabel und basierte nur selten auf validierten Bewertungsmethoden [14, 18, 97]. Die meisten der Studien untersuchten dabei die Effektivität des VRS-Trainings. Zur Übertragung der Fertigkeiten von Video-Trainern auf reale Operationen gibt es bedeutend weniger veröffentlichte Daten. Das ist möglicherweise auf die einfachere Möglichkeit der Datenerhebung durch

elektronische Datenspeicher bei den VRS zurückzuführen. Im Bereich der Video-Trainer wurde in einer Cochrane Studie von Nagendran et al. aus dem Jahre 2014 die Übertragbarkeit laparoskopischer Fertigkeiten lediglich in eine ebenso simulierte Umgebung an VRS nachgewiesen [71]. Über die Übertragbarkeit eines Lerneffektes durch einen validierten Video-Trainer auf eine reale Operation im viszeralchirurgischen Bereich gibt es bisher sogar nur eine Studie. In dieser Studie von Sroka et al. aus dem Jahre 2010 konnte für das FLS-System eine Übertragbarkeit der erlernten Fähigkeiten auf elektive laparoskopische Cholezystektomien nachgewiesen werden. Hierfür wurden 19 Assistenzärztinnen und -ärzte rekrutiert und nach anfänglicher Testung, sowohl am FLS-System als auch im Rahmen der elektiven Cholezytektomien, randomisiert entweder in eine Trainingsgruppe oder einer Kontrollgruppe zugeteilt. Die Trainingsgruppe durchlief das FLS-Curriculum, während die Kontrollgruppe kein weiteres Training hatte. Im Vergleich der beiden Gruppen nach Abschluss des FLS-Curriculums konnte die Trainingsgruppe mit 9 Assistenzärztinnen und -ärzten signifikant bessere Ergebnisse bei den Anhand des GOALS-Scores bewerteten Cholezytektomien erreichen [93]. Da die Teilnehmer hier bereits chirurgische Assistenzärztinnen und -ärzte waren muss man davon ausgehen, dass sie dementsprechend eine gewisse, wahrscheinlich nicht unerhebliche Grunderfahrung hatten. Für die vorliegende Studie mit Humanmedizin-Studierenden als Probanden, war die Erhebung des Lernerfolges durch die Durchführung einer realen Operation am Menschen unmöglich. Um einen übertragbaren Effekt nachzuweisen, wurde daher unter den örtlichen Gegebenheiten und mit den zur Verfügung stehenden Mitteln eine möglichst effektive und realitätsnahe Operationsumgebung mit Organmodellen geschaffen. Simuliert wurden Cholezystektomien an frischen Schweinelebern (*siehe 2.6*). Die operativen Einzelschritte und benötigten Fertigkeiten glichen dabei der einer realen Operation.

Die Cholezystektomie ist eine der am häufigsten in Deutschland durchgeführten viszeralchirurgischen Operationen und wird seit vielen Jahren routinemäßig in laparoskopischer Technik durchgeführt [3]. Aufgrund der übersichtlichen Anatomie, des standardisierten Ablaufs der Operationsschritte und auch wegen der überschaubaren Dauer dieses Eingriffs eignet sich die Prozedur für die Beurteilung laparoskopischer Fertigkeiten [75, 90, 105]. Der Zeitraum in dem die Operationssimulationen durchgeführt wurden, war vor Beginn der Studie klar definiert (*siehe 2.6*). Nur so konnten vergleichbare

Bedingungen unter den Probanden geschaffen werde, da diese unterschiedlich lange zur Vollendung des LTB-Curriculums brauchten. Um einen Bias durch individuelle verbale oder gar manuelle Hilfestellung während der Durchführung möglichst gering zu halten und eine Standardisierung in der Anleitung zu gewährleisten, wurden die Probanden durch ein edukatives, eigens hierfür erstelltes Instruktionsvideo geschult. In dem Instruktionsvideo wurden neben dem eigentlichen Operationsablauf auch detaillierte Anweisungen zur Durchführung erläutert. Das Video-Tutorial wurde von den Probanden jeweils unmittelbar vor der Operationssimulation mindestens einmal, auf Wunsch auch mehrmals angeschaut. Eine derart standardisiert festgelegte Schulung im Rahmen einer Übertragbarkeitsstudie wurde in der Literatur bisher von keiner anderen Arbeitsgruppe beschrieben.

Zur Bewertung der Cholezystektomien wurde der Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills – Score (GOALS-Score) angewendet (*siehe 2.6.1*). Der GOALS-Score ist ein vom Steinberg-Bernstein Centre for Minimally Invasive Surgery des McGill University Health Centre in Montréal und dem Department of Social and Preventive Medicine der Université de Montréal, Kanada, entwickeltes Bewertungssystem zur Erfassung und dem Vergleich von operativen Fertigkeiten in der minimal-invasiven Chirurgie. Das mittlerweile gut validierte Bewertungssystem beinhaltet fünf unterschiedliche Dimensionen psychomotorischer Fähigkeiten wie Tiefenwahrnehmung, beidhändiges Arbeiten, Effektivität der Bewegungen, Umgang mit dem Gewebe, sowie die Autonomie während des Eingriffs [37, 105]. Die absolute Zeit zur Durchführung der Operationssimulationen wurde in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt, da es für die Bewertung von Fertigkeiten kein ausschlaggebendes Kriterium darstellt, zumal die anatomischen Gegebenheiten der unterschiedlich großen Gallenblasen mit 9 bis 18 cm nicht als vergleichbar angesehen werden konnten.

Unter Anwendung des GOALS-Scores konnte auch schon in anderen Studien eine Übertragbarkeit von erlernten Fertigkeiten aus einem laparoskopischen Simulationstraining auf eine reale Operation dargestellt werden [62, 93]. In vielen Studien wurden die Probanden hierbei jedoch direkt observiert und bewertet, was zu subjektiven Einflüssen geführt haben könnte. Die videodokumentierte Bewertung wird im Gegensatz zur direkten Observation als objektivere und daher zuverlässigere Methode zur Evaluation operativer Fertigkeiten angesehen [106]. Auch in der vorliegenden Studie

wurden die Cholezystektomien pseudonymisiert videodokumentiert und die Aufnahmen erst nach Abschluss der Studie jeweils von zwei unabhängigen, erfahrenen Chirurgen bewertet. Unter diesen Kriterien zeigte sich eine statistisch signifikante Verbesserung der beurteilten Fertigkeiten im Gesamtwert (*siehe 3.4, Abbildung 21*). Dabei war auch für jede der fünf Unterkategorien (s.o.) eine statistisch signifikante Verbesserung zu verzeichnen (*siehe 3.4, Tabelle 4*).

Wie oben erwähnt zeigten sich bei vergleichbaren Studien gravierende methodische und qualitative Unterschiede. In der vorliegenden Studie konnte durch die Standardisierung bei der Anleitung und die dadurch minimierte individuelle Hilfestellung während der Operationssimulationen, sowie dem festgelegten Zeitraum und der pseudonymisierten Auswertung, ein Bias durch subjektive Einflüsse weitestgehend vermieden und vergleichbare Bedingungen unter den Probanden geschaffen werden. Die Simulation am Organmodell stellt natürlich keinen endgültigen Beweis dar, dass sich die erlernten Fertigkeiten auch auf reale Anforderungen bei Operationen am lebenden Menschen übertragen lassen. Bei aller Limitation, die ein Organmodell in Hinblick auf die Aussagekraft bezüglich einer tatsächlichen Operation mit sich bringt, konnte nur so eine hohe Standardisierung durch konstante Rahmenbedingungen und Minimierung externer Einflüsse erreicht werden. Ein endgültiger Beweis, dass die durch das LTB-Curriculum vermittelten Basisfertigkeiten auch auf die Anforderungen einer realen Operation übertragbar sind, steht weiterhin aus und könnte Inhalt weiterführender Studien sein.

Kritisch anzumerken an dem hier durchgeführten Studiendesign ist zudem das Fehlen einer Kontrollgruppe, also eines Sub-Kollektivs, das ohne Simulationstraining zwei Cholezystektomien durchführte. Mehrere der oben erwähnten Studien, die einen übertragbaren Lerneffekt auf reale Operationen bzw. Operationssimulationen analysierten, beinhalteten eine Kontrollgruppe. Jedoch war andererseits die Größe des Studienkollektivs jeweils deutlich kleiner als das der vorliegenden Studie [14, 18, 93, 97]. Bei aller Eindeutigkeit in der Verbesserung der Leistung bei der Cholezystektomie bleibt unklar, wie viel des detektierten Effektes auf die bloße Wiederholung der Cholezystektomie an sich zurückzuführen ist. Vor dem Hintergrund, dass der GOALS-Score ein theoretisches Maximum von 25 aufweist und in einem solchen Fall die Fertigkeiten eines sehr erfahrenen minimal-invasiven Chirurgen widerspiegelt, erscheint die deutliche Steigerung von 10,88 auf 18,03 kaum durch eine einzige Wiederholung einer

Cholezystektomie bedingt zu sein. In der oben aufgeführten Studie von Sroka et al. wurden GOALS-Scores der Kontrollgruppe von 12,0 bei der ersten und 13,8 bei der zweiten operativen Prozedur beschrieben. Es wurde zudem anhand 76 zuvor ausgewerteter Cholezystektomien eine Verbesserung im GOALS-Gesamt-Score ≥ 5 als klinisch signifikante Größe definiert [93]. Obwohl die Validierung des Lerneffektes unter Berücksichtigung einer Kontrollgruppe im Studiendesign fundierter gewesen wäre, war aus logistischen Gründen auf eine Kontrollgruppe verzichtet worden. Auch vor dem Hintergrund der durch Sroka et al. beschriebenen Ergebnisse erscheint die Möglichkeit, dass die zweite Durchführung der Cholezystektomie den wesentlichen Grund für die Leistungsverbesserung darstellt, wenig realistisch. Dennoch, eine genaue Abschätzung der tatsächlichen Effektgröße des Lübecker Toolbox-Curriculums wäre mit einer Kontrollgruppe valider gewesen. In weiteren Studien sollte dies berücksichtigt werden.

5 Zusammenfassung

Der Beginn der Lernkurve der minimal-invasiven Chirurgie (MIC) ist durch Anforderungen charakterisiert, die sich grundsätzlich gut außerhalb des OPs erlernen und trainieren lassen. Vor dem Hintergrund der stetig wachsenden Bedeutung der minimal-invasiven Operationstechnik steigt auch der Bedarf an geeigneten Trainingsmethoden, insbesondere in Zeiten zunehmend begrenzter finanzieller, zeitlicher und personeller Ressourcen. Es hat sich gezeigt, dass die in einer simulierten Umgebung erlernten Fertigkeiten auf eine reelle Operation übertragen werden können. Standardisierte und wissenschaftlich begründet entwickelte Trainingscurricula für die MIC existieren in Europa jedoch bislang nicht. Vor diesem Hintergrund wurde an der Klinik für Chirurgie des UKSH Campus Lübeck ein Konzept zur Vermittlung laparoskopischer Basisfertigkeit entwickelt. Das Gesamtkonzept „Lübecker Toolbox“ (LTB) umfasst einen Box-Trainer, sechs Übungen mit nunmehr definierten und validierten Zielvorgaben, didaktische Videos und Vorgaben für einen möglichst effizienten Trainingsablauf. Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, standardisierte Zielvorgaben für jede der sechs Übungen zu definieren und zu validieren, zudem die Übertragbarkeit des Trainingseffektes auf eine realitätsnahe Umgebung aufzuzeigen und den Effekt bestimmter Faktoren auf den Lernfortschritt zu analysieren. Für die Definition der Zielvorgaben wurden die Leistungen von 15 laparoskopisch extrem erfahrenen Chirurgen multizentrisch erhoben und Zielzeiten definiert. Im Rahmen einer prospektiven Studie mit 30 MIC-unerfahrenen Probanden wurde definiert, dass diese Zielzeiten bei jeder Übung mindestens zweimal fehlerfrei zu erreichen sind. Anhand der Erstellung von Lernkurven wurde der Schnittpunkt zwischen Lernfortschritt und Anzahl der benötigten Wiederholungen zum Erreichen der Zielvorgaben festgehalten. Für alle Übungen konnte somit aufgezeigt werden, dass der Median der Probanden die Zielvorgabe im anfänglichen Bereich des Plateaus der Lernkurven erreichte. Die Leistung von erfahrenen MIC-Chirurgen konnte somit im Rahmen der Studie als sinnvolle Zielvorgabe für die Übungen bestätigt und festgelegt werden. Vor und nach Abschluss des Trainingscurriculums absolvierten alle Probanden eine Cholezystektomie am Organpaket, die jeweils videodokumentiert und verblindet unter Anwendung des GOALS-Scores bewertet wurden. Es zeigte sich sowohl im Gesamtwert, als auch in allen Unterkategorien eine signifikante Verbesserung nach Abschluss des Curriculums. Anhand von Fragebögen wurde ein nennenswerter Effekt unterschiedlicher Interessensmerkmale ausgeschlossen.

6 Literaturverzeichnis

1. Aggarwal R, Grantcharov T, Moorthy K, Milland T, et al.; Toward feasible, validated and reliable video-based assessments of technical surgical skills in the operating room; *Ann Surg* 247:372-379 (2008)
2. Ahlberg G, Enochsson L, Gallagher AG, Hedman L, et al.; Proficiency based virtual reality training significantly reduces the error rate for residents during their first 10 laparoscopic cholecystectomies; *Am J Surg* 193:797–804 (2007)
3. Albrecht R, Franke K, Koch H, Saeger HD; Prospektive Evaluation von Risikofaktoren bezüglich intraoperativer Konversion von laparoskopischer zu offener Cholezystektomie; *Zentralbl Chir* 141(02):204-209 (2016)
4. Badurdeen S, Abdul-Samad O, Story G, Wilson C, et al.; Nintendo Wii video-gaming ability predicts laparoscopic skill; *Surg Endosc* 24(8):1824–1828 (2010)
5. Bashankaev B, Baido S, Wexner SD; Review of available methods of simulation training to facilitate surgical education; *Surg Endosc* 25:28-35 (2011)
6. Beyer L, Troyer J De, Mancini J, Bladou F, et al.; Impact of laparoscopy simulator training on the technical skills of future surgeons in the operating room: a prospective study; *The American Journal of Surgery* 202:265-272 (2011)
7. Black M, JGould JC; Measuring laparoscopic operative skill in a video trainer. *Surg Endosc* 20:1069-1071 (2006)
8. Bokhari R, Bollman-McGregor J, Kahoi K, Smith M, et al.; Design, development, and validation of a take-home simulator for fundamental laparoscopic skills: using Nintendo Wii for surgical training; *Am Surg* 76(6):583–586 (2010)
9. Bonrath EM, Fritz M, Mees ST, Weber BK, et al.; Laparoscopic simulation training: does timing impact the quality of skills acquisition?; *Surg Endosc* 27:888–894 (2013)
10. Botden S, Hingh I de, Jakimowicz J; Suturing training in Augmented Reality: gaining proficiency in suturing skills faster; *Surg Endosc* 23:2131–2137 (2009)
11. Boyed T, Jung I, Sickle K Van, Schwesinger W et al.; Music Experience Influences Laparoscopic Skills Performance; *JSLs* 12(3):292–294 (2008)
12. Brunner WC, Korndorffer JR Jr, Sierra R; Laparoscopic virtual reality training: are 30 repetitions enough?; *J Surg Res* 122(2):150–156 (2004)
13. Buchmann P, Dincler S; Lernkurve - Berechnung und Stellenwert in der laparoskopischen Chirurgie; *Therapeutische Umschau* 62(2):69-75 (2005)

14. Buckley CE, Kavanagh DO, Traynor O, Neary PC; Is the skillset obtained in surgical simulation transferable to the operating theatre?; *The American Journal of Surgery* 207:146-157 (2014)
15. Cagir B, Rangraj M, Maffuci L, Herz BL; The learning curve for laparoscopic cholecystectomy; *J Laparoendosc Surg* 4(6):419-427 (1994)
16. Champault GG, Barrat C, Rozon RC, Rizk N, et al.; The effect of the learning curve on the outcome of laparoscopic treatment for gastroesophageal reflux; *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 9(6): 375-381 (1999)
17. Darzi A, Smith S, Taffinder N; Assessing operative skill - Needs to become more objective; *BMJ* 318:887-888 (1999)
18. Dawe SR, Pena GN, Windsor JA, Broeders JA et al.; Systematic review of skills transfer after surgical simulation-based training; *BJS* 101:1063–1076 (2014)
19. Debes AJ, Aggarwal R, Balasundaram I, et al.; A tale of two trainers: virtual reality versus a video trainer for acquisition of basic laparoscopic skills; *Am J Surg* 199:840–845 (2010)
20. Debes AJ, Aggarwal R, Balasundaram I, Jacobsen MB; Construction of an evidence-based, graduated training curriculum for D-box, a webcam-based laparoscopic basic skills trainer box; *Am J Surg.* 203(6):768-75 (2012)
21. Dincler S, Buchmann P; Lernkurve als Dokumentation der operativen Tätigkeit; *Chirurg Gastroent* 20(2):16-19 (2004)
22. Dongen KW Van, Wal WA van der, Rinkes IC et al.; Virtual reality training for endoscopic surgery: voluntary or obligatory? *Surg Endosc* 22:664–667 (2007)
23. Fraser SA, Klassen DR, Feldman LS, Ghitulescu GA, et al.; Evaluating laparoscopic skills, Setting the pass/fail score for the MISTELS system; *Surg Endosc* 17: 964–967 (2003)
24. Fraser SA, Feldman LS, Stanbridge D, Fried GM; Characterizing the learning curve for a basic laparoscopic drill; *Surg Endosc* 19:1572–1578 (2005)
25. Freeman ML, Nelson DB, Sherman S, et al.; Complications of endoscopic biliary sphincterotomy; *N Engl J Med* 26:909–918 (1996)
26. Fried GM, Feldman LS, Vassiliou MC, Fraser SA, et al.; Proving the Value of Simulation in Laparoscopic Surgery; *Ann Surg* 240:518-528 (2004)

27. Fried GM; FLS assessment of competency using simulated laparoscopic tasks; *J Gastrointest Surg.* 12(2):210-2 (2008)
28. Gallagher AG, Lederman AB, McGlade K, et al.; Discriminative validity of the Minimally In-vasive Surgical Trainer in Virtual Reality (MIST-VR) using criteria levels based on expert performance; *Surg Endosc* 18(4):660–665 (2004)
29. Gallagher AG, Ritter EM, Champion H, Higgins G, et al.; Virtual reality simulation for the operating room: proficiency based training as a paradigm shift in surgical skills training; *Ann Surg* 241:364–372 (2005)
30. Gerdes B, Hassan I, Maschuw K et al.; Instituting a surgical skills lab at a training hospital; *Chirurg* 77(11):1033–1039 (2006)
31. Gor M, McCloy R, Stone R, Smith A; Virtual reality laparoscopic simulator for assessment in gynaecology. *BJOG* 110:181–187 (2003)
32. Graafland M, Schraagen JM, Schijven MP; Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training; *British Journal of Surgery* 99:1322-1330 (2012)
33. Grantcharov TP, Bardram L, Funch-Jensen P, Rosenberg J; Impact of hand dominance, gender, and experience with computer games on performance in virtual reality laparoscopy; *Surg Endosc* 17:1082-1085 (2003)
34. Grantcharov TP, Kristiansen VB, Bendix J, Bardram L, et al.; Randomized clinical trial of virtual reality simulation for laparoscopic skills training. *Br J Surg* 91:146–150 (2004)
35. Grantcharov TP, Carstensen L, Schulze S; Objective assessment of gastrointestinal endoscopy skills using a virtual reality simulator; *JLS* 9(2):130–133 (2005)
36. Grantcharov TP, Funch-Jensen P; Can everyone achieve proficiency with the laparoscopic technique? Learning curve patterns in technical skills acquisition; *The American Journal of Surgery* 197:447-449 (2009)
37. Gumbs AA, Hogle NJ, Flower DL, et al.; Evaluation of Resident Laparoscopic Performance Using Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills; *J Am Coll Surg* 204(2):308-13 (2006)
38. Gurusamy K, Aggarwal R, Palanivelu L et al.; Systematic review of randomized controlled trials on the effectiveness of virtual reality training for laparoscopic surgery; *Br J Surg* 95:1088–1097 (2008)

39. Hackethal A, Immenroth M, Bürger T, et al.; Evaluation of target scores and benchmarks for the traversal task scenario of the Minimally Invasive Surgical Trainer-Virtual Reality (MIST-VR) laparoscopy simulator; *Surg Endosc.* 20(4):645-50 (2006)
40. Harrysson IJ, Cook J, Sirimanna P, Feldman LS, et al.; Systematic review of learning curves for minimally invasive abdominal surgery: a review of the methodology of data collection, depiction of outcomes, and statistical analysis; *Ann Surg* 260(1):37-45 (2014)
41. Hasan A, Pozzi M, Hamilton JR; New surgical procedures: can we minimise the learning curve?; *BMJ* 320: 171-173 (2000)
42. Hassan I, Gerdes B, Koller M et al.; Clinical background is required for optimum performance with a VR laparoscopy simulator; *Comput Aided Surg* 11(2):103–106 (2006)
43. Hasson HM; The LTS 2000-ISM60 simulator for laparoscopic skill training; *J Am Assoc Gynecol Laparosc* 11(Supp 1):S59 (2004)
44. Hasson HM; Simulation training in laparoscopy using a computerized physical reality simulator; *JLS* 12:363-367 (2008)
45. Hewett PJ, Allerdycce RA, Bagshaw BF, Frampton CM; Combined analysis of data of the Barcelona Trial, COST, CLASSIC & COLOR trials; *Annals of Surgery* Vol 248 No 5 (2008)
46. Hogle NJ, Chang L, Strong VE, et al.; Validation of laparoscopic surgical skills training outside the operating room: a long road; *Surg Endosc* 23:1476-1482 (2009)
47. Hyltander A, Liljegren E, Rhodin PH, et al.; The transfer of basic skills learned in a laparoscopic simulator to the operating room; *Surg Endosc* 16:1324-1328 (2002)
48. Issenberg S, McGaghie W, Hart I; Simulation technology for health care professional skills training and assessment; *JAMA* 282: 861-866 (1999)
49. Jayne DG, Thorpe HC, Copeland J, et al.; Five-year follow-up of the Medical Research Council CLASICC trial of laparoscopically assisted versus open surgery for colorectal cancer; *Br J Surg* 97: 1638-45 (2010)
50. Kalvach J, Ryska O, Ryska M; Existing laparoscopic simulators and their benefit for the surgeon; *Rozhl Chir.* 95(1):4-12 (2016)

51. Kirchoff P, Clavien PA, Hahnloser D; Complications in colorectal surgery: risk factors and preventive strategies; *Patient Saf Surg* 4:5 (2010)
52. Kolozsvari NO, Andalib A, Kanevav P, Cao J, et al.; Sex is not everything: the role of gender in early performance of a fundamental laparoscopic skill; *SurgEndosc* 25:1037-1042 (2011)
53. Korndorffer JR Jr, Scott DJ, Sierra R, Brunner WC, et al.; Developing and Testing Competency Levels for Laparoscopic Skills Training; *Arch Surg.* 140(1):80-84 (2005)
54. Larsen CR, Grantcharov T, Aggarwal R, Tully A, et al.; Objective assessment of gynecologic laparoscopic skills using the LapSimGyn virtual reality simulator; *Surg Endosc* 20:1460–1466 (2006)
55. Larsen CR, Soerensen JL, Grantcharov TP, Dalsgaard T, et al.; Effect of virtual reality training on laparoscopic surgery: randomised controlled trial; *BMJ* 338: b1802 (2009)
56. Laubert T et al. Günther-Haenisch Preis-Sitzung; Effektivität unterschiedlicher Trainingsvorgaben und Übertragbarkeit eines standardisierten Trainingscurriculums für die MIC – eine prospektiv randomisierte Studie; 129. Kongress der DGCh (2012)
57. Laubert T et al.; Entwicklung von Zielvorgaben für ein standardisiertes MIC-Trainingscurriculum an der Lübecker Toolbox und Übertragbarkeit des Trainingseffektes; 132. Kongress der DGCh (2015)
58. Laubert et al; Effect of distinct interrupted training schedules and video-tutorials in MIS training – a prospective randomized trial and follow-up; eingereichtes Manuskript; *Surgical Endoscopy* (2016)
59. Lehmann KS, Ritz JP, Maass H, et al.; A prospective randomized study to test the transfer of basic psychomotor skills from virtual reality to physical reality in a comparable training setting; *Ann Surg* 241:442-449 (2005)
60. Mackay S, Morgan P, Datta V, Chang A, et al.; Practice distribution in procedural skills training: a randomized controlled trial; *Surg Endosc* 6:957–961 (2002)
61. Madan AK, Frantzides CT, Shervin N, et al.; Assessment of individual hand performance in box trainers compared to virtual reality trainers; *Am Surg* 69:1112–1114 (2003)
62. McCluney AL, Vassiliou MC, Kaneva PA, Cao J, et al.; FLS simulator performance predicts intraoperative laparoscopic skill; *Surg Endosc* 21:1991–1995 (2007)

63. Meinke AK, Kossuth T; What is the learning curve for laparoscopic appendectomy?; *Surg Endosc* 8: 371-375 (1994)
64. Mettler L, Semm K, Gebhardt JH, Schollmeyer Th, Schollmeyer M, Meyer P, Termanian A; *Endoskopische Abdominalchirurgie in der Gynäkologie, Kap. 2 Historischer Überblick*; Schattauer-Verlag, Stuttgart (2002)
65. Miederer SE, et al.: Endoscopic transpapillary splitting of a choledochocoele, *Dtsch Med Wochenschrift*, 103(5):216 – 219 (1978)
66. Mitchell EL, Lee DY, Sevdalis N, Partsafas AW, et al.; Evaluation of distributed practice schedules on retention of a newly acquired surgical skill: a randomized trial; *The American Journal of Surgery* 201:31–39 (2011)
67. Molinas CR, Win G De, Ritter O, et al.; Feasibility and construct validity of a novel laparoscopic skill testing and training model; *Gynacol Surg* 5:281-290 (2008)
68. Moulton C-AE, Dubrowski A, MacRae H, Graham B, et al.; Teaching Surgical Skills: What Kind of Practice Makes Perfect? A Randomized, Controlled Trial; *Annals of Surgery* Volume 244, Number 3 (2006)
69. Munz Y, Kumar BD, Moorthy K et al.; Laparoscopic virtual reality and box trainers: is one superior to the other?; *Surg Endosc* 18:485-494 (2004)
70. Munz Y, Almoudaris AM, Moorthy K, et al.; Curriculum-based solo virtual reality training for laparoscopic intracorporeal knot tying: objective assessment of the transfer of skill from virtual reality to reality; *Am J Surg* 193:774-783 (2007)
71. Nagendran M, Toon CD, Davidson BR, et al.; Laparoscopic surgical box model training for surgical trainees with no prior laparoscopic experience; *Cochrane Database Syst Rev* (2014)
72. Nepomnayshy D, Alseidi AA, Fitzgibbons SC, Stefanidis D; Identifying the need for and content of an advanced laparoscopic skills curriculum: results of a national survey; *Am J Surg*. 211(2):421-5 (2016)
73. Okrainec A, Soper NJ, Swanstrom LL, Fried GM; Trends and results of the first 5 years of Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS) certification testing; *Surg Endosc* 25:1192-1198 (2011)
74. Orzech N, Palter VN, Reznick RK, Aggarwal R, et al.; A Comparison of 2 Ex Vivo Training Curricula for Advanced Laparoscopic Skills: A Randomized Controlled Trial; *Ann Surg* 255:833–839 (2012)

75. Palter VN, Grantcharov TP; Virtual reality in surgical skills training; *Surg Clin North Am* 90: 605 – 617 (2010)
76. Palter VN, Grantcharov TP; Development and validation of a comprehensive curriculum to teach an advanced minimally invasive procedure: a randomized controlled trial; *Ann Surg.* 256(1):25-32 (2012)
77. Rao ND, Swaby J, Nehra D; Can a hobby influence medical students' suturing skills?; *the bulletin* 97:387-391 (2015)
78. Retrosi G, Haddad M, Clarke S; Voluntary Access To A Virtual Reality Laparoscopic Simulator (vrls) Is Not Enough: The Difficulties Of Integrating Simulation Into Paediatric Surgical Training; *BMJ STEL* 1:A79-A80 (2014)
79. Reznick RK, Mac Rae H; Teaching surgical skills – changes in the wind. *N Engl J Med* 355: 2664-2669 (2006)
80. Ritter EM, Scott DJ; Design of a Proficiency-Based Skills Training Curriculum for the Fundamentals of Laparoscopic Surgery; *Surgical Innovation* Volume 14(2):107-112 (2007)
81. Rogers DA, Elstein AS, Bordage G; Improving continuing medical education for surgical techniques: applying the lessons learned in the first decade of minimal access surgery; *Ann Surg* 233: 159-166 (2001)
82. Rosser JC, Lynch PJ, Cuddihy L, Gentile DA, et al.; The impact of video games on training surgeons in the 21st century; *Arch Surg* 142(2):181–186 (2007)
83. Sadandanan S, Dryfhout VL, Sosnowski JP; Video games and laparoscopic surgery; *J Gynecol Surg* 24(2):67–73 (2008)
84. Sansregret A, Fried GM, Hasson H, Klassen D, et al.; Choosing the right physical laparoscopic simulator? Comparison of LTS2000-ISM60 with MISTELS: validation, correlation and user satisfaction; *Am J Surg* 197:258-265 (2009)
85. Schlachta CM, Mamazza J, Seshadri PA; Defining a learning curve for laparoscopic colorectal resections; *Dis Colon Rectum* 44:217–222 (2001)
86. Schlickum MK, Hedman L, Enochsson L, Kjellin A, et al.; Systematic video game training in surgical novices improves performance in virtual reality endoscopic surgical simulators: a prospective randomized study; *World J Surg* 33(11):2360–2367 (2009)

87. Scott DJ, Soot NE, Mehrdad F; Transition from open to laparoscopic fundoplication – the learning curve; *Arch Surg* 134:278–281 (1996)
88. Scott DJ, Young WN, Tesfay ST, et al.; Laparoscopic skill training; *Am J Surg* 182:137-142 (2001)
89. Scott DJ, Ritter EM, Tesfay ST, Pimentel EA, et al.; Certification pass rate of 100% for fundamentals of laparoscopic surgery skills after proficiency-based training; *Surg Endosc* 22:1887-1893 (2008)
90. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, et al.; Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study; *Ann Surg.* 236(4):458-63 (2002)
91. Soot SJ, Eshraghi N, Farahmand M, Sheppard BC, et al.; Transition from open to laparoscopic fundoplication : the learning curve; *Arch Surg* 134:278-281 (1999)
92. Soyinka AS, Schollmeyer T, Meinhold-Heerlein I, et al.; Enhancing laparoscopic performance with the LTS3E: a computerized hybrid physical reality simulator; *Fertil Steril* 90(5):1988-1994 (2008)
93. Sroka G, Feldmann LS, Vassiliou MC, Kaneva PA, et al.; Fundamentals of Laparoscopic Surgery simulator training to proficiency improves laparoscopic performance in the operating room – a randomized controlled trial; *The American Journal of Surgery* 199:115-120 (2010)
94. Stefanidis D, Korndorffer JR, Markley S, Sierra R, et al.; Proficiency Maintenance: Impact of Ongoing Simulator Training on Laparoscopic Skill Retention; *J Am Coll Surg* 202:599–603 (2006)
95. Stefanidis D, Korndorffer JR Jr, Heniford BT, Scott DJ; Limited feedback and video tutorials optimize learning and resource utilization during laparoscopic simulator training; *Surgery* 142:202–206 (2007)
96. Stunt JJ, Wulms PH, Kerkhoffs GM, Dankelman J, et al.; How valid are commercially available medical simulators?; *Adv Med Educ Pract.* 5: 385–395 (2014)
97. Sturm LP, Windsor JA, Cosman PH, Cregan P et al.; A Systematic Review of Skills Transfer After Surgical Simulation Training; *Ann Surg* 248:166–179 (2008)
98. Tanoue K, Ieiri S, Konishi K, Yasunaga T, et al.; Effectiveness of endoscopic surgery training for medical students using a virtual reality simulator versus a box trainer: a randomized controlled trial; *Surg Endosc* 22:985–990 (2008)







99. The Clinical Outcomes of Surgical Therapy (COST) Study Group, Weeks JC, Nelson H, Gelber S, Sargent D, et al.; Short-term Quality-of-Life Outcomes Following Laparoscopic-Assisted Colectomy vs Open Colectomy for Colon Cancer: A Randomized Trial; *JAMA* 287(3):321-328 (2002)
100. The Clinical Outcomes of Surgical Therapy (COST) Study Group; A Comparison of Laparoscopically Assisted and Open Colectomy for Colon Cancer; *N Engl J Med* 350:2050-2059 (2004)
101. Thijssen AS, Schijven MP; Contemporary virtual reality laparoscopy simulators: quicksand or solid grounds for assessing surgical trainees?; *Am J Surg* 199: 529 – 541 (2010)
102. Thinggaard E, Kleif J, Bjerrum F, Strandbygaard J, et al.; Off-site training of laparoscopic skills, a scoping review using a thematic analysis; *Surg Endosc.* 2016 (Epub ahead of print)
103. Thompson JR, Leonard AC, Doarn CR, Roesch MJ, et al.; Limited value of haptics in virtual reality laparoscopic cholecystectomy training; *Surg Endosc* 25:1107–1114 (2011)
104. Vassiliou MC, Feldman LS, Andrew CG, Bergman S, et al.; A global assessment tool for evaluation of intraoperative laparoscopic skills; *the american journal of surgery* 190:107-113 (2005)
105. Vassiliou MC, Fowler DL, Andrew CG, Vergis A, et al.; External validation of the Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS); *Surg Endosc* 20:343 (2006)
106. Vassiliou MC, Feldman LS, Fraser SA, Charlebois P, et al.; Evaluating Intraoperativ Laparoscopic Skill: Direct Observation Versus Blinded Videotaped Performances; *Surgical Innovation* Volume 14(3):211-216 (2007)
107. Verdaasdonk EG, Stassen LP, van Wijk RP, Dankelman J; The influence of different training schedules on the learning of psychomotor skills for endoscopic surgery; *Surg Endosc* 2:214–219 (2007)
108. Voitk AJ, Tsao SG, Ignatius S; The tail of the learning curve for laparoscopic cholecystectomy; *Am J Surg* 182:250–253 (2001)

109. Watson DI, Baigrie RJ, Jamieson GG; A learning curve for laparoscopic fundoplication. Definable, avoidable, or a waste of time?; *Ann Surg* 224:198–203 (1996)
110. Websky MW von, Vitz M, Raptis DA, Rosenthal R, et al.; Basic laparoscopic training using the Symbionix LAP Mentor: setting the standards in the novice group; *J Surg Educ*. 69(4):459-67 (2012)
111. Win G de, van Bruwaene S, Ridder D de, Miserez M; The optimal frequency of endoscopic skill labs for training and skill retention on suturing: a randomized controlled trial; *J Surg Educ* 3:384–393 (2013)
112. Wishner JD, Baker JW, Hoffman GC, Hubbard GW, et al; Laparoscopic-assisted colectomy: the learning curve; *Surg Endosc* 9:1179-1183 (1995)
113. Yanwen O, McGlone ER, Camm CF, Khan OA; Does playing video games improve laparoscopic skills?; *International Journal of Surgery* 11:365-369 (2013)
114. Zendejas B, Cook DA, Bingener J, et al.; Simulation-based mastery learning improves patient outcomes in laparoscopic inguinal hernia repair: a randomized controlled trial; *Ann Surg* 254:502-9 (2011)
115. Zendejas B, Brydges R, Hamstra SJ, Cook DA; State of the evidence on simulation-based training for laparoscopic surgery: a systematic review. *Ann Surg* 257(4):586–593 (2013)
116. Zimmermann HG; *Chirurgische Laparoskopie*; Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag (1982)

Anhang

1. Erfassungsbogen (exemplarisch der Erfassungsbogen der Übung 6 - Vorderseite)

LÜBECKER TOOLBOX CURRICULUM

ÜBUNG 6: NAHT

NR: _____

~~~~~ Gummi weiterdrehen!!

===== Film angucken!!

===== Film angucken und Gummi weiterdrehen!

| Versuch Nr. | Zeit  | Abweichung vom Punkt (in mm) | Luftknoten | Knoten hält nicht | Fadenende zu kurz (<4mm) |
|-------------|-------|------------------------------|------------|-------------------|--------------------------|
| 1           |       |                              |            |                   |                          |
| 2           |       |                              |            |                   |                          |
| 3           |       |                              |            |                   |                          |
| 4           |       |                              |            |                   |                          |
| 5           | ~~~~~ | ~~~~~                        | ~~~~~      | ~~~~~             | ~~~~~                    |
| 6           | ===== | =====                        | =====      | =====             | =====                    |
| 7           |       |                              |            |                   |                          |
| 8           |       |                              |            |                   |                          |
| 9           | ~~~~~ | ~~~~~                        | ~~~~~      | ~~~~~             | ~~~~~                    |
| 10          |       |                              |            |                   |                          |
| 11          | ===== | =====                        | =====      | =====             | =====                    |
| 12          |       |                              |            |                   |                          |
| 13          | ~~~~~ | ~~~~~                        | ~~~~~      | ~~~~~             | ~~~~~                    |
| 14          |       |                              |            |                   |                          |
| 15          |       |                              |            |                   |                          |

| Versuch Nr. | Zeit  | Abweichung vom Punkt (in mm) | Luftknoten | Knoten hält nicht | Fadenende zu kurz (<4mm) |
|-------------|-------|------------------------------|------------|-------------------|--------------------------|
| 16          |       |                              |            |                   |                          |
| 17          | ~~~~~ | ~~~~~                        | ~~~~~      | ~~~~~             | ~~~~~                    |
| 18          |       |                              |            |                   |                          |
| 19          |       |                              |            |                   |                          |
| 20          |       |                              |            |                   |                          |
| 21          | ===== | =====                        | =====      | =====             | =====                    |
| 22          |       |                              |            |                   |                          |
| 23          |       |                              |            |                   |                          |
| 24          |       |                              |            |                   |                          |
| 25          | ~~~~~ | ~~~~~                        | ~~~~~      | ~~~~~             | ~~~~~                    |
| 26          |       |                              |            |                   |                          |
| 27          |       |                              |            |                   |                          |
| 28          |       |                              |            |                   |                          |
| 29          | ~~~~~ | ~~~~~                        | ~~~~~      | ~~~~~             | ~~~~~                    |
| 30          |       |                              |            |                   |                          |

## 2. Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS) -Score

| <b>Parameter</b>          | <b>Score</b> | <b>Definition/Description*</b>                                                                                                    |
|---------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Depth perception</b>   | 1            | Constantly overshoots target, wide swings, slow to correct                                                                        |
|                           | 2            |                                                                                                                                   |
|                           | 3            | Some overshooting or missing of target, but quick to correct                                                                      |
|                           | 4            |                                                                                                                                   |
|                           | 5            | Accurately directs instruments in the correct plane to target                                                                     |
| <b>Bimanual dexterity</b> | 1            | Uses only one hand, ignores nondominant hand, poor Coordination between hands                                                     |
|                           | 2            |                                                                                                                                   |
|                           | 3            | Uses both hands, but does not optimize interaction between hands                                                                  |
|                           | 4            |                                                                                                                                   |
|                           | 5            | Expertly uses both hands in a complimentary manner to provide optimal exposure                                                    |
| <b>Efficiency</b>         | 1            | Uncertain, inefficient efforts; many tentative movements; constantly changing focus or persisting without progress                |
|                           | 2            |                                                                                                                                   |
|                           | 3            | Slow, but planned movements are reasonably organized                                                                              |
|                           | 4            |                                                                                                                                   |
|                           | 5            | Confident, efficient and safe conduct, maintains focus on task until it is better performed by way of an alternative approach     |
| <b>Tissue handling</b>    | 1            | Rough movements, tears tissue, injures adjacent structures, poor grasper control, grasper frequently slips                        |
|                           | 2            |                                                                                                                                   |
|                           | 3            | Handles tissues reasonably well, minor trauma to adjacent tissue (ie, occasional unnecessary bleeding or slipping of the grasper) |
|                           | 4            |                                                                                                                                   |
|                           | 5            | Handles tissues well, applies appropriate traction, negligible injury to adjacent structures                                      |
| <b>Autonomy</b>           | 1            | Unable to complete entire task, even with verbal guidance                                                                         |
|                           | 2            |                                                                                                                                   |
|                           | 3            | Able to complete task safely with moderate guidance                                                                               |
|                           | 4            |                                                                                                                                   |
|                           | 5            | Able to complete task independently without prompting                                                                             |

\*(The descriptors shown are the “anchor” descriptors for scores 1, 3, and 5)

## **7 Danksagung**

Ich danke in erster Linie Prof. Dr. med. T. Keck für die Möglichkeit meine Arbeit in der Abteilung für Chirurgie der Universität zu Lübeck durchführen zu dürfen.

Mein größter Dank gilt Herrn PD Dr. med. Tilman Laubert für die Überlassung des Themas, die stetige, zuverlässige und überdurchschnittliche Unterstützung während der Studie und bei der Erstellung der Arbeit, die er trotz zeitintensiven klinischen Tätigkeiten leistete und für den stets angenehmen persönlichen Umgang.

Alle Mitarbeiter des Projektes „Lübecker Toolbox“, insbesondere Dr. med. H. Esnaashari, Dr. A.-C. Höfer und F. Zielke, sowie die zuverlässigen und motivierten Probanden haben einen großen Teil zu dieser Arbeit beigetragen.

Abschließend bedanke ich mich besonders bei meiner Familie, vor allem bei meinen Eltern für ihre stetige und bedingungslose Unterstützung. Auch Frau Gesa Diekmann gebührt ein großer Dank für ihre hingabevolle Unterstützung und Motivation. Die Fertigstellung dieser Arbeit wäre ohne euch kaum denkbar gewesen. Dankeschön!

## 8 Lebenslauf

### PERSÖNLICHE DATEN:

Name: Auerswald, Paul Georg  
Geburtsdatum/-ort: 13.08.1985 in Hamburg

### BERUFLICHER UND WISSENSCHAFTLICHER WERDEGANG

---

|               |                                                                                                                                         |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11/15 - heute | Kardiologische Rehaklinik, Curschmann-Klinik, Timmendorfer Strand                                                                       |
| 07/15 – 11/15 | Medizinische Klinik II – Kardiologie und Angiologie, Sana Kliniken Lübeck                                                               |
| 02/15 – 07/15 | Honorararztstelle Heidekreisklinikum Walsrode, Klinik für Psychiatrie                                                                   |
| 14/15         | Betreuung eines Skills-Lab auf dem DGCH Jahreskongress (München)                                                                        |
| 04/14         | Betreuung eines Skills-Lab auf dem DGCH Jahreskongress (Berlin)                                                                         |
| 12/12 – 03/13 | Mitarbeit an einer klinischen Studie der Allgemeinen-Chirurgischen-Klinik UKSH zur „Lübecker-Toolbox“ zum Erwerb der Promotion          |
| 12/11 - 06/12 | Mitarbeit an einem Forschungsprojekt des deutschen Frühgeborenen Netzwerks als bezahlte studentische Hilfskraft                         |
| 10/11 - 12/12 | Mitarbeit in einer molekularbiologischen Arbeitsgruppe an einem Forschungsprojekt zum Erwerb der Promotion ohne ausreichende Ergebnisse |
| 09/07 - 05/08 | Studentische Hilfskraft Klinikum Bremen Mitte (Innere Medizin/Intensiv Medizin)                                                         |

### AUSBILDUNG

---

|                     |                                                                |
|---------------------|----------------------------------------------------------------|
| Seit WS 14/15       | Promotionsstudent                                              |
| 01/15               | Erteilung der Approbation als Arzt                             |
| 12/14               | Zweite ärztliche Prüfung (Staatsexamen)                        |
| SS 10 - WS 14/15    | Studium der Humanmedizin Universität zu Lübeck                 |
| 04/10               | Wechsel an die Universität zu Lübeck                           |
| 03/10               | Erste ärztliche Prüfung (Physikum) an der Universität Freiburg |
| WS 07/08 - SS 10    | Studium der Humanmedizin Universität Freiburg                  |
| 05/07               | Exmatrikulation an der TU Hamburg-Harburg                      |
| WS 06/07 - WS 07/08 | Ingenieurstudium Schiffbau TU Hamburg-Harburg                  |
| 07/05               | Erwerb der allgemeinen Hochschulreife                          |