

Aus der Klinik für Gynäkologie und Geburtshilfe  
Direktor: Prof. Dr. med. Nicolai Maass  
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel  
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**Laparoskopische Trainingserfolge in der Gynäkologie:  
Verbesserung der Lernkurve am virtuellen Simulator für  
Anfänger und Experten**

**Inauguraldissertation**

zur

Erlangung der Doktorwürde

der Medizinischen Fakultät

der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

ARNE WEWER

aus Cloppenburg

Kiel, 2017

1. **Berichterstatter:** **Priv. Doz. Dr. med. Ibrahim Alkatout, M.A.**
2. **Berichterstatter:** **Priv. Doz. Dr. med. Gunnar, Elke**

**Tag der mündlichen Prüfung:** **23.02.2018**

**Zum Druck genehmigt, Kiel, den 09.12.2017**

**gez.:** **Prof. Dr. Norbert Arnold**  
**(Vorsitzender der Prüfungskommission)**

# Inhaltsverzeichnis

<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Legende .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<i>1.1. Die chirurgisch operative/laparoskopische Ausbildung .....</i>	<i>1</i>
<i>1.2. Virtuelle Operationssimulatoren und ihre Anwendung in der operativen Ausbildung ...</i>	<i>2</i>
<i>1.3. Fragestellung .....</i>	<i>4</i>
<b>2. Material und Methoden .....</b>	<b>5</b>
2.1. Studiendesign .....	5
2.2. Der Symbionix LAP Mentor .....	6
2.3. Laparoskopische Basisfähigkeiten (Aufgabenbeschreibung) .....	7
2.3.1. Aufgabe 1: 0° Kamera Bedienung .....	8
2.3.2. Aufgabe 2: 30° Kamera Bedienung .....	8
2.3.3. Aufgabe 3: Auge-Hand-Koordination .....	9
2.3.4. Aufgabe 4: Clippen - einhändig mit der dominanten Hand .....	9
2.3.5. Aufgabe 5: Clippen und Greifen - beidhändig .....	10
2.3.6. Aufgabe 6: Zweihändige Manöver .....	10
2.3.7. Aufgabe 7: Schneiden .....	11
2.3.8. Aufgabe 8: Elektrokoagulation .....	11
2.3.9. Aufgabe 9: Objektplatzierung .....	12
2.4. Testablauf .....	12
2.5. Statistische Analyse .....	13

<b>3. Ergebnisse .....</b>	<b>14</b>
3.1. Lernfortschritt in der Gesamtbetrachtung .....	14
3.2. Einteilung nach laparoskopischer Erfahrung .....	16
3.2.1. Aufgabenbewältigung .....	16
3.2.2. Benötigte Zeit / Aufgabe .....	18
3.3. Einteilung nach medizinischem Ausbildungsstand .....	20
3.3.1. Aufgabenbewältigung .....	20
3.3.2. Benötigte Zeit / Aufgabe .....	21
3.4. Einteilung nach Videospiele-Erfahrung.....	21
3.5. Subjektive Einschätzung der Fähigkeiten (Fragebogen) .....	22
<b>4. Diskussion .....</b>	<b>23</b>
4.1. Validität des Symbionix LAP Mentor .....	23
4.2. Die Lernkurve.....	26
4.3. Die passende Zielgruppe.....	28
4.4. Bedeutung von virtuellen Trainern für den OP-Saal .....	30
4.5. Bedeutung der Videospiele-Erfahrung.....	31
4.6. Vergleich mit anderen Simulatoren .....	33
<b>5. Zusammenfassung.....</b>	<b>36</b>
<b>6. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>37</b>
<b>7. Anhang.....</b>	<b>48</b>
7.1. Tabellen .....	48
7.2. Abbildungen .....	63

7.3. Fragebogen .....	88
<b>8. Publikationen.....</b>	<b>89</b>
8.1. Publikation.....	89
8.2. Abstract .....	90
<b>9. Danksagung.....</b>	<b>91</b>
<b>10. Lebenslauf.....</b>	<b>92</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Teilnehmer-Einteilung .....	48
Tabelle 2: Gesamtbetrachtung aller Teilnehmer (n = 64) im Vorher/Nachher-Vergleich .....	50
Tabelle 3: Aufgabenbewältigung, Einteilung nach laparoskopischer Erfahrung .....	52
Tabelle 4: Benötigte Zeit, Einteilung nach laparoskopischer Erfahrung .....	54
Tabelle 5: Aufgabenbewältigung, Einteilung nach Ausbildungsstand .....	56
Tabelle 6: Benötigte Zeit, Einteilung nach Ausbildungsstand.....	58
Tabelle 7: Aufgabenbewältigung, Einteilung nach Videospiele-Erfahrung .....	60
Tabelle 8: Vergleich der Untergruppen gegeneinander in der Aufgabenbewältigung .....	61
Tabelle 9: Vergleich der Untergruppen gegeneinander in der benötigten Zeit / Aufgabe .....	62

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiexemplar eines Symbionix LAP-Mentor .....	63
Abbildung 2: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 1 (+2) .....	64
Abbildung 3: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 3 .....	65
Abbildung 4: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 4 .....	66
Abbildung 5: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 5 .....	67
Abbildung 6: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 6 .....	68
Abbildung 7: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 7 .....	69
Abbildung 8: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 8 .....	70
Abbildung 9: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 9 .....	71
Abbildung 10: Vergleich aller Teilnehmer im Pre- und Post-Test in der Aufgabenbewältigung .....	72
Abbildung 11: Vergleich aller Teilnehmer im Pre- und Post-Test in der benötigten Zeit / Aufgabe .....	73
Abbildung 12: Vergleich der Gruppen nach laparoskopischer Erfahrung im Pre-Test in der Aufgabenbewältigung .....	74
Abbildung 13: Vergleich der Gruppen nach laparoskopischer Erfahrung im Post-Test in der Aufgabenbewältigung .....	75
Abbildung 14: Differenz zwischen Pre- und Post-Test nach laparoskopischer Erfahrung in der Aufgabenbewältigung .....	76
Abbildung 15: Vergleich der Gruppen nach laparoskopischer Erfahrung im Pre-Test in der benötigten Zeit / Aufgabe .....	77
Abbildung 16: Vergleich der Gruppen nach laparoskopischer Erfahrung im Post-Test in der benötigten Zeit / Aufgabe .....	78
Abbildung 17: Differenz zwischen Pre- und Post-Test nach laparoskopischer Erfahrung in der benötigten Zeit / Aufgabe .....	79
Abbildung 18: Vergleich der Gruppen nach Ausbildungsstand im Pre-Test in der Aufgabenbewältigung .....	80
Abbildung 19: Vergleich der Gruppen nach Ausbildungsstand im Post-Test in der Aufgabenbewältigung .....	81
Abbildung 20: Differenz zwischen Pre- und Post-Test nach Ausbildungsstand in der Aufgabenbewältigung .....	82
Abbildung 21: Vergleich der Gruppen nach Ausbildungsstand im Pre-Test in der benötigten Zeit / Aufgabe .....	83
Abbildung 22: Vergleich der Gruppen nach Ausbildungsstand im Post-Test in der benötigten Zeit / Aufgabe .....	84
Abbildung 23: Differenz zwischen Pre- und Post-Test nach Ausbildungsstand in der benötigten Zeit / Aufgabe .....	85
Abbildung 24: Vergleich der Gruppen nach Video-Spiel-Erfahrung im Pre-Test in der Aufgabenbewältigung .....	86
Abbildung 25: Vergleich der Gruppen nach Video-Spiel-Erfahrung im Post-Test in der Aufgabenbewältigung .....	87

## Legende

VRS	Virtuelle-Realitäts-Simulatoren
LAP Mentor	Simbionix LAP Mentor™ (Simbionix, Cleveland, Ohio, USA)
LAP	(durchgeführte) Laparoskopien
Anfänger	0- 20 durchgeführte Laparoskopien (LAP)
Fortgeschrittene	20 - 200 durchgeführte Laparoskopien (LAP)
Experten	> 200 durchgeführte Laparoskopien (LAP)
Sek	Sekunde(n)

# 1. Einleitung

## 1.1. Die chirurgisch operative/laparoskopische Ausbildung

Das Ziel einer jeden operativen Versorgung muss das beste Outcome für den Patienten sein. Eine optimale operative Patientenversorgung erfordert die Expertise des Operateurs, der das jeweilige OP-Verfahren beherrscht. Diese Verfahren selbst zu optimieren, neue technische Möglichkeiten zu implementieren, um eine bessere Patientenversorgung zu gewährleisten, ist stetiger Gegenstand von medizinischer Forschung und Entwicklung. Zu diesen innovativen Operationsmethoden gehört die Technik der Laparoskopie, auch als Schlüssel-Loch-Operation bezeichnet, da im übertragenen Sinne mit Werkzeugen durch einen Op-Zugang mit der Größe eines Schlüssellochs operiert wird. Der Nutzen dieser minimal-invasiven Techniken liegt sowohl in seiner Senkung der Mortalität und Darbietung besserer kosmetischer Ergebnisse als auch der Verkürzung der Erholungszeit für den Patienten (Darzi und Mackay 2002, Gor, McCloy et al. 2003, Mettler et al. 2013, Elessawy et al. 2015).

Wie lassen sich Mediziner in ihren manuellen Fähigkeiten qualitativ hochwertig und zeiteffizient ausbilden? Diese Frage stellt sich insbesondere im Hinblick an die steigenden technischen Anforderungen, zu denen die zunehmende Anzahl an minimal-invasiven Eingriffen wie laparoskopische oder modernere Roboter-assistierte Verfahren zählen. Die Schwierigkeit in der minimal-invasiven Chirurgie liegt darin, dass der Operateur oft nur über ein Zwischenmedium in dem OP-Gebiet arbeiten kann. Hierzu gehört, dass über lange unhandliche Werkzeuge in einem nicht direkt einsehbarem Areal gearbeitet wird und somit eine Transferleistung sowohl über die Instrumente als auch über eine Kamera und Bildschirm erfolgen muss. Die laparoskopische chirurgische Ausbildung erfordert deswegen den Erwerb bestimmter Fähigkeiten einschließlich Auge-Hand-Koordination, das Erschließen dreidimensionaler Strukturen aus einer zweidimensionalen Oberfläche, Arbeiten mit begrenzten taktilen Rückschlüssen und beidhändige Geschicklichkeit (Hanna et al. 1998, Middleton, Hamilton et al. 2013). Diese Fähigkeiten brauchen viel Zeit und Wiederholung, um sich entwickeln zu können (Moore und Bennett 1995), dies gilt insbesondere für die minimal-invasive Laparoskopie mit ihren besonderen Herausforderungen (Alkatout, Schollmeyer et al. 2012, Alkatout, Mettler et al. 2015).

Das Aufkommen von Arbeitszeitbegrenzung und die Besorgnis um ärztliche Behandlungsfehler während der Assistenzarztzeit führt jedoch zum Ausschluss vieler Anfänger vom Erwerb dieser Fähigkeiten bei tatsächlichen Patienten (Philibert, Friedmann et al. 2002). So möchte jeder

Patient natürlich vom bestmöglichen Operateur behandelt werden und nicht vom Anfänger, der dieses Verfahren erst erlernen soll. Darüber hinaus würde die Ausbildung eines Anfängers im OP-Saal zu verlängerten Operationszeiten und damit verbundenen steigenden finanziellen Kosten führen, so dass ein direktes 1:1-Teaching oft nicht möglich ist (Bridges und Diamond 1999). Der Wandel zu diesen modernen aufwendigeren OP-Verfahren führt daher zu Einsparung an persönlicher Ausbildungszeit und erfordert deswegen neue moderne Trainingsmethoden wie spezielle Trainingszentren oder die Etablierung von virtuellen Trainern, in denen selbständig unter Anleitung des Trainings-Systems beliebig oft Szenarien wiederholt und verbessert werden können.

## **1.2. Virtuelle Operationssimulatoren und ihre Anwendung in der operativen Ausbildung**

Um dennoch einen effektiven Ausbildungsstandard zu gewährleisten bieten sich eine Reihe von Simulatoren für Trainingszwecke an. Beispielsweise sind hier Tischmodelle mit begrenztem Trainingsumfang, Tiermodelle oder -organe und Virtuelle-Realitäts-Simulatoren (VRS) zu nennen (Munz, Kumar et al. 2004, Undre und Darzi 2007). Als virtuelle Realität bezeichnet man die Darstellung von realen Prozessen (z.B. einer Operation) in einer in Echtzeit computergenerierten, interaktiven virtuellen Umgebung (Bildschirmmonitor). Übersetzt bedeutet dies, dass man einen Simulator baut, an dem reale OP-Schritte an einem Computer geübt werden können. Diese VRS werden zum Erlernen komplexer mehrschrittiger Aufgaben zunehmend in chirurgischen Ausbildungs-Programmen genutzt, um sichere und kosteneffektive Trainingsmöglichkeiten zu bieten, die v.a. die laparoskopischen Fähigkeiten in der chirurgischen Ausbildung verbessern und fördern sollen (Muhe 1992).

VR-Simulatoren bieten verglichen mit anderen Trainingsmethoden den Vorteil, dass sie eine objektive computerisierte Auswertung, eine unbegrenzte Anzahl an chirurgischen Szenarios und eine realistische Trainingsumgebung mit Benutzung aktueller Instrumente bieten (Van Sickle, Ritter et al. 2006). Ein Simulator sollte je nach Ausbildungsstand zwischen Neuling und erfahrenem laparoskopischen Chirurgen unterscheiden können (konstruierte Gültigkeit), und den Effekt bringen, dass die in einem Simulator erworbenen Fähigkeiten in die reale Operations-Umwelt übersetzt werden können (prognostische Gültigkeit) (Avgerinos, Goodell et al. 2005, Maithel, Sierra et al. 2006, McDougall, Corica et al. 2006, Woodrum, Andreatta et al. 2006, Stefanidis, Haluck et al. 2007). Dennoch mangelt es ihnen häufig an haptischem

Feedback und sie sind kostenintensiv in der Anschaffung (Undre und Darzi 2007). Um die Wertigkeit dieser Simulatoren zu verbessern, schlägt die European Association of Endoscopic Surgery seit 2004 Richtlinien für die Bewertung von laparoskopischen Simulatoren vor und betont die Notwendigkeit einer Bestätigung von neuen Simulatoren bevor diese ins Trainingsprogramm oder zu Auswertungszwecken genutzt werden (Carter, Schijven et al. 2005).

Der von uns in dieser Studie verwendete Simbionix LAP Mentor™ (Simbionix, Cleveland, Ohio, USA) ist einer dieser VRS, der zu den meistgenutzten VR Trainingsgeräten gehört (Lucas, Zeltser et al. 2008, Zhang, Hunerbein et al. 2008, Aggarwal, Crochet et al. 2009, Calatayud, Arora et al. 2010).

Bleibt zu überlegen, wann ein guter Zeitpunkt in der medizinischen Ausbildung wäre, um mit der Erwerb dieser laparoskopischen Fähigkeiten am Simulator zu beginnen. Gesucht wird die passende Zielgruppe, welches Kollektiv profitiert am meisten vom Simulator-Training?

Denkbar ist eine Einteilung nach akademischem Ausbildungsstand (Moyano-Cuevas, Sánchez-Margallo et al. 2011, Tae Hyo Kim, Jung Min Ha et al. 2009): so könnten Studenten schon beginnen, sich stärker in die laparoskopischen Grundregeln einzuarbeiten, aber auch um Operationsschritte nachzuvollziehen und die Anatomie im OP-Situs besser kennen zu lernen. Der Assistenzarzt profitiert von der wiederholten Übung am Simulator zur Vorbereitung auf eine anstehende OP, um jeden OP-Schritt vorab zu kennen, Schwierigkeiten zu erkennen und zu meistern. Zuletzt sollte auch der erfahrene Operateur durch gelegentliche Fingerübung oder Vertiefung einen Benefit vom Simulator haben, ggf. auch neue Operationstechniken zuerst am Simulator implementieren.

Eine alternative und häufiger verwendete Betrachtungsweise der Untergruppierung wäre nach der laparoskopischen Erfahrung (Shanmugan, Leblanc et al. 2014, Giannotti, Patrizi et al. 2014, Matsuda, McDougall et al. 2012), um die Vergleichbarkeit zwischen VRS und OP zu hinterfragen und die Validität des Trainers zu prüfen. Ist es „nur“ die Anzahl an Wiederholungen, die ein optimales Training ausmacht?

Zusätzlich zu VR Simulatoren wurde in vielen Untersuchungen analysiert, dass Videospiele einen nützlichen Effekt auf chirurgisches Training haben könnten (Rosser, Lynch et al. 2007, Seymour 2008, Shane, Pettitt et al. 2008, Sharma, Shaban et al. 2009, Lynch, Aughwane et al. 2010, Boyle, Kennedy et al. 2011, Kennedy, Boyle et al. 2011, Rosser, Gentile et al. 2012). Der Effekt auf die chirurgische Leistung ist jedoch nicht immer eindeutig gewesen, so dass wir dies zum Anlass nehmen, weitere Forschung mit in diese Studie einzubeziehen.

Sicherlich lassen sich noch andere Kriterien wie Ausbildungsland/-stätte, Alter, Geschlecht oder ähnliche diskutieren, die aber hier nicht näher betrachtet werden sollen. Dafür wurde anhand eines Fragebogens nach der subjektiven Selbsteinschätzung des Trainingserfolgs am Simulator gefragt.

Wir formen nach oben genannten Kriterien mehrere unterschiedliche Zielgruppen, die am LAP-Mentor beim Durchlaufen eines Standard-Trainingskurses hinsichtlich ihrer Primärergebnisse und beim Wiederholen der Aufgaben auf ihre Lernkurve untersucht werden sollen. Der Schwerpunkt soll bei einer Vielzahl an durch das System messbaren Parametern auf die Aufgabenbewerkstellung und die benötigte Zeit für die jeweilige Aufgabe gelegt werden. Alle Ergebnisse des virtuellen Trainers sind objektivierbar, vergleichbar und sollen in den bereits bekannten Trainingskontext der Laparoskopie integriert werden.

### **1.3. Fragestellung**

Ziel dieser Arbeit war die Klärung folgender Fragen:

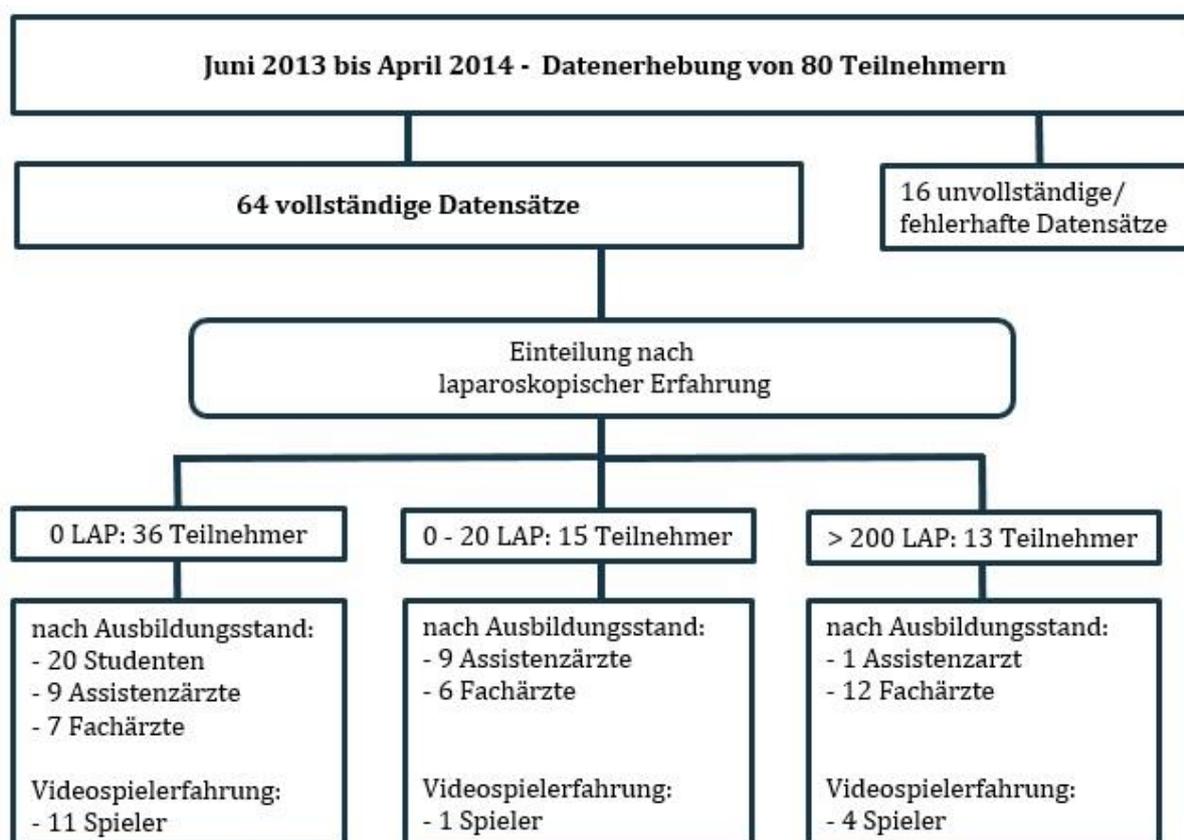
1. Gibt es zu Beginn des Trainings Unterschiede zwischen unseren Zielgruppen im Training mit dem Simulator, lässt sich die laparoskopische Erfahrung widerspiegeln?
2. Welche Untergruppierung hat die höchste Lernkurve und welche Trainings-Aufgaben sind sinnvoll für welche Zielgruppe?
3. Lässt sich anhand der objektivierbaren Ergebnisse ein geeigneter Zeitpunkt in der medizinischen Ausbildung erkennen, um mit dem Simulator-Training zu beginnen?
4. Bietet die Videospiel-Erfahrung tatsächlich Vorteile für das Training mit dem Simulator und besitzt damit möglicherweise auch bisher ungenutzte Ressourcen für die operative Ausbildung?

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Studiendesign

Von Juni 2013 bis April 2014 wurden prospektiv Daten innerhalb der Postgraduiertenkurse der Kiel School of Gynaecological Endoscopy in der medizinischen Klinik für Gynäkologie und Geburtshilfe des UKSH Kiel von 80 Teilnehmern erhoben. Mit Hilfe eines Fragebogens (s. Anhang) konnten die Teilnehmer wie in vergleichbaren Studien (Shanmugan, Leblanc et al. 2014, Giannotti, Patrizi et al. 2014, Matsuda, McDougall et al. 2012) unter anderem nach ihrer laparoskopischen Erfahrung in drei Zielgruppen unterteilt werden: Gruppe 1 (0 - 20 Laparoskopien = Anfänger) enthielt 36 Teilnehmer, Gruppe 2 (20 - 200 Laparoskopien = Fortgeschrittene) 15 Teilnehmer und die Gruppe 3 (> 200 Laparoskopien = Experten) 13 Teilnehmer.

Zur möglichen Zielgruppenfindung nehmen wir zusätzlich eine andere Betrachtungsweise an und verteilen unsere Teilnehmer nach dem Kriterium des medizinischen Ausbildungsstandes (vgl. auch Moyano-Cuevas, Sánchez-Margallo et al. 2011, Tae Hyo Kim, Jung Min Ha et al. 2009). Hier unterscheiden wir nach Studenten (n = 20), Assistenzärzten (n = 19) und Fachärzten (n = 25).



Ein weiteres Betrachtungsmerkmal stellt die Erfahrung mit Virtuellen Simulationen durch Videospiele dar und eine damit verbundene Einteilung in Video-Spieler (n = 16) vs. Nicht-Spieler (n = 41).

Im Übrigen enthielt der Fragebogen noch Angaben zu Alter, Geschlecht und Behändigkeit. Zudem wurden die Teilnehmer befragt, wie sie selbst ihre laparoskopischen Fähigkeiten subjektiv vor und nach dem Training einschätzen. Die Skala belief sich auf Werte von 0 - 10, wobei 0 für keinerlei laparoskopische Begabung stand und 10 einer vollkommenen Kontrolle und Beherrschen im Umgang mit den Instrumenten und dem Simulator bedeutet. Zur Zusammenfassung der sozio-demographischen Daten vergleiche Tabelle 1.

## **2.2. Der Symbionix LAP Mentor**

Beim Symbionix LAP Mentor handelt es sich um ein System bestehend aus Laptop mit zugehöriger Software und einer angeschlossenen Konsole ähnlich einer Box. In dieser Box sind 3 Trokare eingelassen, einer für die Optik/Kamera, die beiden weiteren jeweils für ein Werkzeug. Somit stellt die hohle Box quasi das OP-Gebiet, den Bauchsitus dar. Werden die Werkzeuge nun in den Trokaren bewegt, registriert das Programm die Bewegung und gibt sie auf dem Bildschirm des Laptops wieder (Abbildung 1). Hier besteht der Unterschied zu einem herkömmlichen Pelvi-Trainer, in dem die Bewegungen und Objekte in einem tatsächlichen Raum stattfinden.

Die Software bietet umfassende Trainingslösungen an einem chirurgischen Simulator für alle Lernlevel als auch unterschiedliche Disziplinen einschließlich Gynäkologie, Urologie und Allgemeinchirurgie. Dabei ist von Basisübungen, die den Einstieg und Umgang mit Instrumenten näher bringen, bis zu vollständigen OP-Prozeduren wie z.B. die Gallenblasenentfernung alles möglich. Das System beinhaltet 13 Trainingsmodule und über 65 Aufgaben und Fälle. Komplexe Operationen können hier anhand klinischer Fälle mit einer Schritt-für-Schritt-Anleitung, anatomischer 3D-Darstellung des jeweiligen OP-Gebiets und realen OP-Videos geübt werden. Weitere Module werden kontinuierlich entwickelt und an die chirurgischen Fortschritte angepasst. Neuerdings beinhalten die Systeme sogar ein taktiles Feedback, mit dem sich Gewebswiderstände im Simulator spüren lassen (<http://symbionix.com/simulators/lap-mentor/>).

Nach dem Hochfahren des Laptops wird die Symbionix-Software gestartet. Zu Beginn werden die Instrumente kalibriert, d.h. dass die Trokare und die Kamera durchbewegt werden, um

korrekt für die Übungen eingestellt zu sein. Jeder Benutzer kann sich dann einen eigenen Account mit Passwort erstellen unter dem seine Ergebnisse gespeichert werden und unter dem nur er sich wieder Einloggen kann, um seine bisherigen Fortschritte zu vergleichen. In einem Auswahlménü besteht die Option eine Trainingsübung zu starten, eine nach unterschiedlichen Fachbereichen geordnete OP durchzuführen oder sich bisherige Ergebnisse anzuschauen. Hat sich der Teilnehmer dann seine Übung ausgesucht, so erhält er vor Beginn der Aufgabe eine kurze Beschreibung und Zielklärung. Startet der Benutzer die Aufgabe per Mausklick, so lädt das jeweilige Trainingsszenario und der Teilnehmer führt langsam die Instrumente in die entsprechenden Trokare, die dann auf dem Bildschirm erscheinen. Er wählt das für die Aufgabe benötigte Werkzeug aus und macht sich an die Zielsetzung der Aufgabe. Die Übung ist automatisch beendet, wenn das Arbeitsziel erreicht ist oder der Benutzer sich entschließt manuell abzubrechen. Nach Lösen/Beenden erscheint eine tabellarische Auswertung über die vom System gemessenen Parameter wie z.B. Aufgabenbewerkstellung, benötigte Zeit, zurückgelegte Werkzeug-Strecke jeder Hand, Effizienz des Arbeitens, (Treff-)Sicherheit, Punkte, und ähnliches. Diese Ergebnisse werden innerhalb der Systemdatenbank automatisch gespeichert und können so mit Resultaten vorheriger Sitzungen verglichen werden.

Um die Validität des Symbionix LAP Mentor zu bestätigen sollte gewährleistet sein, dass durch Trainieren von laparoskopischen Aufgaben am Simulator die tatsächlichen laparoskopischen Fähigkeiten verbessert werden können. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass wir von Teilnehmern mit einer hohen laparoskopischen Erfahrung auch einen Vorteil am VR-Simulator erwarten, also dass die Experten (> 200 LAP) in unserer Studie die besten Ergebnisse im 1. Durchgang (Pre-Test) zeigen. Die Ergebniskurve (dargestellt mittels Boxplot) müsste also von den Anfängern über die Fortgeschrittenen zu den Experten in der Aufgabenbewältigung ansteigen bzw. in der benötigten Zeit / Aufgabe absteigen.

### **2.3. Laparoskopische Basisübungen (Aufgabenbeschreibung)**

Alle Studienteilnehmer durchlaufen folgende neun laparoskopische Basisübungen. Dies sind keine simulierten OP-Prozeduren in einem humanen Situs, sondern kleine Aufgaben in einem virtuellen Raum, um sich mit den Grundverständnissen und Werkzeugen der Laparoskopie vertraut zu machen und diese durch Wiederholen zu vertiefen und zu verbessern. Der Schwierigkeitslevel dieser Aufgaben nimmt im Verlauf zu, so dass man die Aufgaben 1 -3 als leicht, Aufgaben 4 - 6 als mittelschwer und die Aufgaben 7 - 9 als schwer einstufen könnte.

Aus der Vielzahl an möglich-messbaren Parametern wurde sich auf die benötigte Zeit pro Aufgabe (in Sekunden) und die Bewältigung/Vollendung der Aufgabe (in Prozent) beschränkt. Wegen enormen Zeitaufwands (> fünfzehn Minuten) wurden die letzten Aufgaben 7 - 9 auf ein Zeitmaximum von fünf Minuten beschränkt und lediglich die Aufgabenbewältigung innerhalb der Zeit gemessen. Die Aufgabenbewältigung ist ein komplexer Wert, der sich in jeder Aufgabe anders zusammen setzt und angibt, zu wieviel Prozent (wie gut) die Aufgabe gemeistert wurde.

### **2.3.1. Aufgabe 1: 0° Kamera Bedienung**

Diese Übung dient dem Umgang mit einer starren Kamera, dem Heran- und Zurückbewegen innerhalb eines geschlossenen Raumes und der Gewöhnung an die virtuelle Umgebung.

Der Benutzer steuert nur die Kamera. Vor sich hat er einen kleinen Raum, in dem nacheinander rote Bälle zwischen Objekten erscheinen. Ziel ist es, diese Bälle mit der Kamera zu erspähen, anzuvisieren (mittig des Bildschirms) und dann ein Bild von diesen zu machen, indem man eine grüne „Freeze“-Taste betätigt. Nach einer kurzen Dauer von Sekunden verschwinden die Bälle wieder. Zudem sollen die Bälle genau mittig getroffen werden. Als Hilfe dient hier ein kleiner Rahmen auf dem Bildschirm, der erst grün erscheint, aber auf rot umschwenkt, sobald der Ball richtig fixiert ist. Der letzte Ball fliegt auf einer Kreisbahn und es gilt diesen zu verfolgen. Nach 10 Bällen ist die Übung beendet.

Gemessen wird die Anzahl der fotografierten Bälle. Fehlschüsse werden abgezogen. Erreicht nun beispielsweise ein Teilnehmer nur 8 von 10 Bällen und hat zusätzlich noch 2 Fehlschüsse, so hat er diese Aufgabe nur zu 60% bewältigt (8 Treffer - 2 Fehlschüsse = 6 mögliche Bälle von 10 = 60%). Zur Übersicht siehe Abbildung 2.

### **2.3.2. Aufgabe 2: 30° Kamera Bedienung**

Übung 2 funktioniert analog zu Übung 1. Der Unterschied besteht in der gebogenen 30° Optik. Dieser wird in der Übung dadurch verdeutlicht, dass die zu suchenden Bälle hinter oder innerhalb von (Hohl-)Objekten versteckt sind. Mit einer starren 0° Optik wären sie nicht zu sehen. Gleichzeitig bietet die Gegenseite der Biegung einen toten Winkel, so dass ein Drehen der ganzen Kamera notwendig sein kann, um diesen einzusehen.

### **2.3.3. Aufgabe 3: Auge-Hand-Koordination**

Ab Übung 3 zeigt die Kamera ein festes Bild, so dass sie nicht mehr bedient werden braucht. Stattdessen geht es nun über zum Erlernen der Bedienung der Instrumente. Ziel der Übung ist es neben einer Denkleistung Auge – Farbe erkennen – richtige Hand bewegen auch die richtige Tiefen-Einschätzung in einem zweidimensionalen Bild zu erlernen.

Hier bedient der Teilnehmer zwei lange Haken, die an ihrer Spitze unterschiedlich farblich dargestellt sind, eine Seite blau (linke Hand), die andere Seite rot (rechte Hand). In dem Bild erscheinen gefärbte Bälle, ebenfalls rot oder blau, in unterschiedlicher Tiefe des Raumes. Einer dieser Bälle beginnt zu blinken, dieser soll dann mit der Spitze des farblich passenden Instrumentes angetippt werden (roter Ball blinkt – mit rotem Instrument berühren et v.v.). Nach einer bestimmten Zeit verschwinden die Bälle jedoch wieder, wenn sie nicht rechtzeitig berührt wurden. Zudem gilt es neben der richtigen Farbe darauf zu achten, auf dem Weg zum Ball mit dem Instrument nicht andere Bälle zu berühren. Maximal können 10 Bälle/Punkte erreicht werden.

Die Aufgabenbewältigung setzt sich aus der Anzahl erreichter Bälle abzüglich falsch berührter Bälle im Verhältnis zu zehn erreichbaren Bällen zusammen. Zur Übersicht siehe Abbildung 3.

#### **2.3.4. Aufgabe 4: Clippen - einhändig mit der dominanten Hand**

In den folgenden Übungen lernt der Benutzer unterschiedliche laparoskopische Instrumente kennen, hier den Clipper. Diese Aufgabe scheint eine Analogie zu einer Gefäßblutung darzustellen, in der das blutende Gefäß geclippt werden soll, bevor zu viel Zeit verstrichen ist und der Situs vollgelaufen ist.

Als Übungsaufbau dient dazu ein in den Boden eingelassenes Becken. Zu diesem Becken führen insgesamt 9 Kabel, durch die nacheinander Wasser in das Becken fließt. Diese Kabel soll man mit dem Clipper verschließen bevor das Wasser das Becken zum Überlaufen bringt. Die entsprechende Stelle zum Ansetzen des Clippers ist grün auf dem Kabel markiert. Die Spitze des Clippers kann mithilfe eines Rädchens am Instrument gedreht werden, um so den optimalen Winkel zum Kabel und unter bester Sicht (Kabel exakt zwischen den beiden Ästen des Clippers) zu arbeiten. Ratsam ist es, zuerst jene Kabel zu clippen, durch die bereits Wasser läuft, als welche, die noch trocken sind, damit das Becken nicht so schnell vollläuft. Sind alle 9 Kabel geclippt oder ist das Becken übergelaufen ist die Übung zu Ende.

Die Aufgabenvollendung ist analog zu den Voraufgaben: Anzahl der richtig gesetzten Clips abzüglich der falsch gesetzten Clips im Verhältnis zu 9 möglichen Clips. Zur Übersicht siehe Abbildung 4.

### **2.3.5. Aufgabe 5: Clippen und Greifen - beidhändig**

Lernziel dieser Aufgabe ist der koordinierte Umgang mit zwei Instrumenten. Der Aufbau ist identisch zu dem in Aufgabe 4. Der Nutzer hat jedoch dieses Mal zwei Werkzeuge zur Hand, zu dem Clipper gesellt sich eine Fassungszange. Mit dieser soll nun das Kabel erst gefasst und gedehnt werden, bevor die andere Hand mit dem Clipper das Kabel verschließen kann. Die richtige Handhabung wird dadurch angezeigt, dass sich die Farbe im markierten zu clippenden Bereich bei ausreichender Dehnung von rot zu grün ändert und nur dann der Verschluss möglich ist. Sind alle 9 Kabel verschlossen oder das Becken übergelaufen, ist auch diese Aufgabe beendet. Zur Übersicht siehe Abbildung 5.

### **2.3.6. Aufgabe 6: Zweihändige Manöver**

Lernziel ist wiederum der koordinierte Umgang mit zwei Instrumenten unter erschwerten Arbeitsbedingungen und sichere Tiefeneinschätzung/Positionierung im virtuellen Raum.

In dieser Übung bedient der Nutzer zwei Fassungszangen. Auf dem Boden befindet sich eine Art Pudding/Geleemasse, in der jeweils drei Bälle enthalten sind. Diese Masse lässt sich mit einer Hand greifen und unter leichtem Zug je nach Technik zur Seite oder auf den Boden drücken bzw. ziehen. Somit werden die enthaltenen Bälle frei gelegt – dies zeigt sich in einem Farbumschlag der Bälle von rot zu grün – und können mit der anderen Zange gefasst werden. Dann legt man die Bälle in einen daneben stehenden Behälter ab und greift sich den nächsten. Werden die Bälle nicht richtig gefasst (rote Farbe) oder sauber in den Behälter abgelegt, so können diese Punkte verloren gehen. Maximal können 9 Bälle/Punkte gesammelt werden.

Die Aufgabenbewältigung errechnet sich aus dem obigen Prinzip der vorherigen Aufgaben. Zur Übersicht siehe Abbildung 6.

### **2.3.7. Aufgabe 7: Schneiden**

In Übung 7 soll der Umgang mit einer Schere und das vorsichtige Herausschneiden einer Struktur erlernt werden.

Der Teilnehmer arbeitet mit einer Fasszange und einer Schere. Auf dem Grund liegt eine flache Geleemasse, die zirkulär an dünnen Fäden am Boden befestigt ist. Ziel ist es, sich die Masse an einer günstigen Stelle (am Rand) vorsichtig zu greifen, leicht nach oben zu ziehen und so zu halten, dass die Fäden zwischen Geleemasse und Bodenbefestigung gespannt sind und mit der Schere durchtrennt werden können. Sind die Fäden alle erfolgreich durchgeschnitten, oder das von uns gesetzte Zeitlimit von fünf Minuten überschritten, wird die Übung beendet.

Anders als in den anderen Aufgaben ist es hier bei der Bewältigung der Aufgabe auf eine Ja/Nein-Entscheidung innerhalb der Zeit hinausgelaufen. Dies wurde auch bei der späteren Statistik beachtet, indem anstelle des Medians der Mittelwert für die Berechnung benutzt wurde. Zur Übersicht siehe Abbildung 7.

### **2.3.8. Aufgabe 8: Elektrokoagulation**

In dieser Aufgabe lernt der Teilnehmer den Umgang mit bipolaren Werkzeugen. Hinzu werden die bimanuelle Koordination, die Tiefen-Einschätzung und der parallele Einsatz eines Fußpedals trainiert.

In diesem Level ist ein Gerüst aufgebaut, zwischen dessen Stangen sich eine Anzahl aus 21 Fäden befindet, die kreuz und quer übereinander gespannt liegen. Einer dieser Fäden leuchtet grün und unterscheidet sich somit farblich abgrenzbar von den übrigen blauen. Der Kandidat bedient zwei lange elektrische Haken und eine Fußsteuerung mit zwei Pedalen links und rechts entsprechend den beiden Haken links und rechts. Wird das jeweilige Pedal getreten, so wird mit dem gleichseitigen Haken koaguliert. Mit den Haken wird versucht, das grüne Kabel aus der Ebene der übrigen herauszuziehen, um es dann sicher koagulieren/durchtrennen zu können. Es empfiehlt sich ein beidhändiges Arbeiten, indem mit einem Haken zwischen grünem und benachbarten Faden eingefädelt wird und dann die übrigen Fäden weggezogen werden. So liegt der grüne Faden in eine Richtung frei und kann mit der zweiten Hand leichter mobilisiert und koaguliert werden. Hat der Teilnehmer alle 21 Fäden durchtrennt oder das Zeitlimit erreicht, ist die Übung beendet.

Mathematisch setzt sich die Bewältigung aus der Anzahl farblich richtig durchtrennter Fäden abzüglich der falsch durchtrennten im Verhältnis zu 21 möglichen Fäden zusammen. Zur Übersicht siehe Abbildung 8.

### **2.3.9. Aufgabe 9: Objektplatzierung**

In der letzten Basisübung werden das dreidimensionale Vorstellungsvermögen und das bimanuelle Arbeiten nochmal in besonderem Maß gefordert.

Der Teilnehmer arbeitet mit zwei Faszangen. Es werden nacheinander sechs Objekte (Pyramide, Würfel, Zylinder) mit farblich unterschiedlicher Seitenmarkierung dargeboten. Gleichzeitig zu dem jeweiligen Objekt ist eine schattige Passform zu sehen, in die das Objekt in farblich korrekter Ausrichtung platziert werden soll. Man greift sich also das Objekt mit der Faszange und dreht es und übergibt es in die andere Hand und dreht und wendet weiter, bis es richtig ausgerichtet ist z.B. grün auf dem Boden, blau auf der linken Seite usw. und platziert es anschließend in der Passform. Es folgt das nächste Objekt.

Gemessen wird, wie viele von sechs möglichen Objekten innerhalb der Zeit richtig platziert wurden. Zur Übersicht siehe Abbildung 9.

## **2.4. Testablauf**

Das Training erfolgte nach standardisiertem Protokoll: jeder Teilnehmer füllt vorab den Fragebogen aus, um neben der Gruppeneinteilung die subjektive Selbsteinschätzung der laparoskopischen Fähigkeiten zu erfahren. Der 1. Durchlauf (Pre-Test) aller Übungen erfolgte ohne vorheriges Training oder weitere Hilfestellung außer der Aufgabenbeschreibung und Bedienungsanleitung der Instrumente. In den folgenden drei Tagen hatten die Teilnehmer Gelegenheit, um am Trainer die Aufgaben zu üben. Zusätzlich wurden ihnen Tipps zur Verbesserung gegeben und gezeigt, wie sie mit den Instrumenten und ihren Funktionen die Aufgaben eleganter und erfolgreicher meistern können. Es folgte ein 2. Durchlauf (Post-Test) derselben neun Übungen und die Ergebnisse konnten verglichen werden. Abschließend wurden die Teilnehmer erneut befragt, wie sie ihre laparoskopischen Fähigkeiten nach dem Training einschätzen.

## 2.5. Statistische Analyse

Die Daten wurden in einer prospektiven Datenbank gesammelt und unter Verwendung aller Datensätze der Teilnehmer analysiert. Unvollständige, fehlerhafte oder durch falsche Durchführung des Protokolls gewonnene Datensätze wurden vorab aussortiert und nicht der statistischen Analyse zugeführt, dies betraf 16 Datensätze. Beispiele hierfür sind ein Systemabsturz, Probleme in der Werkzeug-Kalibrierung während einer Aufgabe oder mangelnde Beendigung des Kurses durch vereinzelte Teilnehmer. Die Leistungsparameter wurden durch die Simulator-Software aufgezeichnet und in Microsoft Excel Dateien (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) gespeichert. Dann wurden die Daten in SPSS Version 20 (IBM, Armonk, NY, USA) transferiert und weiter analysiert.

Es wurde eine deskriptive Statistik erstellt, in der Mittelwerte, Standardabweichungen, Minimum und Maximum, Mediane sowie die 25%- und 75%-Perzentilen angegeben sind.

Mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest und Shapiro-Wilk konnte keine Standardverteilung der Parameter festgestellt werden, so dass nicht-parametrische Tests zur Prüfung herangezogen wurden und in den weiteren Testungen der Median verwendet wurde (Ausnahme: Aufgabe 7, hier Verwendung des Mittelwert). Die p-Werte wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test und Chi-Quadrat ermittelt. Der Mann-Whitney-U-Test wurde verwendet, um quantitative Werte zwischen zwei Gruppen zu vergleichen. Es wird bei allen angewendeten statistischen Tests ein Signifikanzniveau von 5% zugrunde gelegt. Die graphische Darstellung der untersuchten Größen erfolgt mittels Boxplot.

Wir erhielten Beratung und Unterstützung in der statistischen Ausarbeitung von der Abteilung für statistische Analyse, Universität Kiel.

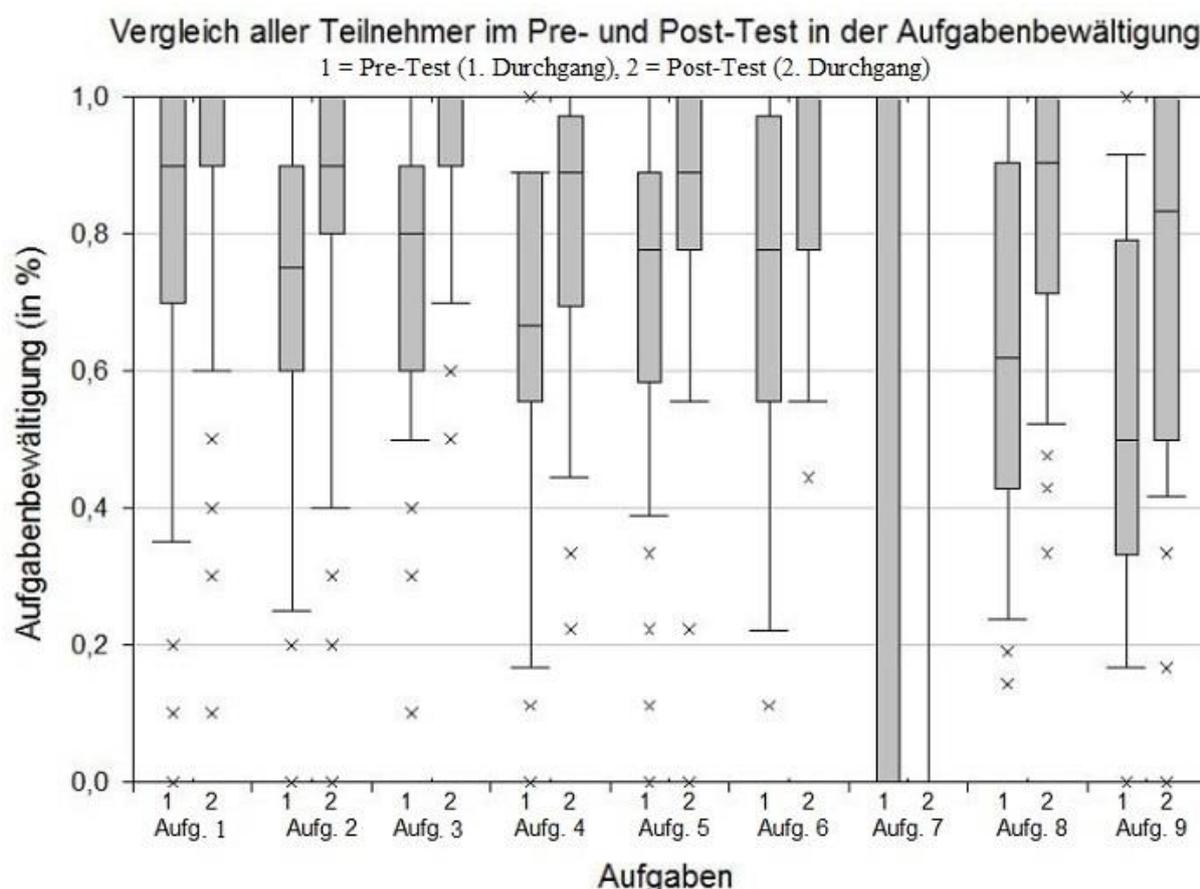
### 3. Ergebnisse

Wir unterteilen die Ergebnisse nach der jeweiligen Gruppeneinteilung nach laparoskopischer Erfahrung, medizinischem Ausbildungsstand und nach Videospielderfahrung. Dann soll zunächst die jeweilige Gruppe selbst auf ihren Lernfortschritt zwischen 1. und 2. Durchgang in der Aufgabenbewältigung und in der benötigten Zeit betrachtet werden. Schließlich werden nochmal die Gruppen gegeneinander in beiden Durchgängen verglichen und ihre Trainingskurve dargestellt und verglichen.

#### 3.1. Lernfortschritt in der Gesamtbetrachtung

Wenn wir alle 64 Teilnehmer zusammen nehmen und deren Fortschritt vom 1. zum 2. Durchgang betrachten, zeigt sich folgendes Ergebnis (Tabelle 2, Abbildungen 10 und 11):

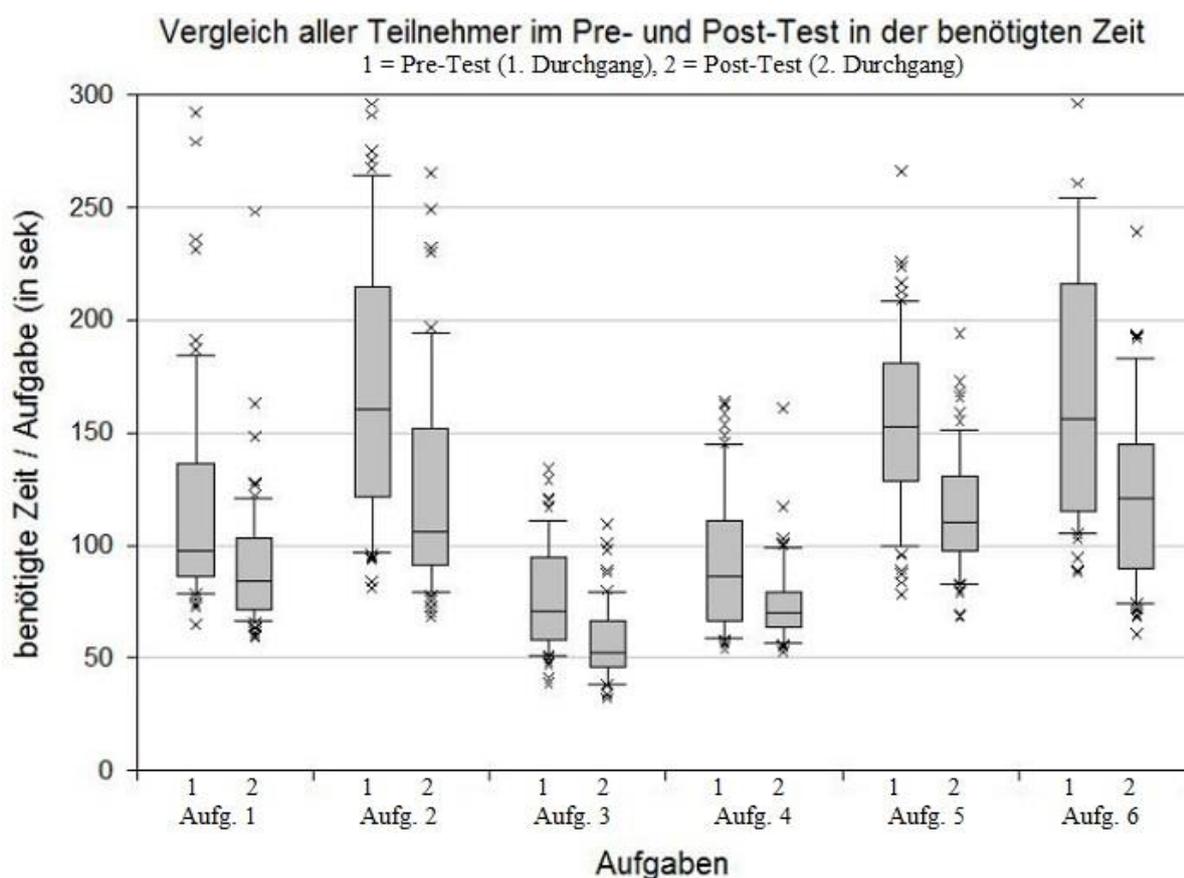
in der Aufgabenbewältigung (Abbildung 10) konnten sich die Teilnehmer im Vergleich vom 1. Durchgang zum 2. Durchgang im Median um mindestens 10- (Aufgaben 1 und 2) bis maximal um 28-Prozent-Punkte (Aufgabe 7) verbessern. Gerade in den anspruchsvolleren Aufgaben 6 - 9 ist der Fortschritt bei niedrigeren Primärergebnissen umso größer.



### Abbildung 10: Vergleich aller Teilnehmer im Pre- und Post-Test in der Aufgabenbewältigung

Dargestellt ist ein Boxplot, der die Aufgabenbewältigung in % bei allen Teilnehmern bei den Aufgaben 1 – 9 wiedergibt. Verglichen werden 1. und 2. Durchgang (Pre- und Post-Test). Die Querkanten jeder „Box“ geben das 1. und 3. Quartil wieder, während der Querstrich den Median beschreibt. Die kürzeren Querstriche außerhalb der Box entsprechen der 10. bzw. 90. Perzentile, einzelne Kreuze die Ausreißer.

Bei der benötigten Zeit pro Aufgabe (Abbildung 11) gibt es eine Verbesserung im Median von mindestens 16 Sekunden (Aufgaben 1 und 3) bis hin zu 41 Sekunden (Aufgabe 6) pro Aufgabe. In Relation zu den Ausgangszeiten vom 1. Durchgang entspricht das einer prozentualen Verbesserung von 20 - 29% im 2. Durchgang.



### Abbildung 11: Vergleich aller Teilnehmer im Pre- und Post-Test in der benötigten Zeit / Aufgabe

Dargestellt ist ein Boxplot, der die benötigte Zeit / Aufgabe in Sekunden bei allen Teilnehmern bei den Aufgaben 1 – 6 wiedergibt. Verglichen werden 1. und 2. Durchgang (Pre- und Post-Test).

Von Aufgabe 1 – 6 ist zwischen Durchgang 1 und 2 in allen Aufgaben eine schnellere Bearbeitung / Verbesserung der benötigten Zeit zu sehen.

Somit besteht für die gemessenen Parameter bei allen Aufgaben eine hoch-signifikante Verbesserung zwischen dem 1. und 2. Durchgang (Tabelle 2; alle p-Werte für jede der neun Aufgaben  $< 0,003$ ).

### **3.2. Einteilung nach laparoskopischer Erfahrung**

Die Teilnehmer wurden nach laparoskopischer Erfahrung in drei Untergruppen in 0 - 20 durchgeführte Laparoskopien (Anfänger,  $n = 36$ ), 20 - 200 Laparoskopien (Fortgeschrittene,  $n = 15$ ) und  $> 200$  Laparoskopien (Experten,  $n = 13$ ) eingeteilt.

#### **3.2.1. Aufgabenbewältigung**

Eine Übersicht findet sich in den Tabellen 3 und 8, sowie den Abbildungen 12 – 14. Im 1. Durchgang konnten die Anfänger im Median in Aufgabe 1 90%, in Aufgabe 2 80%, in 3 70%, in 4 67%, in 5 und 6 78%, in 7 55% (Mittelwert), in 8 52% und in 9 50% der Aufgabe bewerkstelligen. Im 2. Durchgang konnte eine Verbesserung im Median in Aufgabe 1 um 10%-Punkte, in 3 um 20%-, in 4 um 17%-, in 5 um 11%-, in 6 um 22%-, in 7 um 42%-(Mittelwert), in 8 um 29%- und in Aufgabe 9 um 33%-Punkte erzielt werden.

Die fortgeschrittenen Laparoskopiker zeigten im Vergleich der beiden Durchgänge eine Verbesserung des Medians in Aufgabe 1 um 0%-, in Aufgabe 2 und 3 um 10%- in 4 um 11%-, in 5 und 6 um 0%-, in 7 um 20%-, in 8 um 14%- und in Aufgabe 9 um 17%-Punkte.

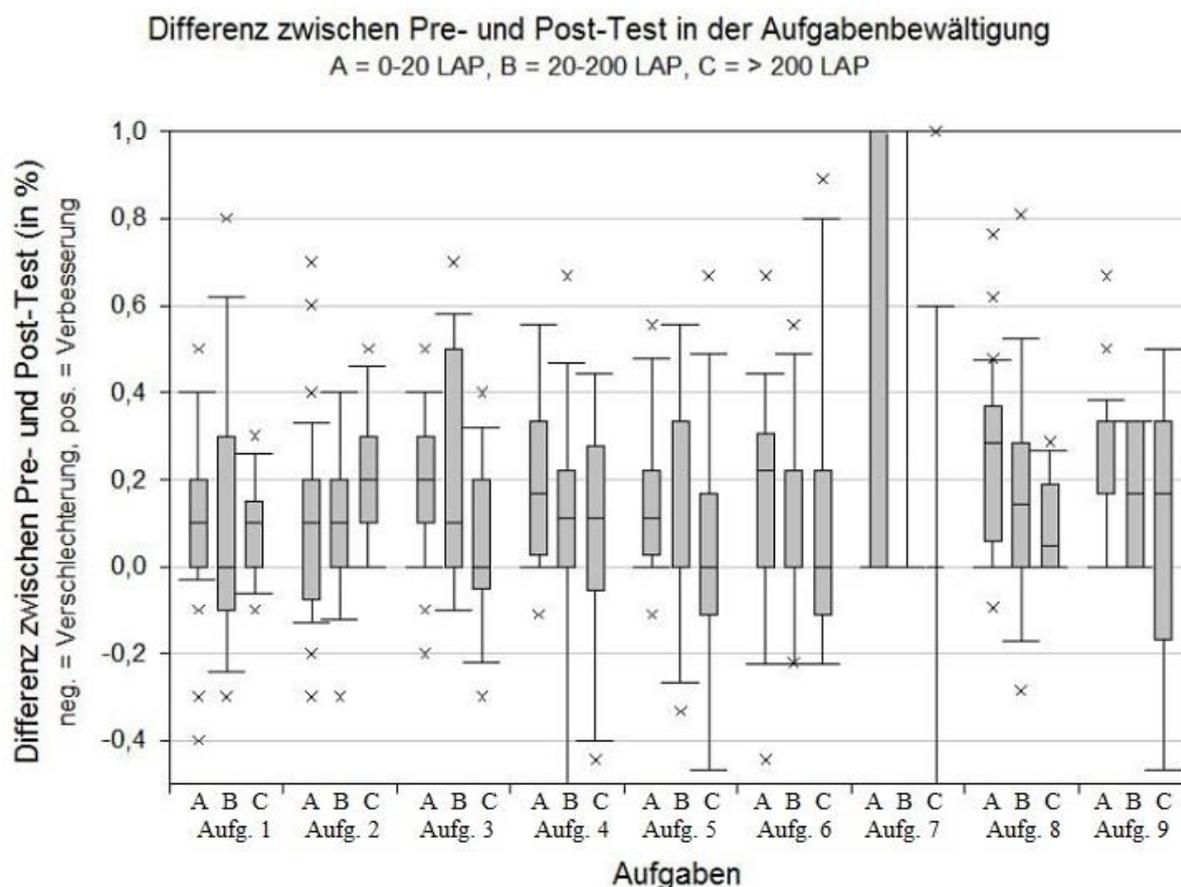
Die Experten konnten ihre Lernkurve im 2. Durchgang in Aufgabe 1 um 10%-, in 2 um 20%-, in 3 um 0%-, in 4 um 11%-, in den Aufgaben 5 - 7 um 0%-, in 8 um 5%- und in Aufgabe 9 um 17%-Punkte verbessern.

Vergleichen wir die drei Gruppen gegeneinander haben die Experten in den leichten und mittelschweren Aufgaben 1, 3 – 6 im 1. Durchgang zwar mit die besten Ergebnisse, allerdings ist der Unterschied nicht signifikant, das wird er erst in den anspruchsvolleren Aufgaben 7 und 8 (Schneiden und Elektrokoagulation). Hier schafften die Experten eine Aufgabenbewältigung von 92% bzw. 81%, die Anfänger 55% und 52% und die Fortgeschrittenen 40% und 57% (p-Werte: 0,02 und 0,01; vgl. Abbildung 12). Auch in Aufgabe 3 sind die Experten signifikant besser als die Anfänger mit einem Ergebnis von 90% gegen 70% ( $p = 0,04$ ; Tabelle 8), aber

nicht als die Fortgeschrittenen, ansonsten bestehen auch bei den Untergruppen gegeneinander verglichen keine nennenswerten Unterschiede.

Im 2. Durchgang (Abbildung 13) zeigen die Experten bis auf Aufgabe 5 und 9 noch in den übrigen Aufgaben die besten Ergebnisse, die Aufgaben 1 - 3 sowie 6 - 8 werden von ihnen im Median zu 100% bewältigt. In Aufgabe 5 (Clippen und Greifen) sind jedoch Anfänger und Fortgeschrittene signifikant besser (je 89% zu 78%,  $p = 0,03$ ), wobei dies einzeln betrachtet vor allem an der Verbesserung der Anfänger gegenüber den Experten liegt ( $p = 0,01$ , Tabelle 8). Die Anfänger (0-20 LAP) können einen deutlichen Lernfortschritt nachweisen, so zeigt sich in den Aufgaben 1 (beide 100%) und 7 (92% und 97%) ein signifikant besseres Ergebnis von Anfängern und Experten als bei den Teilnehmern mit mittlerer Laparoskopie-Erfahrung (80% und 60%;  $p = 0,01$ ; vgl. Abbildung 13). In Aufgabe 8 sind weiterhin die Experten am besten (100%), verglichen gegen die Anfänger mit Signifikanz (86%,  $p = 0,04$ ), gegenüber den Fortgeschrittenen mit 86% ( $p = 0,07$ ). Leichte Vorteile beweisen die Anfänger in Aufgabe 9 gegenüber den anderen beiden Gruppen mit einer Aufgabenbewältigung von 83% zu jeweils 67% ( $p = 0,06$ ).

Der größere Lernfortschritt der Anfänger gegenüber den anderen ist in Aufgabe 7 (42% im Vergleich zu 20% und 0%,  $p = 0,03$ ) und 8 (29% zu 14% und 5%,  $p = 0,02$ ) signifikant. Sie nähern sich den Experten, die im 1. Durchgang in diesen Aufgaben signifikant besser waren, im 2. Durchgang im Ergebnis an (vgl. Abbildung 14). Auch in Aufgabe 3 ist die Verbesserung von Anfängern gegenüber Experten signifikant ( $p = 0,03$ ), wobei erwähnt sei, dass die Experten in diesen Aufgaben ein Maximum in der Aufgabenbewältigung von 100 % im 2. Durchgang erreicht haben, der Unterschied also im niedrigeren Ausgangsniveau im 1. Durchgang begründet ist.



**Abbildung 14: Differenz zwischen Pre- und Post-Test nach laparoskopischer Erfahrung in der Aufgabenbewältigung**

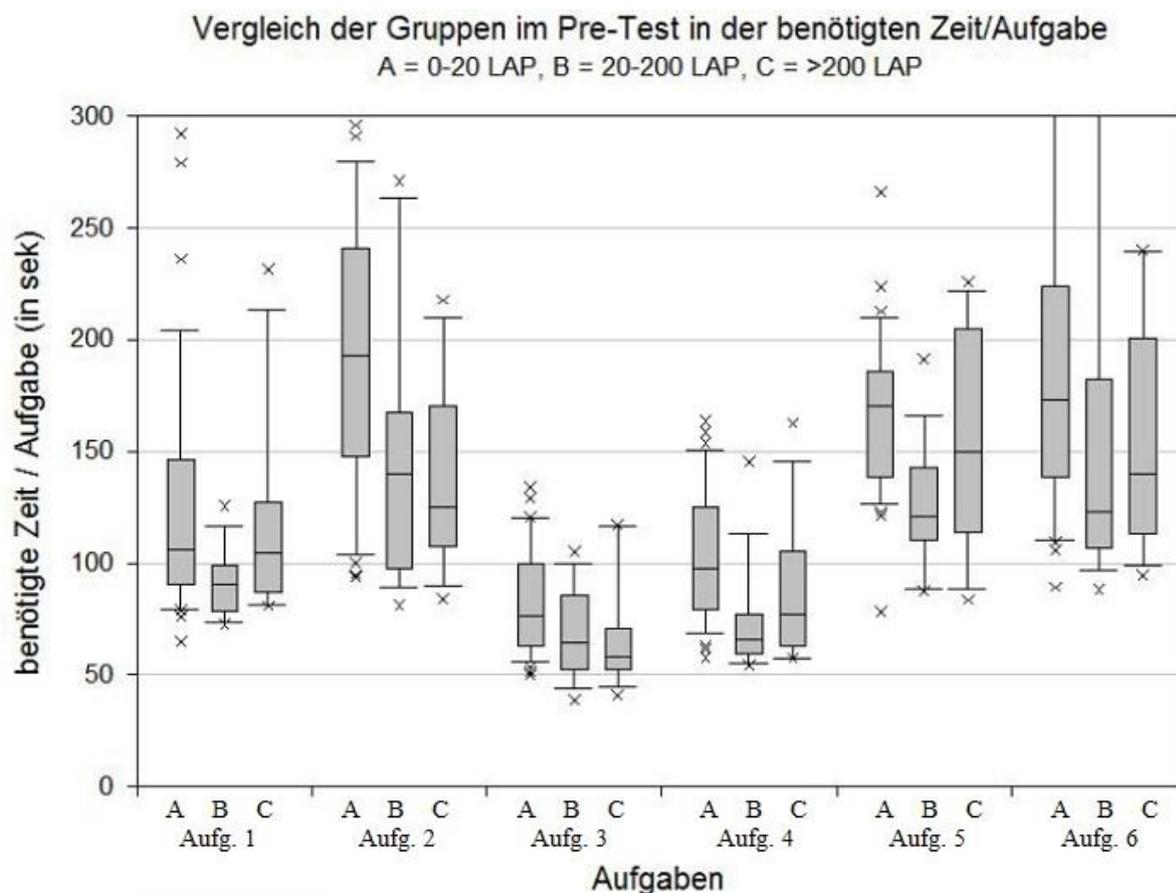
Dargestellt ist ein Boxplot, bei dem die Differenz zwischen Pre- und Post-Test (in %-Punkten) bei den Teilnehmern nach laparoskopischer Erfahrung (A = 0-20 LAP, B = 20-200 LAP, C = >200 LAP) in der Aufgabenbewältigung bei den Aufgaben 1 – 9 aufgezeigt wird. Der Vergleich dient den 3 Gruppen gegeneinander, um den größten Lernfortschritt darzulegen.

Der Median liegt bei allen 3 Gruppen in allen 9 Aufgaben im positiven Bereich, somit konnten sich alle Gruppen verbessern. Ab Aufgabe 3 ist ein diagonaler Verlauf des Medians zu beobachten, d.h. dass der Lernfortschritt bei den Anfängern (0-20 LAP) am größten ist und zu den Experten (> 200 LAP) abnimmt.

### 3.2.2. Benötigte Zeit / Aufgabe

Die Ergebnisse des Messparameters benötigte Zeit / Aufgabe werden in den Tabellen 4 und 9, sowie den Abbildungen 15 - 17 zusammengefasst. Betrachtet man Anfänger, Fortgeschrittene und Experten und ihre Fortschritte vom 1. zum 2. Durchgang einzeln, so lässt sich bei allen eine deutliche Verbesserung feststellen. Die Anfänger verbessern sich im Median von Aufgabe 1 bis 6 um 27, 53, 19, 29, 47 und 49 Sekunden, die Fortgeschrittenen um 8, 42, 18, 5, 26 und 37 Sekunden und die Experten um 17, 9, 7, 7, 23 und 32 Sekunden.

Gegeneinander verglichen sind im 1. Durchgang (Abbildung 15) bei den Aufgaben 2, 3, 4 und 6 Fort-geschrittene und Experten signifikant schneller als die Anfänger (p-Werte: 0,01, 0,03, < 0,001 und 0,04). In den Aufgaben 1 und 5 sind die Fortgeschrittenen (91 und 121 Sek) sogar signifikant schneller als Anfänger und Experten (105, 106 Sek, sowie 150 und 170 Sek;  $p = 0,03$  und  $0,002$ ). Im direkten Vergleich zwischen Fortgeschrittenen und Experten können zwar in einigen Aufgaben Vorteile für die Fortgeschrittenen gezeigt werden, für einen signifikanten Unterschied ist es aber nicht ausreichend (Tabelle 9).



**Abbildung 15: Vergleich der Gruppen nach laparoskopischer Erfahrung im Pre-Test in der benötigten Zeit / Aufgabe**

*In diesem Boxplot werden die Teilnehmer nach laparoskopischer Erfahrung (A = 0-20 LAP, B = 20-200 LAP, C = >200 LAP) in der benötigten Zeit / Aufgabe bei den Aufgaben 1–6 im Pre-Test verglichen.*

*In den meisten Aufgaben ist ein diagonalen Verlauf des Medians zu beobachten, d.h. dass die Anfänger (0-20 LAP) im 1. Durchgang am meisten Zeit benötigen, die Fortgeschrittenen (20-200 LAP) und Experten (> 200 LAP) am wenigsten.*

Im 2. Durchgang (Abbildung 16) arbeiten die Fortgeschrittenen in allen Aufgaben im Median am schnellsten, in Aufgabe 5 wiederum signifikant schneller als Anfänger und Experten (95 Sek gegen 118 und 116 Sek,  $p = 0,01$ ), in den Aufgaben 3, 4 und 6 mit den Experten zusammen schneller als die Anfänger ( $p = 0,03, 0,04$  und  $0,05$ ).

Der Lernfortschritt (Abbildung 17) stellt sich entgegengesetzt dar, hier sind es vor allem die Anfänger, die vom 1. zum 2. Durchgang größere Lernsprünge nachweisen können. Dies spiegelt sich in den Aufgaben 1, 2, 4 und 5 wieder, wobei in Aufgabe 1 die Experten ( $p = 0,01$ ), in Aufgabe 2 die Fortgeschrittenen ( $p < 0,001$ ) gegenüber der jeweils dritten Gruppe mitsignifikant schneller sind. In Aufgabe 4 können sich die Anfänger um 29 Sekunden im Vergleich zu 5 bzw. 7 Sekunden bei Fortgeschrittenen und Experten verbessern ( $p = 0,01$ ), in Aufgabe 5 vor allem gegenüber den Fortgeschrittenen (47 Sek zu 26 Sek,  $p = 0,05$ ; vgl. Tabelle 9).

### **3.3. Einteilung nach medizinischem Ausbildungsstand**

Zur möglichen Zielgruppenfindung wird eine andere Betrachtungsweise und Einteilung der Teilnehmer nach dem Kriterium des medizinischen Ausbildungsstandes vorgenommen. Die Gruppen bestehen nun aus Studenten ( $n = 20$ ), Assistenzärzten ( $n = 19$ ) und Fachärzten ( $n = 25$ ). Wie bereits oben unter 3.1. beschrieben ist der Trainingserfolg vom 1. zum 2. Durchgang für alle nachgewiesen, deswegen setzen wir den Fokus unserer Betrachtung auf den Gruppenvergleich.

#### **3.3.1. Aufgabenbewältigung**

Die Ergebnisse in der Aufgabenbewältigung (Tabellen 5 und 8, Abbildungen 18 - 20) fallen sehr unterschiedlich aus und zeigen keinen signifikanten Vorteil für eine der Gruppen. Im 1. Durchgang kann man leichte Tendenzen erkennen: die Studenten und Assistenten sind gut in der Kameraführung (Aufgabe 1 und 2), die Assistenten erzielen bei Aufgabe 5 und 9 bessere Ergebnisse, die Fachärzte bei Aufgabe 3, 6 und 8 (vgl. Abbildung 18), jedoch bewegen sich insgesamt alle Gruppen auf einem Niveau. Lediglich in Aufgabe 8 zeigen die Fachärzte im direkten Vergleich mit den Studenten eine signifikant bessere Aufgabenbewältigung von 81% gegenüber 45% ( $p = 0,03$ ; vgl. Tabelle 8).

Im 2. Durchgang (Abbildung 19) fällt insbesondere bei den Studenten ein hoher Fortschritt im Test auf, bis auf Aufgabe 8 haben sie in den übrigen Aufgaben die besten Ergebnisse. In den Aufgaben 1 und 9 sind sie mit Signifikanz ( $p < 0,001, 0,01$ ) besser als die beiden anderen Gruppen, in den Aufgaben 4, 5 und 6 im direkten Vergleich mit den Fachärzten ( $p = 0,04, 0,03, 0,04$ ; vgl. Tabelle 8).

Dies lässt sich durch Betrachtung der Lernkurve (Abbildung 20) bestätigen. Vor allem in den Aufgaben 3, 8 und 9 haben die Studenten einen signifikant höheren Lernerfolg gegenüber den anderen beiden Gruppen ( $p = 0,04, 0,02, 0,02$ ).

### **3.3.2. Benötigte Zeit / Aufgabe**

Eine Zusammenfassung ist in den Tabellen 6 und 9 sowie Abbildungen 21 - 23 dargestellt. Im 1. Durchgang (Abbildung 21) arbeiten die Fachärzte in den Aufgaben 2 – 6 am schnellsten, in Aufgabe 2 sind sie zusammen mit den Studenten signifikant schneller als Assistenten ( $p = 0,001$ ), in den Aufgaben 4 und 5 wiederum zusammen mit den Assistenten als die Studenten ( $p = 0,002, 0,01$ ), in den Aufgaben 3 und 6 schneller als die Gruppe aus Studenten und Assistenten ( $p = 0,04, 0,02$ ).

Im 2. Durchgang (Abbildung 22) sind die Fachärzte in Aufgabe 2 mit den Studenten weiterhin schneller als die Assistenten ( $p = 0,03$ ), sowie im Direktvergleich als die Assistenten in Aufgabe 4 ( $p = 0,02$ ), ansonsten nähern sich die Gruppen im Ergebnis einander an.

Der größte Lernfortschritt (Abbildung 23) beim Parameter benötigte Zeit / Aufgabe ist bei den Studenten zu sehen, signifikant ist der Unterschied in den Aufgaben 2, 4 und 5 ( $p = 0,01, < 0,001, 0,01$ ).

### **3.4. Einteilung nach Videospiele-Erfahrung**

Wir unterteilen unser Teilnehmerfeld in Spieler ( $n = 16$ ) und Nicht-Spieler ( $n = 41$ ) und testen diese auf den Parameter der Aufgabenbewältigung (Tabelle 7, Abbildungen 24 und 25). Zu beachten ist, dass der Großteil der Spieler (11 von 16) aus der Gruppe der Anfänger (0 LAP) stammt.

Die Teilnehmer mit Videospiele-Erfahrung zeigten im 1. Durchgang (Abbildung 24) in allen Aufgaben ein gleich gutes oder besseres Ergebnis. Signifikant war der Unterschied allerdings

nur in Aufgabe 7 (Schneiden), in der die Spieler 88% und die Nicht-Spieler 50% der Aufgabe bewältigten ( $p < 0,01$ ). In den anderen Aufgaben ist der Vorteil lediglich angedeutet, so erreichten die Spieler im direkten Vergleich in Aufgabe 2 85% gegen 70%, in Aufgabe 4 78% gegen 67%, in 5 89% gegen 78%, in 8 74% gegen 60% und in 9 67% gegen 50%.

Im 2. Durchgang (Abbildung 25) haben die Video-Spieler sehr gute Ergebnisse erzielt und waren wieder in jeder Aufgabe gleichwertig oder besser, signifikant ist dies jedoch lediglich in Aufgabe 3 und 6. Dort erreichten die Spieler im Median jeweils 100%, die Nicht-Spieler 90% und 78% ( $p = 0,04$  und  $0,01$ ). Ansonsten ist ein möglicher Vorteil vor allem in den schweren Aufgabe 7 – 9 angedeutet, wo die Spieler 100%, 95% und 83% erreichten, die Nicht-Spieler 83%, 86% und 67%.

### **3.5. Subjektive Einschätzung der Fähigkeiten (Fragebogen)**

Auf dem vorher ausgeteilten Fragebogen (s. Anhang 7.3.) konnten die Teilnehmer ihre subjektive Einschätzung ihrer manuellen/laparoskopischen Fähigkeiten angeben. Das Ergebnis ist in Tabelle 1 dargestellt.

Vor dem 1. Durchgang schätzen die Anfänger ihre Fähigkeiten im Schnitt auf 2,7, die Fortgeschrittenen auf 5,0 und die Experten auf 6,0 ein.

Nach dem 2. Durchgang wurde erneut nachgefragt. Nun gaben die Anfänger 5,5, die Fortgeschrittenen 6,5 und die Experten 7,4 an.

In der anderen Gruppeneinteilung zeigte sich zwischen 1. und 2. Durchgang bei den Studenten eine Steigerung von 3,2 auf 5,3, bei den Assistenzärzten von 3,5 auf 5,8 und bei den Fachärzten von 4,4 auf 6,5.

Nimmt man alle Teilnehmer zusammen, zeigt die vorherige Einschätzung der Fähigkeiten einen Schnitt von 3,8 und die spätere von 6,1.

## 4. Diskussion

Das Ziel unserer Studie war es die verschiedenen Aufgaben, die der Symbionix LAP Mentor bietet, zu bewerten und zu validieren und eine mögliche Zielgruppe auszumachen, die von der Verwendung des laparoskopischen Simulators als Trainingswerkzeug am meisten profitiert. Weiterhin wurden die Teilnehmer auf ihre Lernkurve untersucht und analysiert, ob der Impact von Videospiel-Erfahrung objektivierbar ist. Schließlich wurden die Probanden nach Ihrer subjektiven Einschätzung des Trainingserfolgs befragt. Dafür wurde ein schnelles, aber intensives Training implementiert, um den Lernerfolg am laparoskopischen Simulator durch Erlangen der Basisfähigkeiten zu messen.

### 4.1. Validität des Symbionix LAP Mentor

Die Bewertung der Teilnehmer erfolgte durch die standardisierte computerisierte Technik des LAP-Mentors und direkte Ausgabe in eine Excel-Datei (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA), wodurch eine Verzerrung der Ergebnisse auf der Grundlage von subjektiven Evaluierungen verhindert wurde.

In unserer Studie können die Experten (> 200 LAP) signifikant bessere Ergebnisse in der Aufgabenbewältigung in Aufgabe 7 und 8 (Schneiden und Elektrokoagulation) im 1. Durchgang nachweisen, in den anderen Aufgaben zeigen sie zwar mitunter die besten Ergebnisse, allerdings ohne Signifikanz. In der Ergebniskurve lässt sich das aufsteigende Ergebnis von den Anfängern zu den Experten in den Aufgaben 3 und 4 sowie 6 – 9 nachvollziehen. Bei Betrachtung der benötigten Zeit hat sich für beide Gruppen mit Laparoskopie-Erfahrung – für Fortgeschrittene und Experten - in jeder der Aufgaben ein signifikanter Vorteil gegenüber den Anfängern gezeigt. Dies ist auch durch den absteigenden Verlauf der Zeit-Kurve von Anfängern zu den Experten nachvollziehbar. In den schweren Aufgaben 7 – 9 wurde die Zeit zwar nicht gemessen, aber es lässt sich zeigen, dass in der gesetzten Zeit von fünf Minuten die Experten am meisten von der Aufgabe geschafft haben, sie also zeitlich schneller gearbeitet haben müssen als die beiden anderen Gruppen.

In der Gruppeneinteilung nach medizinischem Ausbildungsstand fielen die Ergebnisse in der Aufgabenbewältigung bei uns sehr variabel aus und zeigten keinen signifikanten Vorteil für eine der Gruppen, am ehesten in Aufgabe 8 wieder einen Vorteil für die Fachärzte ( $p = 0,06$ ).

In der benötigten Zeit arbeiteten die Fachärzte jedoch in 5 der 6 Aufgaben schneller v.a. als die Studenten.

In einer vergleichbaren Studie wurden Urologen in denselben 6 laparoskopischen Basis-Aufgaben wie in unserer Studie (Aufgabe 3 - 8) am LAP Mentor in Treffsicherheit, Effizienz und benötigter Zeit verglichen (Matsuda, Mc Dougall et al. 2012). Auch hier erfolgte eine Einteilung nach laparoskopischer Erfahrung in drei Gruppen (Gruppe A 0 LAP, Gruppe B < 35 LAP, Gruppe C > 35 LAP). Die Gruppe C mit den erfahreneren Laparoskopikern konnte ein signifikant besseres Ergebnis als die Gruppe A ohne Erfahrung in jeweils einer Aufgabe bei der Effizienz (Aufgabe 8) und Treffsicherheit (Aufgabe 5) zeigen und in zwei Aufgaben bei der benötigten Zeit (Aufgaben 3 und 8). Die mittlere Gruppe B war in Aufgabe 8 signifikant besser in der Geschwindigkeit und Effizienz als die Gruppe A.

Unter einer anderen Gruppeneinteilung wurden Nicht-Mediziner gegen Medizinstudenten und Fachärzte am LAP Mentor in den neun Basis-Übungen bewertet jeweils mit einem Anfangstest und nach Training in einem Nach-Test (Zhang, Hunerbein et al. 2008). Hier konnten zwischen Fachärzten und Nicht-Medizinern in 7 von 9 Aufgaben signifikante Unterschiede gesehen werden im 1. Durchgang, der auch nach dem Training in einigen Aufgaben bestehen blieb. Auch zwischen Medizinstudenten und Nicht-Medizinern war in wenigen Aufgaben ein signifikanter Unterschied zu beobachten.

Unsere Ergebnisse stimmen also zum großen Teil mit den wenigen existierenden vergleichbaren Studien überein. Teilnehmer mit höherer laparoskopischer Erfahrung können am LAP Mentor bessere Primärergebnisse erzielen, nachgewiesen in den Aufgaben 3, 4, 5, 7 und 8. Bestimmte Aufgaben (z.B. Aufgabe 8 – Elektrokoagulation) scheinen eine höhere Korrelation zu den laparoskopischen Fähigkeiten zu haben als andere. In der Einteilung nach medizinischen Ausbildungsstand war für die benötigte Zeit zwar schon ein signifikanter Vorteil für die Fachärzte zu beobachten, allerdings nicht in der Aufgabenbewältigung, welches der wesentlich relevantere Faktor sein sollte, hier sehen wir daher keine Übereinstimmung mit der Vergleichsstudie.

Eine mögliche Erklärung für dieses ambivalente Ergebnis ist, dass diese Gruppe bei unseren Teilnehmern sehr heterogen gemischt war. Die Kieler Endoskopie-Schule für Gynäkologen bietet neben MIC 1 Grundkursen für Anfänger auch MIC 2 Kurse für Fortgeschrittene an, die teilweise aus nationalen, aber auch häufig aus internationalen Teilnehmern bestehen. So sind neben der Hauptanzahl von deutschen auch Teilnehmer aus Großbritannien, Russland, Türkei,

Rumänien, Indien, den Arabischen Emiraten, Nigeria, Ägypten, Südafrika, Zimbabwe, Kenia und China zu Gast. Bei einer derartigen Vielfalt von unterschiedlichen Ländern und Kontinenten ist anzunehmen, dass auch deren nationale medizinische Ausbildung auf unterschiedlichem Niveau verläuft und deswegen deren laparoskopische Erfahrung und Fähigkeiten sehr variieren. So sind einige Assistenzärzte oder auch Fachärzte auf einem niedrigeren Level einzuschätzen, deswegen ist die Betrachtung nach medizinischem Ausbildungsstand allein nicht sinnvoll, sondern nur in Kombination mit der laparoskopischen Erfahrung.

Neben der oben beschriebenen Problematik kann dies zum anderen auch daran liegen, dass es in der Gynäkologie einen Teil an Fachärzten gibt, die eher in der Geburtshilfe oder in der Stationsarbeit ihren Schwerpunkt haben und andere haben den operativen und spezialisierten laparoskopischen Part in ihrer Ausbildung übernommen. Das entscheidende Kriterium für ein laparoskopisches Arbeiten ist deshalb - unserer Meinung nach - die laparoskopische Erfahrung und nicht z.B. der Ausbildungsstand, wobei bei operativen Fachrichtungen eine Korrelation bestehen kann, aber nicht muss.

Dies zeigt auch eine weitere Studie, in der speziell bariatrische Chirurgen nach ihrer laparoskopischen Erfahrung in drei Gruppen eingeteilt (keine Erfahrung, mittlere Erfahrung, viel Erfahrung) wurden und bei Magen-Bypass-Op's am LAP Mentor bewertet und ein signifikanter Unterschied in der Performance zwischen Laparoskopie-Neulingen und erfahrenen laparoskopisch-tätigenden Chirurgen nachgewiesen wurde (Lewis, Aggarwal et al. 2012). Der weitere Vergleich in dieser Gruppeneinteilung wird deswegen in dieser Arbeit entsprechend kurz gehalten. In der Einteilung nach laparoskopischer Erfahrung zeigten die Experten direkt im 1. Durchgang eine gute Leistung und eine nahezu Perfektion nach Wiederholung der Übungen, was den Simulator und die bei den Experten bereits vorhandenen Fähigkeiten validiert.

Der Parameter der benötigten Zeit / Aufgabe sollte immer relativ betrachtet werden. Auch wenn die verringerte Operationszeit in einigen Studien ein Maß für die laparoskopische Lernkurve ist (Chung und Sackier 1998, Rosser et al. 1997), ist dies allein nicht unbedingt gleichbedeutend mit besserer chirurgischer Kompetenz und einem besserem Outcome wie frühere Studien zeigten (Altgassen et al. 2000, Botchorishvili et al. 2012). Von daher sollte man bei der benötigten Zeit / Aufgabe einen Vergleich zum zeitlichen Durchschnitt machen und zum anderen immer den qualitativen Aspekt der Aufgabenbewältigung mit betrachten. Hierfür bietet der LAP-Mentor selbst noch eine große weitere Anzahl an Parameter wie Trefferquote,

Effektivität, Handling der Instrumente, benötigte Wegstrecke und viele mehr, die bei dem einzelnen Teilnehmer für eine genauere Betrachtung zu Rate gezogen werden können.

## 4.2. Die Lernkurve

Im nächsten Schritt werden die Ergebnisse im 2. Durchgang und die Differenz zwischen Vor- und Nach-Test betrachtet. Für ein sinnvolles Training muss durch Wiederholen einer Aufgabe eine Verbesserung in der Ausübung gewährleistet sein. Die Lernkurve für die einzelnen Aufgaben zeigt für alle Teilnehmer nach oben und bestätigt somit, dass jede Gruppe ihre Ergebnisse verbessern konnte.

In der hier vorliegenden Studie profitierten vor allem die Anfänger (0 - 20 LAP) vom Training. In der Betrachtung der Zeit sind auch im 2. Durchgang die Teilnehmer mit Laparoskopie-Erfahrung in den Aufgaben 3 – 6 noch signifikant schneller, auch wenn im Vergleich der Lernkurve die Anfänger in 3 Aufgaben einen signifikant höheren Fortschritt nachweisen. Die Lernkurve der einzelnen Gruppen verläuft also genau umgekehrt zur Kurve der Primärergebnisse, d.h. die größten Fortschritte sind bei den Anfängern, die flachsten bei den Experten (bei hohem Ausgangsniveau) zu beobachten.

In der anderen Gruppeneinteilung nach medizinischem Ausbildungsstand fällt im 2. Durchgang insbesondere bei den Studenten ein hoher Fortschritt im Test auf, bis auf Aufgabe 8 haben sie in den übrigen Aufgaben die besten Ergebnisse. Auch beim Zeitparameter können sich die Studenten zum 2. Durchgang hin in 3 Aufgaben signifikant verbessern.

Anders als in der obigen Einteilung nach laparoskopischer Erfahrung, in der die Anfänger einen höheren Lernerfolg hatten, lässt sich diese Beobachtung allerdings hier nicht durch ein niedrigeres Ausgangsniveau im 1. Durchgang erklären, weil es hier keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Gruppen nach Ausbildungsstand gab. Die Studenten müssen also einen anderen Vorteil mitbringen, der ihre guten Ergebnisse erklärt und hier ist die Überlegung der Videospiel-Erfahrung (8 der 20 Studenten) ein möglicher Faktor, der zusätzlich untersucht wurde (s.u. 4.4.).

Eine Vergleichsstudie hat sich mit der Anzahl der Wiederholungen der Übungen und Messung der Trainingskurve bei einer Endoloop-Prozedur beschäftigt (Sharma und Horgan 2012). Hierfür wurde durch eine Expertengruppe ein Zielniveau vorgelegt, das als Maßstab für eine gute Aufgabenbewältigung genommen wurde. Anfänger benötigten nun ca. 10 Wiederholungen,

um eine signifikante Verbesserung in der benötigten Zeit und in der Bewegungsgeschwindigkeit der Instrumente nachweisen zu können und das Expertenniveau zu erreichen. In unserer Studie zeigten die Experten nach Wiederholung der Aufgaben eine nahezu Perfektion nach Wiederholung der Übungen, so haben sie 6 der 9 Übungen im Median mit 100% Aufgabenbewältigung beendet. Für die anderen beiden Gruppen zeigt sich anhand der steilen Lernkurve und den guten Ergebnissen im 2. Durchgang, dass sich diese Fähigkeiten schnell erlernen lassen, so konnten nach 3-4 maliger Trainingswiederholung die Fortgeschrittenen 2 der 9 Aufgaben, die Anfänger 3 der 9 Aufgaben im Median zu 100% bewältigen und nähern sich dem von den Experten vorgelegtem Niveau bzw. Ergebnis an.

In einer weiteren Studie wurden Allgemeinchirurgen gestuft nach ihrer Anzahl an laparoskopischen Cholecystektomien in 3 Gruppen (< 10 LAP, 20-50 LAP, > 100 LAP) eingeteilt und mit ihnen am LAP Mentor ein Trainingsprogramm entworfen. Dies enthielt die neun laparoskopischen Basis-Übungen, vier Teil-OP-Übungen sowie eine vollständige Cholecystektomie am Simulator. In 8 von 9 Basisübungen, in 3 Teil-OP-Übungen sowie in der Voll-Op konnte ein Unterschied zwischen den unterschiedlich erfahrenen Gruppen gesehen werden und in der vollständigen OP ein signifikanter Unterschied in der benötigten Zeit, der Instrumentenbewegung und –streckenlänge. Anschließend ließ man die Gruppe mit der geringsten Erfahrung 10 Wiederholungen machen und beobachtete ein Plateau in der Lernkurve zwischen der 6. und 9. Wiederholung. Bei Teil-OP-Prozeduren wurde ein Plateau nach 10 – 15 Übungen gesehen (von Websky, Vitz et al. 2012).

Betrachten wir diese beiden Studien zusammen mit der unseren hängt die Steilheit der Lernkurve von dem Ausgangsniveau der Teilnehmer, der Anzahl der Wiederholungen und vor allem vom Schwierigkeitsgrad der Aufgaben ab. Leichte Aufgaben werden schneller perfektioniert, dafür sind bei schwierigen Aufgaben die Fortschritte anfangs größer. Dieser allgemeine Grundsatz, dass die Lernkurve zunächst steil verläuft und sich dann einer Asymptote annähert, ist aber von entscheidender Bedeutung. Gerade hier ist es auch für fortgeschrittene Laparoskopiker sinnvoll, sich durch weiteres Üben der Asymptote auch in kleinen Schritten weiter anzunähern, um somit die Feinheiten der Laparoskopie zu optimieren. In unserer Studie mit laparoskopischen Basis-Aufgaben bräuchten wir anspruchsvollere Aufgaben/Prozeduren (bzw. eine höhere Skala), um damit die Überlegenheit der Experten (statistisch) und die kleinen Verbesserungsschritte darstellen zu können. Alternativ wäre eine Erhöhung des Schwierigkeitsgrades z.B. durch Verlegung des Aufgabenfeldes in Richtung OP-Situs denkbar, bei der es dann aber ein großes Teilnehmerfeld oder einer hohen Anzahl an Wiederholungen

bedarf, um die kleinen Annäherung an die Asymptote messbar zu machen. Für eine Studie mit Teilnehmern ohne Laparoskopie-Erfahrung wie Studenten war dies zumindest für unsere Studie nicht sinnvoll bzw. zielführend. Ansonsten ist wie bei den Vergleichsstudien (Cundiff 1997, Goff et al. 2002, Korndorffer et al. 2005, Essani et al. 2009) durch Wiederholung bei allen Gruppen ein signifikanter Lernerfolg zu beobachten.

Neben dem tatsächlichen Trainingserfolg in den Aufgaben wurde durch den Fragebogen bei den Teilnehmern durch Trainieren am VRS zusätzlich das subjektive Gefühl erzeugt, ihre manuellen/laparoskopischen Fähigkeiten verbessern zu können. So wurde die Selbsteinschätzung der Fähigkeiten (Skala 0-10) aller Teilnehmer mit einem Schnitt von 3,8 vor dem Training auf spätere von 6,1 angehoben. Dies wurde auch in weiteren Studien der Endoskopie-Schule Kiel für vergleichbare Trainingsmethoden und -simulatoren beobachtet (Elessawy, Skrzipczyk et al. 2017, Spille, Weners et al. 2017).

### **4.3. Die passende Zielgruppe**

Die Anfänger profitierten am meisten von den einfachen Aufgaben 1, 2 und 3 (Kameraführung und Auge-Hand-Koordination). Das veranschaulicht die Bedeutung und die Eignung dieser leichten Aufgaben vor allem für Neulinge der Laparoskopie, dass diese Basisfähigkeiten beherrscht werden müssen, um an laparoskopischen Operationen teilnehmen und einen guten Assistenten abgeben zu können. Diese Fähigkeiten beinhalten die gekonnte Bedienung der Kamera, wie beispielsweise verschiedene Manöver mit der 30° Optik, und eine sichere Auge-Hand-Koordination im Op-Gebiet (Hasson 2008).

Bei den mittelschweren Aufgaben 4, 5, und 6 liegt der Schwerpunkt auf der kontrollierten Benutzung und Zusammenarbeit unterschiedlicher Instrumente (Fasszange, Clipper) und betonen die Bedeutung der Hand-zu-Hand-Koordination, was wichtig ist, um den Umgang mit bestimmten Instrumenten zu verbessern und sichere chirurgische Handgriffe zu vollführen (Gettmann, Kondraske et al. 2003). Diese Aufgaben sind also durchaus für alle Gruppen wichtig, auch für Fortgeschrittene, um sehr genau und fehlerfrei zu arbeiten.

Die Aufgaben 7 – 9 mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad zeichnen sich durch eine weitere Verfeinerung im Umgang mit den Instrumenten (Schneiden, Koagulieren) aus und beim Koagulieren müssen in der Koordination zusätzlich zwei Fußpedale bedient werden können ohne sein Ziel auf dem Monitor aus den Augen zu lassen oder mit den Instrumenten in den

Händen zu wackeln. Diese Aufgaben sind auch für Fortgeschrittene und Experten sinnvoll, um die Präzision und komplexe Arbeitsschritte zu optimieren.

Andere Beispiele für eine mögliche Zielgruppe bietet eine Studie von Gianotti und Kollegen, die speziell die Konstrukt-Validität des LAP Mentors bei bariatrischen Magen-Bypass-Operationen überprüft haben (Gianotti, Patrizi et al. 2014). Dazu wurden 10 Chirurgen ohne bariatrische Erfahrung gegen 10 bariatrisch erfahrene Chirurgen in Magen-Bypass-Op's am Simulator geprüft. Von der laparoskopischen Erfahrung boten beide Gruppen zwischen 50 und 100 Laparoskopien. So konnte ein signifikanter Unterschied im Detail und den speziellen Fähigkeiten für diese Eingriffe festgestellt werden, so dass auch speziell in demjenigen Fachgebiet Schwächen aufgezeigt und Verbesserung erzielt werden können. Ähnlich wäre es auch mit anderen Fachgebieten (Urologie, Gynäkologie, Allgemein Chirurgie, etc.) und deren speziellen Eingriffen denkbar.

Eine weitere Gruppe hat sich mit möglichen Zielwerten des Simulators beschäftigt, um so ein Bewertungssystem zu etablieren. So wurde z.B. aus einer größeren Teilnehmergruppe für den Zeitparameter eine Benchmark-Grenze beim schnellsten Quartil als Zielwert vorgeschlagen (von Websky, Vitz et al. 2012). Bis jetzt hat dieser Vorschlag für festgelegte Zielwerte als Bewertungssystem jedoch noch keine allgemeine Umsetzung erhalten.

Neben der passenden Zielgruppe stellt sich dann auch die Frage, wann ein guter Beginn mit dem Simulator-Training wäre? So fand eine Gruppe um Edelmann heraus, dass Medizinstudenten, die FLS (= Fundamentals of Laparoscopic Surgery<sup>TM</sup>) trainierten, einen Vorteil im praktischen Jahr (Internal year) bei laparoskopischen Übungen haben und postulierten deswegen, dass Studenten schon mit dem Simulator Training beginnen sollten (Edelmann et al. (2011). Ein späterer Einstieg wäre die chirurgische Assistenzarztzeit als möglicher Beginn mit dem Simulator-Training (Ayodeji, Schijven et al. 2007). Wenn sich die Möglichkeit im Rahmen des Medizinstudiums und in Praktika ergibt, würden wir auch schon einen frühen Beginn empfehlen. Zum einen, weil Medizinstudenten bereits in chirurgischen Famulaturen und spätestens im praktischen Jahr häufig im OP assistieren und so vorher Erfahrung am Simulator sammeln können. Zum anderen kann so während des Studiums je nach Interesse die Entscheidung bereits gefestigt oder auch verlassen werden im späteren Berufsfeld laparoskopisch tätig werden zu wollen.

#### **4.4. Bedeutung von virtuellen Trainern für den OP-Saal**

Eine Einschränkung des virtuellen Simulators ist, dass wir nicht alle Komponenten der chirurgischen Kompetenz bei einem Mangel an der realen operativen Belastung oder anatomischer Ähnlichkeit bewerten können. Diese muss eine Kombination aus anatomischen Kenntnissen, Kommunikationsfähigkeit, Entscheidungsprozessen, technischen Fähigkeiten, und Stress-Management beinhalten (Moorthy, Munz et al. 2003). Dieser Punkt ist ebenfalls von Relevanz, weil so auch die Auswirkung von Stressoren während des Simulator-basierten Trainings auf den Lernenden ausgeübt und trainiert werden könnten, um die Bewältigung von Stress-Management-Fähigkeiten zu verbessern. So haben beispielsweise einige Studien den Trainingsraum mit einem kompletten Op-Team um Anästhesisten, Op-Schwwestern und Operateuren in den Op-Saal verschoben, um sich an reale Bedingungen anzunähern (Musselman et al. 2005, Wetzal et al. 2010, Andreatta et al. 2010, Steinemann et al. 2011).

Das allein sollte aber nicht ausreichen, deswegen haben sich andere Forscher in randomisiert-kontrollierten Studien damit auseinandergesetzt, ob ich durch meine Lernerfolge am VR-Trainer auch meine realen Operationsfähigkeiten verbessern kann und sich die Ergebnisse übertragen lassen.

Eine Studie von Andreatta und Kollegen vergleicht dabei die Übertragbarkeit der Bewegungen zwischen LAP Mentor und lebenden Schweinen; hier wurden aus 19 Chirurgie-Assistenten zwei Gruppen gebildet, von denen nur eine vorheriges Training am Simulator erhielt. Es wurden im Schwein ähnliche Aufgaben wie am Simulator durchgeführt (Kameraführung, Objekttransfer, ...) und vergleichbare Werte (benötigte Zeit, Trefferquote, Gesamtbewertung) gemessen. Hierbei zeigten die Teilnehmer mit dem vorherigen Simulator-Training signifikant bessere Ergebnisse am Tiermodell (Andreatta, Woodrum et al. 2006).

Noch einen Schritt weiter geht nun die Übertragung der Fähigkeiten in den realen OP-Saal. Zwei vergleichbare Studien haben sich mit dieser Thematik auseinandergesetzt (Seymour, Gallagher et al. 2002, Grantcharov, Kristiansen et al. 2004). Dafür wurden wieder chirurgische Assistenzärzte ausgewählt, die als Ausgangstest eine laparoskopische Cholezystektomie durchführten. Schließlich erhielt wieder nur ein Gruppenarm Training am Simulator. Anschließend erfolgte eine weitere laparoskopische Cholezystektomie für alle. Die Operationen wurden jeweils auf Video aufgezeichnet und von unabhängigen Beobachtern unter vordefinierten Kriterien für benötigte Zeit, Fehlerquote und Bewegungsökonomie bewertet. Im Ausgangstest waren keine Unterschiede zwischen den Gruppen gesehen worden. Jedoch in der

zweiten OP konnten die Simulator-trainierten Teilnehmer signifikant bessere Ergebnisse in der Zeit, der Fehlerquote und der Bewegungsökonomie erzielen.

Allein schon ein kurzes voroperatives „Warm-up“ am VR Trainer zeigte bei erfahrenen Laparoskopikern eine Verbesserung der realen Operationsergebnisse. Hierfür wurden wiederum Chirurgen rekrutiert, um eine laparoskopische Cholezystektomie durchzuführen. Nach der ersten OP erhielt eine Gruppe eine Zwischenrunde am Simulator, bevor alle Teilnehmer eine zweite Cholezystektomie unternahmen (Calatayud, Arora et al. 2010).

Diese Studienergebnisse sollen nur ein Auszug von vielen vergleichbaren Studien sein, die sich mit diesem Thema befassen (Youngblood, Srivastava et al. 2005, Aggarwal, Ward et al. 2007, Munz, Almoudaris et al. 2007, Fried, Derossis et al. 1999, Scott, Bergen et al. 2000, Hyltander, Liljegren et al. 2002). Somit kann der Lernerfolg am Simulator auf den Operationssaal übertragen werden, was die prognostische Validität des Trainers bestätigt.

#### **4.5. Bedeutung der Videospiele-Erfahrung**

Zusätzlich zu VR Simulatoren wurde in vielen Untersuchungen analysiert, dass Videospiele einen nützlichen Effekt auf chirurgisches Training haben könnten (Rosser, Lynch et al. 2007, Seymour 2008, Shane, Pettitt et al. 2008, Sharma, Shaban et al. 2009, Lynch, Aughwane et al. 2010, Boyle, Kennedy et al. 2011, Kennedy, Boyle et al. 2011, Rosser, Gentile et al. 2012). Videospiele zeigen eine Verbesserung der Auge-Hand-Koordination (Granek, Gorbet et al. 2010), der räumlichen Visualisierung (Green und Bavelier 2003) und der schnelleren mentalen Verarbeitung (Boot, Kramer et al. 2008). Der Effekt auf chirurgische Leistung ist jedoch nicht eindeutig. So zeigten einige Studien eine Korrelation (Grantcharov, Bardram et al. 2003, Schlickum, Hedman et al. 2009, Badurdeen, Abdul-Samad et al. 2010, van Dongen, Verleisdonk et al. 2011), andere hingegen nur einen geringen bis keinen Effekt auf die tatsächlichen chirurgischen Fertigkeiten (Rosenberg, Landsittel et al. 2005, Harper, Kaiser et al. 2007, Madan, Harper et al. 2008).

Die Teilnehmer mit Videospiele-Erfahrung waren in unserer Studie in jeder Aufgabe gleich gut oder besser, jedoch war der Unterschied nur in drei Aufgaben signifikant, ansonsten lässt sich eher von einer positiven Tendenz sprechen. Die Spieler zeigten eine sehr schnelle Einfeldung in die Umgebung, Gewöhnung an die 2D Darstellung auf dem Monitor im virtuellen 3D-Raum und im Umgang mit den Instrumenten (Granek, Gorbet et al. 2010). Nicht zuletzt der Spaß-Faktor auf neue Herausforderungen und Aufgaben und sich verbessern zu wollen schien ihre

Lernbereitschaft voranzutreiben. Ordnen wir unser Ergebnis also im Kontext mit den Erfahrungen anderer Studien ein.

Zunächst der Blick auf die Nachforschungen, die keinen signifikanten Nutzen von Videospiele-Erfahrung für die laparoskopischen Fähigkeiten ergaben. Eine Studiengruppe um Madan, prüfte, ob nicht-chirurgische manuelle Fertigkeiten wie Videospiele, das Spielen eines Musikinstrument, oder das Essen mit Stäbchen einen Vorteil auf die laparoskopischen Ausgangsfähigkeiten verschafft (Madan, Harper et al. (2008). Eine weitere Gruppe beschäftigte sich damit, ob das Spielen einer X-Box (Microsoft, Seattle, WA, USA) nach initialem Ausgangstest einen positiven Effekt gegen eine Kontrollgruppe hat (Rosenberg, Landsittel et al. 2005). Beide Arbeiten konnten lediglich eine positive Tendenz ohne Signifikanz erkennen. Jedoch waren beide Studien mit 18 bzw. 11 Studenten ebenfalls sehr gering besetzt. Eine dritte Studie beschäftigte sich mit der Korrelation von Videospiele-Erfahrung und der Roboter-assistierten Chirurgie (Harper, Kaiser et al. 2007). Es wurden zwei Gruppen mit je zehn Teilnehmern gebildet, die Knoten am DaVinci Robotic Surgical System (Intuitive Surgical, US) vollführen sollten. Hier zeigten sich die Teilnehmer ohne Video-Spielerfahrung signifikant besser als die Teilnehmer mit. Trotzdem ist die Teilnehmerzahl insgesamt gering. Diese Ergebnisse sind also kritisch zu betrachten.

Die Studien mit positivem Nachweis hingegen scheinen nicht nur zahlenmäßig überlegen. Hier ist mit den zunehmenden Neuerungen auf dem Videospielemarkt eine technische Entwicklung in den letzten Jahren zu beobachten. So wurde zunächst festgestellt, dass eine Korrelation zwischen Video-Spielen und manuellen Fähigkeiten besteht. Diese hängt aber zum einen von der Dauer des Spielens ab, so wurde ein signifikanter Vorteil ab einer Spieldauer von mindestens drei Stunden pro Woche beobachtet (Rosser, Lynch et al. 2007; Shane, Pettitt et al. 2008). Zum anderen ist aber auch Inhalt der Video-Spiele von Bedeutung. Spiele mit einer dreidimensionalen Umgebung und Interaktion bringen einen Nutzen im Gegensatz zu abstrakten Denkspielen wie beispielsweise Pc-Schach (Schlickum, Hedman, et al. 2009). Geht man nun über zu neueren Konsolen, die eine Motion-Control-Technik bieten, in der die Bewegungen des Spielers im heimischen Wohnzimmer durch Erfassung eines Sensors oder einer Kamera im dreidimensionalen Raum auf einen Bildschirm transferiert werden, so zeigt sich nicht nur eine Korrelation in den Ausgangswerten am Simulator (Badurdeen, Abdul-Samad et al. 2010) sondern auch ein positiver Nutzen durch Training an der Videospielekonsole im Gegensatz zur Kontrollgruppe (Giannotti, Patrizi et al. 2014). Der Transfer dieser Videospiele-

Fähigkeiten in den realen OP wurde ebenfalls von einer Forschungsgruppe belegt (Rosser, Gentile et al. 2012).

Die Arbeitsgruppe um Ou hat sich sehr intensiv mit diesem Thema auseinander gesetzt und 142 Arbeiten hierzu analysiert (Ou, McGlone et al. 2013). Sie fassten zusammen, dass sowohl Medizinstudenten als auch erfahrene laparoskopische Chirurgen mit Videospiele-Erfahrung im Vergleich zu Nicht-Spielern überlegene laparoskopische Fertigkeiten in Bezug auf die benötigte Zeit, die Effizienz und eine geringere Fehlerquote besitzen. Dies ist nachweislich auf bessere psychomotorische Fähigkeiten der Spieler zurückzuführen.

Wenn wir jetzt in unserer Studie beispielsweise die Experten (> 200 LAP) mit den Videospielern vergleichen, so befinden sich beide Gruppen auf einem sehr ähnlichen Niveau im 1. Durchgang. Dies deutet ebenfalls den Vorteil der Spieler am Simulator an, wobei umgekehrt 4 der 16 Videospiele zu den Experten gehören, also eine Verzerrung in der Ergebnisbetrachtung möglich wäre. Insgesamt scheint nach Auseinandersetzung mit der Materie der Vorteil der Videospiele-Erfahrung für die Laparoskopie hinreichend nachgewiesen, die Korrelation ist umso höher, je mehr das dreidimensionale Denken und Arbeiten gefordert wird.

#### **4.6. Vergleich mit anderen Simulatoren**

Abschließend wollen wir den Vergleich zwischen modernen VR-Simulatoren zu den bisherigen Trainingsmodulen der Laparoskopie ziehen. So beschäftigen sich einige Studien mit dem Vergleich zwischen einfachem Simulator oder Box-Trainern gegen einen virtuellen Simulator wie den LAP Mentor.

In einer dieser betreffenden Studien wurden Assistenzärzte in drei Gruppen aufgeteilt, von denen eine am einfachen Simulator (MISTELS = McGill Inanimate System für Training and Evaluation of Laparoscopic Skills) und eine am virtuellen Simulator (LAP Mentor) trainierte und gegen eine zusätzliche Kontrollgruppe verglichen wurde. Für beide Simulatoren bestätigte sich ein signifikanter Lernerfolg gegenüber den Vorwerten und der Kontrollgruppe, aber zwischen den beiden Simulatoren konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden (Beyer, Troyer et al. 2011). Ein ähnliches Ergebnis ergab eine weitere Testung, in der 10 Medizinstudenten am VR-Simulator gegen 10 Studenten am Box Trainer in der benötigten Zeit, Pfadlänge und im Instrumenten-Handling verglichen wurden und sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied herausstellte (Vitish-Sharma, Knowles et al. 2011).

In einem ähnlichen Modell wurde überprüft, ob es einen Vorteil bringen könnte, wenn Studenten nur an einem Trainingsmodul (VRS) oder ein multimodales Training (VRS, Box Trainer und ein weiterer Simulator) erhalten. Zwar konnten mit beiden Trainingsmethoden eine Verbesserung erreicht werden, aber ein möglicher Vorteil wurde nicht nachgewiesen, wohlmöglich auch, weil der Abschlusstest am VRS erfolgte, an dem beide Gruppen trainierten (Brinkman, Havermans et al. 2012).

Desweiteren wurden Medizinstudenten gegen Chirurgen mit über 100 Laparoskopien als Erfahrungswert am LAP Mentor in einem Pre-Test verglichen und dann nach Trainieren an einem ähnlichen Simulator (SINERGIA) in einem Post-Test verglichen. Dort wurde nicht nur ein signifikanter Lernerfolg, sondern auch der Transfer von Trainingsfortschritten zwischen unterschiedlichen VR-Trainern nachgewiesen (Moyano-Cuevas, Sánchez-Margallo et al. 2011).

In einem Fragebogen wurden Chirurgen der laparoskopischen Hernienchirurgie nach ihrer bevorzugten Trainingsmethode interviewt zwischen menschlichem Leichnam (Körperspende im anatomischen Institut), VRS und Box-Trainer mit Bewertung von taktilen Rückschlüssen, Gewebehandling, Operationsschritten, Realität usw.. In diesem subjektiven Fragebogen wurde das menschliche Präparat in allen Bewertungspunkten als beste Trainingsmöglichkeit eingestuft, zwischen VRS und Box-Trainer sahen die Teilnehmer keinen deutlichen Unterschied (Sharma und Hogan 2012).

Insbesondere im Hinblick auf moderne OP-Verfahren nimmt die Relevanz des Simulator-Trainings zu (Alkatout, Mettler et al. 2014). Dazu gehören vor allem Kamera-assistierte Prozeduren über einen Bildschirm, die eine Transferleistung erforderlich machen. Diese sind technisch anspruchsvoll und daher wichtig zu beherrschen, deswegen nimmt die Anzahl der virtuellen Simulatoren zu. So werden in gynäkologischen Trainingsschulen seit einigen Jahren auch ein virtueller Simulator für Hysteroskopien (Hyst-Mentor, Symbionix, Cleveland, Ohio, USA) angeboten. Erste Studien beschäftigten sich lediglich mit Bewertungen über Realismus und Trainingsmöglichkeiten (Bajka, Tuchschnid et al. 2009), in einer weiteren aktuellen Studie der Endoskopie-Schule Kiel wurde auch hier die Konstruktvalidität bestätigt und der Trainingserfolg nachgewiesen (Elessawy, Skrzypczyk et al. 2017).

Auch in anderen medizinischen Fachbereichen nimmt die Anzahl an Virtuellen-Realitäts-Simulatoren zu. Ein beispielhafter Auszug sind die Simulatoren für Arthroskopien (Srivastava, Youngblood et al. 2004, Fucentese, Rahm et al. 2015), Bronchoskopien (Colt, Crawford et al. 2001), Gastroskopien (Triantafyllou, Lazaridis, et al. 2014) oder Angiografien (Casey, Stewart

et al. 2015). Für viele dieser Trainer liegen aber nur einzelne Studien vor, bei denen ein positiver Lerneffekt beschrieben ist.

Neben diesen VRS haben sich bereits auch Roboter-assistierte OP-Methoden etabliert, die eine weitere Spezialisierung und neue Trainingsmöglichkeiten in der chirurgischen Ausbildung zwingend notwendig macht (Alkatout, Mettler et al. 2016).

So kann man also zusammenfassen, dass nicht zwingend die Art des Simulators entscheidend ist, sondern dass sich in der Vergangenheit mehrere Trainingsmöglichkeiten der Laparoskopie durchgesetzt haben, die alle ihren Nutzen bewiesen haben. Zwischen diesen kann auch gewechselt werden, da der Trainingserfolg zwischen unterschiedlichen Simulatoren übertragbar ist und so mehr Variabilität in der Ausbildung möglich ist. Durch die neuen technischen Möglichkeiten und Anforderungen werden aber vor allem virtuelle Realitäts-Simulatoren in Zukunft weiter zunehmen und sich etablieren.

## 5. Zusammenfassung

Im Rahmen der Trainingskurse der Kiel School of Gynaecological Endoscopy wurde an einem Virtuellen Trainings-Simulator ein Trainingsprogramm entwickelt und von insgesamt 64 Studienteilnehmern in neun unterschiedlichen und nach Schwierigkeit gestaffelten Aufgaben objektivierbare Ergebnisse in zwei Testdurchgängen in Parametern der benötigten Zeit / Aufgabe und der Aufgabenbewältigung erhoben. Diese wurden anhand eines zuvor erhobenen Fragebogens mit repräsentativen Variablen zum einen nach laparoskopischer Erfahrung in Anfänger, Fortgeschrittene und Experten, zum anderen nach medizinischem Ausbildungsstand in Studenten, Assistenz- und Fachärzte untergliedert, um somit eine passende Zielgruppe für den Simulator zu finden.

Die Ergebnisse zeigen u.a., dass sich alle Teilnehmer von Durchgang 1 zu Durchgang 2 signifikant verbessert haben. Teilnehmer, die über eine größere laparoskopische Erfahrung verfügen, waren in den Aufgaben 3, 4, 5, 6 und 8 signifikant besser als die Teilnehmer mit geringerer Operationserfahrung. Demgegenüber waren diese Leistungsunterschiede nach Klassifizierung anhand der Berufserfahrung alleine weit weniger ausgeprägt. Virtuelle Trainingsprogramme können die Lernkurve von Berufsanfängern verkürzen, aber auch Fortgeschrittenen und Experten schnelleres und sicheres Erlernen komplexer Operationen am Modell erlauben. Bestimmte Aufgaben scheinen eine höhere Korrelation zu den laparoskopischen Fähigkeiten zu haben als andere. Desweiteren konnte gezeigt werden, dass Videospiele-Erfahrung vor allem bei den komplexeren Aufgaben und den Aufgaben, die räumliches Vorstellungsvermögen benötigen, hilfreich war. Im Vergleich mit anderen Laparoskopie-Trainern scheint der Virtuelle Trainer jedoch keinen nennenswerten Vorteil zu haben, dafür kann aber auch zwischen den Trainern gewechselt werden, da der Trainingserfolg zwischen unterschiedlichen Simulatoren übertragbar ist und so mehr Variabilität in der Ausbildung möglich macht. Durch andere Studien wurde belegt, dass der Lernerfolg am Simulator auf den Operationssaal übertragen werden kann, was die prognostische Validität des Trainers bestätigt.

Vorausschauend scheint die Implementierung von Operationstrainern anhand der fortschreitenden Technik (u.a. auch 3D- und Roboterchirurgie) weiter an Wichtigkeit zu gewinnen. Deswegen müssen auch in Zukunft weiterhin moderne Trainingsmöglichkeiten und Simulatoren entworfen und integriert werden, um sich an diese Technisierung anzupassen und um die momentanen Defizite in der Ausbildung von Studenten und Ärzten auszugleichen.

## 6. Literaturverzeichnis

- Aggarwal, R., Crochet, P., Dias, A., Misra, A., Ziprin, P. und Darzi, A. (2009): Development of a virtual reality training curriculum for laparoscopic cholecystectomy. *Br J Surg*, 96(9), 1086-1093
- Aggarwal, R., Ward, J., Balasundaram, I., Sains, P., Athanasiou, T. und Darzi, A. (2007): Proving the effectiveness of virtual reality simulation for training in laparoscopic surgery. *Ann Surg*, 246(5), 771-779
- Alkatout, I., Mettler, L., Maass, N., Ackermann, J. (2016): Robotic surgery in gynecology. *J Turk Ger Gynecol Assoc*, 17(4): 224-232
- Alkatout, I., Mettler, L., Maass, N., Noé, G.K., Elessawy, M. (2015): Abdominal anatomy in the context of port placement and trocars. *J Turk Ger Gynecol Assoc*, 16(4): 241-251
- Alkatout, I., Mettler, L., Peters, G., Noé, G., Holthaus, B., Jonat, W., Schollmeyer, T. (2014): Laparoscopic hysterectomy and prolapse: a multiprocedural concept. *JLS*, 18(1): 89-101
- Alkatout, I., Schollmeyer, T., Hawaldar, N.A., Sharma, N., Mettler, L. (2012): Principles and safety measures of electrosurgery in laparoscopy. *JLS*, 16(1): 130-139
- Altgassen, C., Possover, M., Krause, N., Plaul, K., Michels, W., Schneider, A. (2000): Establishing a new technique of laparoscopic pelvic and para-aortic lymphadenectomy. *Obstetrics and gynecology*, 95(3), 348-352
- Andreatta, P.B., Hillard, M., Krain, L.P. (2010): The impact of stress factors in simulation-based laparoscopic training. *Surgery*, 147(5), 631-639
- Andreatta, P. B., Woodrum, D. T., Birkmeyer, J. D., Yellamanchilli, R. K., Doherty, G. M., Gauger, P. G. und Minter, R. M. (2006): Laparoscopic skills are improved with LapMentor training: results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg*, 243(6), 854-860
- Avgerinos, D. V., Goodell, K. H., Waxberg, S., Cao, C. G. und Schwaitzberg, S. D. (2005): Comparison of the sensitivity of physical and virtual laparoscopic surgical

training simulators to the user's level of experience. *Surgical endoscopy*, 19(9), 1211-1215

- Ayodeji, I. D., Schijven, M., Jakimowicz, J. und Greve, J. W. (2007): Face validation of the Symbionix LAP Mentor virtual reality training module and its applicability in the surgical curriculum. *Surgical endoscopy*, 21(9), 1641-1649
- Badurdeen, S., Abdul-Samad, O., Story, G., Wilson, C., Down, S. und Harris, A. (2010): Nintendo Wii video-gaming ability predicts laparoscopic skill. *Surgical endoscopy*, 24(8), 1824-1828
- Bajka, M., Tuchschnid, S., Streich, M., Fink, D., Székely, G., Harders, M. (2009): Evaluation of a new Virtual-Reality Training Simulator for hysteroscopy. *Surgical endoscopy*, 23(9), 2026-2033
- Beyer, L., Troyer, J.D., Mancini, J., Bladou, F., Berdah, S.V., Karsenty, G. (2011): Impact of laparoscopy simulator training on the technical skills of future surgeons in the operating room: a prospective study. *American Journal of Surgery*, 202(3): 265-272
- Boot, W. R., Kramer, A. F., Simons, D. J., Fabiani, M. und Gratton, G. (2008): The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta Psychol\_(Amst)*, 129(3), 387-398
- Botchorishvili, R., Rabischong, B., Larrain, D., Khoo, C.K., Gaia, G., Jardon, K., et al. (2012): Educational value of an intensive and structured interval practice laparoscopic training course for residents in obstetrics and gynecology: a four-year prospective, multi-institutional recruitment study. *Journal of surgical education*, 69(2), 173-179
- Boyle, E., Kennedy, A. M., Traynor, O. und Hill, A. D. (2011): Training surgical skills using nonsurgical tasks - can Nintendo Wii improve surgical performance? *Journal of surgical education*, 68(2), 148-154
- Bridges, M., Diamond, D.L. (1999): The financial impact of teaching surgical residents in the operating room. *American journal of surgery*, 177(1), 28-32
- Brinkman, W.M., Havermans, S.Y., Buzink, S.N., Botden, S.M., Jakimowicz, J.J., Schoot, B.C. (2012): Single versus multimodality training basic laparoscopic skills. *Surgical Endoscopy*, 26(8): 2172-2178

- Calatayud, D., Arora, S., Aggarwal, R., Kruglikova, I., Schulze, S., Funch-Jensen, P. und Grantcharov, T. (2010): Warm-up in a virtual reality environment improves performance in the operating room. *Ann Surg*, 251(6), 1181-1185
- Carter, F. J., Schijven, M. P., Aggarwal, R., Grantcharov, T., Francis, N. K., Hanna, G. B., Jakimowicz, J. J. (2005): Consensus guidelines for validation of virtual reality surgical simulators. *Surgical endoscopy*, 19(12), 1523-1532
- Casey, D.B., Stewart, D., Vidovich, M.I. (2015): Diagnostic coronary angiography: initial results of a simulation program. *Cardiovasc Revasc Med*, 15(15), 347-354
- Chung, J.Y., Sackier, J.M. (1998): A method of objectively evaluating improvements in laparoscopic skills. *Surgical endoscopy*, 12(9), 1111-1116
- Colt, H.G., Crawford, S.W., Galbraith, O. (2001): Virtual reality bronchoscopy simulation: a revolution in procedural training. *Chest*, 120(4), 1333-1339
- Cundiff, G.W. (1997): Analysis of the effectiveness of an endoscopy education program in improving residents' laparoscopic skills. *Obstetrics and gynecology*, 90(5), 854-859
- Darzi, A. und Mackay, S. (2002): Recent advances in minimal access surgery. *BMJ*, 324(7328), 31-34
- Edelmann, D.A., Mattos, M.A., Bouwman, D.L. (2011): Impact of fundamentals of laparoscopic surgery training during medical school on performance by first year surgical residents. *J Surg Res*, 170(1): 6-9
- Elessawy, M., Schollmeyer, T., Mettler, L., Jonat, W., Schem, C., von Hehn, U., et al. (2015): The incidence of complications by hysterectomy for benign disease in correlation to an assumed preoperative score. *Archives of gynecology and obstetrics*, 292(1), 127-133
- Elessawy, M., Skrzipczyk, M., Eckmann-Scholz, C., Maass, N., Mettler, L., Guenther, V., van Mackelenbergh, M., Bauerschlag, D.O., Alkatout, I. (2017): Integration and validation of hysteroscopy simulation in the surgical training curriculum. *Journal of Surgical Education*, 74(1): 84-90

- Essani, R., Scriven, R.J., McLarty, A.J., Merriam, L.T., Ahn, H., Bergamaschi, R. (2009): Simulated laparoscopic sigmoidectomy training: responsiveness of surgery residents. *Diseases of the colon and rectum*, 52(12), 1956-1961
- Fried, G. M., Derossis, A. M., Bothwell, J. und Sigman, H. H. (1999): Comparison of laparoscopic performance in vivo with performance measured in a laparoscopic simulator. *Surgical endoscopy*, 13(11), 1077-1081
- Fucentese, S.F., Rahm, S., Wieser, K., Spillmann, J., Harders, M., Koch, P.P. (2015): Evaluation of a virtual-reality-based simulator using passive haptic feedback for knee arthroscopy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 23(4), 1077-1085
- Gettman, M.T., Kondraske, G.V., Traxer, O., Ogan, K., Napper, C., Jones, D.B., et al. (2003): Assessment of basic human performance resources predicts operative performance of laparoscopic surgery. *Journal of the American College of Surgeons*, 197(3), 489-496
- Giannotti, D., Patrizi, G., Casella, G., Di Rocco, G., Marchetti, M., Frezzotti, F., Bernieri, M.G., Vestri, A.R., Redler, A. (2014): Can virtual reality simulators be a certification tool for bariatric surgeons? *Surgical endoscopy*, 28(1), 242-248
- Goff, B.A., Nielsen, P.E., Lentz, G.M., Chow, G.E., Chalmers, R.W., Fenner, D., et al. (2002): Surgical skills assessment: a blinded examination of obstetrics and gynecology residents. *American journal of obstetrics and gynecology*, 186(4), 613-617
- Gor, M., McCloy, R., Stone, R. und Smith, A. (2003): Virtual reality laparoscopic simulator for assessment in gynaecology. *British journal of obstetrics and gynaecology*, 110(2), 181-187
- Granek, J. A., Gorbet, D. J. und Sergio, L. E. (2010): Extensive video-game experience alters cortical networks for complex visuomotor transformations. *Cortex*, 46(9), 1165-1177
- Grantcharov, T. P., Bardram, L., Funch-Jensen, P. und Rosenberg, J. (2003): Impact of hand dominance, gender, and experience with computer games on performance in virtual reality laparoscopy. *Surgical endoscopy*, 17(7), 1082-1085

- Grantcharov, T. P., Kristiansen, V. B., Bendix, J., Bardram, L., Rosenberg, J. und Funch-Jensen, P. (2004): Randomized clinical trial of virtual reality simulation for laparoscopic skills training. *The British journal of surgery*, 91(2), 146-150
- Green, C. S. und Bavelier, D. (2003): Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, 423(6939), 534-537
- Hanna, G. B., Shimi, S. M. und Cuschieri, A. (1998): Randomised study of influence of two-dimensional versus three-dimensional imaging on performance of laparoscopic cholecystectomy. *Lancet*, 351(9098), 248-251
- Harper, J. D., Kaiser, S., Ebrahimi, K., Lamberton, G. R., Hadley, H. R., Ruckle, H. C. und Baldwin, D. D. (2007): Prior video game exposure does not enhance robotic surgical performance. *J Endourol*, 21(10), 1207-1210
- Hasson, H.M. (2008): Simulation training in laparoscopy using a computerized physical reality simulator. *Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons*, 12(4), 363-367
- Hyltander, A., Liljegren, E., Rhodin, P. H. und Lonroth, H. (2002): The transfer of basic skills learned in a laparoscopic simulator to the operating room. *Surgical endoscopy*, 16(9): 1324-1328
- Kennedy, A. M., Boyle, E. M., Traynor, O., Walsh, T. und Hill, A. D. (2011): Video gaming enhances psychomotor skills but not visuospatial and perceptual abilities in surgical trainees. *Journal of surgical education*, 68(5): 414-420
- Korndorffer, Jr., Dunne, J.B., Sierra, R., Stefanidis, D., Touchard, C.L., Scott, D.J. (2005): Simulator training for laparoscopic suturing using performance goals translates to the operating room. *Journal of the American College of Surgeons*, 201(1): 23-29
- Lewis, T.M., Aggarwal, R., Kwasnicki, R.M., Rajaretnam, N., Moorthy, K., Ahmed, A., Darzi, A. (2012): Can virtual reality simulation be used for advanced bariatric surgical training? *Surgery*, 151(6): 779-784
- Lucas, S. M., Zeltser, I. S., Bensalah, K., Tuncel, A., Jenkins, A., Pearle, M. S. und Cadeddu, J. A. (2008): Training on a virtual reality laparoscopic simulator improves performance of an unfamiliar live laparoscopic procedure. *The Journal of Urology*, 180(6): 2588-2591

- Lynch, J., Aughwane, P. und Hammond, T. M. (2010): Video games and surgical ability: a literature review. *Journal of surgical education*, 67(3): 184-189
- Madan, A. K., Harper, J. L., Frantzides, C. T. und Tichansky, D. S. (2008): Nonsurgical skills do not predict baseline scores in inanimate box or virtual-reality trainers. *Surgical endoscopy*, 22(7): 1686-1689
- Maithel, S., Sierra, R., Korndorffer, J., Neumann, P., Dawson, S., Callery, M., Jones, D. und Scott, D. (2006): Construct and face validity of MIST-VR, Endotower, and CELTS: are we ready for skills assessment using simulators? *Surgical endoscopy*, 20(1): 104-112
- Matsuda, T., McDougall, E.M., Ono, Y., Hattori, R., Baba, S., Iwamura, M., Terachi, T., Naito, S. und Clayman, R.V. (2012): Positive Correlation Between Motion Analysis Data on the LapMentor Virtual Reality Laparoscopic Surgical Simulator and the Results from Videotape Assessment of Real Laparoscopic Surgeries. *J Endourol*, 26(11): 1506-1511
- McDougall, E. M., Corica, F. A., Boker, J. R., Sala, L. G., Stoliar, G., Borin, J. F., Chu, F. T. und Clayman, R. V. (2006): Construct validity testing of a laparoscopic surgical simulator. *Journal of the American College of Surgeons*, 202(5): 779-787
- Mettler, L., Clevin, L., Ternamian, A., Puntambekar, S., Schollmeyer, T., Alkatout, I. (2013): The past, present and future of minimally invasive endoscopy in gynecology: a review and speculative outlook. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 22(4): 210-26
- Middleton, K. K., Hamilton, T., Tsai, P. C., Middleton, D. B., Falcone, J. L. und Hamad, G. (2013): Improved nondominant hand performance on a laparoscopic virtual reality simulator after playing the Nintendo Wii. *Surgical endoscopy*, 27(11): 4224-4231
- Moore, M. J. und Bennett, C. L. (1995): The learning curve for laparoscopic cholecystectomy. *The Southern Surgeons Club. American journal of surgery*, 170(1): 55-59
- Moorthy, K., Munz, Y., Sarker, S.K., Darzi, A. (2003): Objective assessment of technical skills in surgery. *British medical journal*, 327(7422): 1032-1037

- Moyano-Cuevas, J.L., Sánchez-Margallo, F.M., Sánchez-Peralta, L.F., Pagador, J.B., Enciso, S., Sánchez-González, P., Gómez-Aguilera, E.J., Usón-Gargallo, J. (2011): Validation of SINERGIA as training tool: a randomized study to test the transfer of acquired basic psychomotor skills to LapMentor. *International journal of computer assisted radiology and surgery*, 6(6): 839-846
- Muhe, E. (1992): Long-term follow-up after laparoscopic cholecystectomy. *Endoscopy*, 24(9): 754-758
- Munz, Y., Almoudaris, A. M., Moorthy, K., Dosis, A., Liddle, A. D. und Darzi, A. W. (2007): Curriculum-based solo virtual reality training for laparoscopic intracorporeal knot tying: objective assessment of the transfer of skill from virtual reality to reality. *American journal of surgery*, 193(6): 774-783
- Munz, Y., Kumar, B. D., Moorthy, K., Bann, S. und Darzi, A. (2004): Laparoscopic virtual reality and box trainers: is one superior to the other? *Surgical Endoscopy*, 18(3): 485-494
- Musselman, L.J., MacRae, H.M., Reznick, R.K., Lingard, L.A. (2005): 'You learn better under the gun': intimidation and harassment in surgical education. *Medical education*, 39(9): 926-934
- Ou, Y., McGlone, E.R., Camm, C.F., Khan, O.A. (2013): Does playing video games improve laparoscopic skills? *International journal of surgery*, 11(5): 365-369
- Philibert, I., Friedmann, P., Williams, W. T. und ACGME Work Group (2002): New requirements for resident duty hours. *Journal of the American Medical Association*, 288(9): 1112-1114
- Rosenberg, B. H., Landsittel, D. und Averch, T. D. (2005): Can video games be used to predict or improve laparoscopic skills? *Journal of endourology / Endourological Society*, 19(3): 372-376
- Rosser, J. C., Jr., Gentile, D. A., Hanigan, K. und Danner, O. K. (2012): The effect of video game "warm-up" on performance of laparoscopic surgery tasks. *Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons*, 16(1): 3-9

- Rosser, J. C., Jr., Lynch, P. J., Cuddihy, L., Gentile, D. A., Klonsky, J. und Merrell, R. (2007): The impact of video games on training surgeons in the 21st century. *Archives of surgery*, 142(2): 181-186
- Rosser, J.C., Rosser, L.E., Savalgi, R.S. (1997): Skill acquisition and assessment for laparoscopic surgery. *Archives of surgery*, 132(2): 200-204
- Schlickum, M. K., Hedman, L., Enochsson, L., Kjellin, A. und Fellander-Tsai, L. (2009): Systematic video game training in surgical novices improves performance in virtual reality endoscopic surgical simulators: a prospective randomized study. *World Journal of Surgery*, 33(11): 2360-2367
- Scott, D. J., Bergen, P. C., Rege, R. V., Laycock, R., Tesfay, S. T., Valentine, R. J., Euhus, D. M., Jeyarajah, D. R., Thompson, W. M. und Jones, D. B. (2000): Laparoscopic training on bench models: better and more cost effective than operating room experience? *Journal of the American College of Surgeons*, 191(3): 272-283
- Seymour, N. E. (2008): VR to OR: a review of the evidence that virtual reality simulation improves operating room performance." *World Journal of Surgery*, 32(2): 182-188
- Seymour, N. E., Gallagher, A. G., Roman, S. A., O'Brien, M. K., Bansal, V. K., Andersen, D. K. und Satava, R. M. (2002): Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Annals of surgery*, 236(4): 458-463
- Shane, M. D., Pettitt, B. J., Morgenthal, C. B. und Smith, C. D. (2008): Should surgical novices trade their retractors for joysticks? Videogame experience decreases the time needed to acquire surgical skills. *Surgical Endoscopy*, 22(5): 1294-1297
- Shanmugan, S., Leblanc, F., Senagore, A.J., Ellis, C.N., Stein, S.L., Khan, S., Delaney, C.P., Champagne, B.J. (2014): Virtual reality simulator training for laparoscopic colectomy: what metrics have construct validity? *Diseases of the colon and rectum*, 57(2): 210-214

- Sharma, M., Horgan, A. (2012): Comparison of fresh-frozen cadaver and high-fidelity virtual reality simulator as methods of laparoscopic training. *World Journal of Surgery*, 36(8): 1732-1237
- Sharma, D., Shaban, A., Riddell, A., Kalsi, V., Arya, M. und Grange, P. (2009): Video-games station or minimally invasive skills training station? *BJU Int*, 104(2): 159-160
- Srivastava, S., Youngblood, P. L., Rawn, C., Hariri, S., Heinrichs, W. L. und Ladd, A. L. (2004): Initial evaluation of a shoulder arthroscopy simulator: establishing construct validity. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 13(2): 196-205
- Stefanidis, D., Haluck, R., Pham, T., Dunne, J. B., Reinke, T., Markley, S., Korndorffer, J. R., Jr., Arellano, P., Jones, D. B. und Scott, D. J. (2007): Construct and face validity and task workload for laparoscopic camera navigation: virtual reality versus videotrainer systems at the SAGES Learning Center. *Surgical Endoscopy*, 21(7): 1158-1164
- Steinemann, S., Berg, B., Skinner, A., DiTulio, A., Anzelon, K., Terada, K., Oliver, C., Ho, H.C., Speck, C.J. (2011): In situ, multidisciplinary, simulation-based teamwork training improves early trauma care. *Surgical Education*, 68(6): 472-477
- Spille, J., Weners, A., von Hehn, U., Nicolai, M., Pecks, U., Mettler, L., Alkatout, I. (2017): 2D versus 3D in laparoscopic surgery by beginners and experts: a randomized controlled trial on a pelvitrainer in objectively graded surgical steps. *Journal of Surgical Education*, [Epub ahead of print]
- Tae Hyo Kim, Jung Min Ha, Jae Wook Cho, Youn Chul You, Gyung Tak Sung (2009): Assessment of the Laparoscopic Training Validity of a Virtual Reality Simulator (LAP Mentor™). *Korean Journal of Urology*, 50: 989-995
- Triantafyllou, K., Lazaridis, L.D., Dimitriadis, G.D. (2014): Virtual reality simulators for gastrointestinal endoscopy training. *World Journal of Gastrointestinal Endoscopy*, 16;6(1): 6-12
- Undre, S. und Darzi, A. (2007): Laparoscopy simulators. *Journal of Endourology*, 21(3): 274-279

- Van Dongen, K. W., Verleisdonk, E. J., Schijven, M. P. und Broeders, I. A. (2011): Will the Playstation generation become better endoscopic surgeons? *Surgical Endoscopy*, 25(7): 2275-2280
- Van Sickle, K. R., Ritter, E. M. und Smith, C. D. (2006): The pretrained novice: using simulation-based training to improve learning in the operating room. *Surgical innovation*, 13(3): 198-204
- Vitish-Sharma, P., Knowles, J., Patel, B. (2011): Acquisition of fundamental laparoscopic skills: is a box really as good as a virtual reality trainer? *International Journal of Surgery*, 9(8): 659-661
- Von Websky, M.W., Vitz, M., Raptis, D.A., Rosenthal, R., Clavien, P.A., Hahnloser, D. (2012): Basic laparoscopic training using the Simbionix LAP Mentor: setting the standards in the novice group. *Journal of Surgical Education*, 69(4): 459-467
- Wetzel, C.M., Black, S.A., Hanna, G.B., Athanasiou, T., Kneebone, R.L., Nestel, D., et al. (2010): The effects of stress and coping on surgical performance during simulations. *Annals of surgery*, 251(1): 171-176
- Woodrum, D. T., Andreatta, P. B., Yellamanchilli, R. K., Feryus, L., Gauger, P. G. und Minter, R. M. (2006): Construct validity of the LapSim laparoscopic surgical simulator. *American Journal of Surgery*, 191(1): 28-32
- Youngblood, P. L., Srivastava, S., Curet, M., Heinrichs, W. L., Dev, P. und Wren, S. M. (2005): Comparison of training on two laparoscopic simulators and assessment of skills transfer to surgical performance. *Journal of the American College of Surgeons*, 200(4): 546-551
- Zhang, A., Hunerbein, M., Dai, Y., Schlag, P. M. und Beller, S. (2008): Construct validity testing of a laparoscopic surgery simulator (Lap Mentor): evaluation of surgical skill with a virtual laparoscopic training simulator. *Surgical Endoscopy*, 22(6): 1440-1444

## 7. Anhang

### 7.1. Tabellen

**Tabelle 1: Teilnehmer-Einteilung**

*In Tabelle 1 erfolgt eine Übersicht aller Teilnehmer (n = 64) der Studie mit Ihrer Einteilung nach laparoskopischer Erfahrung in 3 Gruppen: 0-20 LAP, n = 36; 20-200 LAP, n = 15; > 200 LAP, n = 13. Weitere Untergliederungen dienen der Darstellung von Ausbildungsstand (Studenten, Assistenten und Fachärzte), Videospiele-Erfahrung (Spieler vs. Nicht-Spieler), Geschlecht, Alter, Selbsteinschätzung mittels Fragebogen und Herkunftsland.*

Erfahrung	0 Lap	20 - 200 Lap	> 200 Lap	Gesamt
Teilnehmerzahl	36	15	13	64
davon:				
- Studenten	20	-	-	20
- Assistenzärzte	9	9	1	19
- Fachärzte	7	6	12	25
Geschlecht:				
- männlich	22	9	9	40
- weiblich	14	6	4	24
Durchschnittsalter	31,2	40,3	41,9	35,5
Videospieler	11	1	4	16
<b>Selbsteinschätzung:</b>				
- vor dem Training	2,7	5	6	3,8
- nach dem Training	5,5	6,5	7,4	6,1
Herkunftsland:				
- Deutschland	26	5	8	39
- United Kingdom	-	1	2	
- Dänemark	-	1	-	
- Griechenland	-	1	-	
- Türkei	1	2	-	
- Belgien	-	-	1	
- Rumänien	2	-	-	
- Russland	1	-	-	
- Nigeria	2	1	-	
- Ägypten	1	-	-	

- Zimbabwe	-	3	-
- Südafrika	-	-	1
- Kenia	-	1	-
- Vereinigte Emirate	1	-	-
- Indien	2	-	-
- China	-	-	1

**Tabelle 2: Gesamtbetrachtung aller Teilnehmer (n = 64) im Vorher/Nachher-Vergleich**

Tabelle 2 stellt sowohl die Aufgabenbewältigung (in %) als auch die benötigte Zeit / Aufgabe (in sek) von allen Teilnehmern im Vergleich vom 1. und 2. Durchgang (Pre- und Post-Test) dar. Die erste Spalte gibt die Aufgaben (A 1-9) an, Spalte 2 den Mittelwert, Spalte 3 die Standardabweichung, Spalte 4 den Median, Spalte 5 das Minimum, Spalte 6 das 1. Quartil, Spalte 7 das 3. Quartil und Spalte 8 das Maximum an. Die Spalten 2 – 8 stellen den Pre-Test dar, Spalten 9 – 15 den Post-Test und Spalten 16 – 22 die Differenz zwischen Pre- und Post-Test. Die letzte Spalte gibt den P-Wert an, ob zwischen dem Pre- und Post-Test eine signifikante Differenz vorliegt.

In der Aufgabenbewältigung (Abbildung 10) konnten sich die Teilnehmer im Vergleich vom 1. Durchgang zum 2. Durchgang im Median um mindestens 10- (Aufgaben 1 und 2) bis maximal um 28-Prozent-Punkte (Aufgabe 7) verbessern. Gerade in den anspruchsvolleren Aufgaben 6 - 9 ist der Fortschritt bei niedrigeren Primärergebnissen umso größer.

Bei der benötigten Zeit pro Aufgabe (Abbildung 11) gibt es eine Verbesserung im Median von mindestens 16 Sekunden (Aufgaben 1 und 3) bis hin zu 41 Sekunden (Aufgabe 6) pro Aufgabe. In Relation zu den Ausgangszeiten vom 1. Durchgang entspricht das einer prozentualen Verbesserung von 20 - 29% im 2. Durchgang.

Somit besteht für die gemessenen Parameter bei allen Aufgaben eine hoch-signifikante Verbesserung zwischen 1. und 2. Durchgang (alle p-Werte für jede der neun Aufgaben < 0,003).

	Pre-Test								Post-Test								Differenz								P
	Mittelwert								Mittelwert								Mittelwert								
	Standardabweichung								Standardabweichung								Standardabweichung								
	Median								Median								Median								
	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max									
<b>Aufgabenbewältigung (in %)</b>																									
A 1	<b>0,79</b>	0,27	<b>0,9</b>	0	0,7	1	1	<b>0,88</b>	0,2	<b>1</b>	0,1	0,9	1	1	<b>0,09</b>	0,2	<b>0,1</b>	-0,4	0	0,2	0,8	<b>0,002</b>			
A 2	<b>0,68</b>	0,28	<b>0,75</b>	0	0,6	0,9	1	<b>0,81</b>	0,26	<b>0,9</b>	0	0,8	1	1	<b>0,13</b>	0,2	<b>0,1</b>	-0,3	0	0,25	0,7	<b>&lt;0,001</b>			
A 3	<b>0,76</b>	0,21	<b>0,8</b>	0,1	0,6	0,9	1	<b>0,91</b>	0,13	<b>0,9</b>	0,5	0,9	1	1	<b>0,15</b>	0,19	<b>0,15</b>	-0,3	0	0,25	0,7	<b>&lt;0,001</b>			
A 4	<b>0,65</b>	0,27	<b>0,67</b>	0	0,56	0,89	1	<b>0,8</b>	0,2	<b>0,89</b>	0,22	0,72	0,94	1	<b>0,15</b>	0,24	<b>0,11</b>	-0,67	0	0,33	0,67	<b>&lt;0,001</b>			
A 5	<b>0,72</b>	0,26	<b>0,78</b>	0	0,61	0,89	1	<b>0,84</b>	0,22	<b>0,89</b>	0	0,78	1	1	<b>0,13</b>	0,23	<b>0,11</b>	-0,56	0	0,22	0,67	<b>&lt;0,001</b>			
A 6	<b>0,71</b>	0,27	<b>0,78</b>	0,11	0,56	0,94	1	<b>0,85</b>	0,18	<b>1</b>	0,44	0,78	1	1	<b>0,14</b>	0,26	<b>0,22</b>	-0,44	0	0,22	0,89	<b>0,003</b>			
A 7	<b>0,59</b>	0,5	<b>1</b>	0	0	1	1	<b>0,88</b>	0,33	<b>1</b>	0	1	1	1	<b>0,28</b>	0,49	<b>0</b>	-1	0	1	1	<b>&lt;0,001</b>			
A 8	<b>0,64</b>	0,28	<b>0,62</b>	0,14	0,43	0,91	1	<b>0,83</b>	0,19	<b>0,91</b>	0,33	0,71	1	1	<b>0,18</b>	0,2	<b>0,19</b>	-0,29	0	0,31	0,81	<b>&lt;0,001</b>			
A 9	<b>0,53</b>	0,27	<b>0,5</b>	0	0,33	0,75	1	<b>0,73</b>	0,24	<b>0,83</b>	0	0,5	1	1	<b>0,2</b>	0,22	<b>0,17</b>	-0,67	0	0,33	0,67	<b>&lt;0,001</b>			

## Benötigte Zeit / Aufgabe (in sek)

A 1	<b>117</b>	48	<b>98</b>	65	87	136	292	<b>92</b>	29	<b>84</b>	59	72	103	248	<b>26</b>	38	<b>16</b>	-81	8	35	179	<b>&lt;0,001</b>
A 2	<b>171</b>	61	<b>161</b>	81	122	214	314	<b>125</b>	50	<b>106</b>	68	91	150	307	<b>46</b>	44	<b>41</b>	-37	10	78	143	<b>&lt;0,001</b>
A 3	<b>76</b>	23	<b>71</b>	39	58	94	134	<b>57</b>	17	<b>52</b>	32	46	67	109	<b>19</b>	16	<b>16</b>	-6	7	29	58	<b>&lt;0,001</b>
A 4	<b>93</b>	31	<b>86</b>	54	67	110	164	<b>74</b>	18	<b>70</b>	53	64	79	161	<b>19</b>	23	<b>17</b>	-21	1	32	75	<b>&lt;0,001</b>
A 5	<b>155</b>	39	<b>153</b>	78	130	181	266	<b>115</b>	26	<b>110</b>	68	98	131	194	<b>41</b>	35	<b>41</b>	-35	18	68	132	<b>&lt;0,001</b>
A 6	<b>176</b>	75	<b>156</b>	88	116	215	438	<b>126</b>	52	<b>121</b>	61	91	145	347	<b>50</b>	48	<b>38</b>	-22	19	73	226	<b>&lt;0,001</b>

**Tabelle 3: Aufgabenbewältigung, Einteilung nach laparoskopischer Erfahrung**

Tabelle 3 zeigt eine Einteilung der Teilnehmer nach laparoskopischer Erfahrung in 3 Gruppen (0-20 LAP, 20-200 LAP, > 200 LAP) und stellt deren Ergebnisse in der Aufgabenbewältigung (in %) im Pre-, Post-Test und der Differenz der beiden Durchgänge dar. Die Spalteneinteilung ist analog zur Vortabelle.

In Durchgang 1 sind die Experten in Aufgabe 7 und 8 signifikant besser als die Anfänger und Fortgeschrittenen ( $p = 0,02$  und  $0,01$ ). In Durchgang 2 sind Anfänger und Experten in Aufgabe 1 und 7 signifikant besser als die Fortgeschrittenen, in Aufgabe 5 die Anfänger und Fortgeschrittenen besser als die Experten. In der Differenz ist zu erkennen, dass die Anfänger in Aufgabe 7 und 8 signifikant höhere Fortschritte als die beiden anderen Gruppen nachweisen können.

	0 - 20 Lap							20 - 200 Lap							> 200 Lap							P
	Mittelwert							Mittelwert							Mittelwert							
	Standardabweichung							Standardabweichung							Standardabweichung							
	Median							Median							Median							
	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max						
Durchgang 1																						
A 1	0,82	0,21	0,9	0,1	0,7	1	1	0,63	0,41	0,8	0	0,13	0,9	1	0,89	0,1	0,9	0,7	0,8	1	1	0,23
A 2	0,71	0,25	0,8	0	0,6	0,9	1	0,58	0,39	0,6	0	0,13	0,9	1	0,72	0,19	0,7	0,3	0,6	0,9	1	0,73
A 3	0,72	0,2	0,7	0,1	0,6	0,88	1	0,76	0,25	0,9	0,3	0,55	1	1	0,85	0,17	0,9	0,5	0,78	1	1	0,1
A 4	0,65	0,28	0,67	0	0,56	0,89	1	0,64	0,27	0,67	0	0,56	0,89	1	0,68	0,25	0,78	0,11	0,58	0,89	0,89	0,88
A 5	0,72	0,25	0,78	0	0,67	0,89	1	0,7	0,27	0,67	0,11	0,5	1	1	0,72	0,27	0,78	0	0,56	0,89	1	0,99
A 6	0,69	0,25	0,78	0,11	0,56	0,78	1	0,73	0,27	0,78	0,11	0,67	1	1	0,74	0,33	0,78	0,11	0,67	1	1	0,46
A 7	0,55	0,5	1	0	0	1	1	0,4	0,51	0	0	0	1	1	0,92	0,28	1	0	1	1	1	0,02
A 8	0,57	0,28	0,52	0,14	0,3	0,86	1	0,63	0,28	0,57	0,19	0,43	0,95	1	0,85	0,15	0,81	0,62	0,74	1	1	0,01
A 9	0,55	0,25	0,5	0,17	0,33	0,67	1	0,5	0,3	0,5	0,17	0,21	0,83	1	0,53	0,3	0,5	0	0,33	0,83	1	0,79
Durchgang 2																						
A 1	0,92	0,16	1	0,4	0,9	1	1	0,73	0,29	0,8	0,1	0,55	0,9	1	0,97	0,05	1	0,9	0,9	1	1	0,01
A 2	0,81	0,23	0,9	0	0,8	1	1	0,68	0,36	0,8	0	0,45	1	1	0,94	0,08	1	0,8	0,9	1	1	0,07
A 3	0,89	0,13	0,9	0,5	0,9	1	1	0,93	0,09	1	0,7	0,9	1	1	0,91	0,17	1	0,5	0,9	1	1	0,49
A 4	0,85	0,16	0,89	0,44	0,78	0,94	1	0,73	0,26	0,78	0,22	0,58	0,89	1	0,78	0,22	0,89	0,44	0,56	1	1	0,31
A 5	0,89	0,18	0,89	0	0,89	1	1	0,81	0,22	0,89	0,22	0,67	1	1	0,74	0,27	0,78	0	0,64	0,89	1	0,03
A 6	0,85	0,17	1	0,56	0,78	1	1	0,81	0,2	0,78	0,44	0,61	1	1	0,86	0,17	1	0,56	0,78	1	1	0,78
A 7	0,97	0,17	1	0	1	1	1	0,6	0,51	1	0	0	1	1	0,92	0,28	1	0	1	1	1	0,01
A 8	0,81	0,19	0,86	0,33	0,67	1	1	0,78	0,22	0,86	0,43	0,62	1	1	0,93	0,08	1	0,81	0,88	1	1	0,09
A 9	0,8	0,2	0,83	0,33	0,67	1	1	0,66	0,27	0,67	0,17	0,5	0,96	1	0,64	0,62	0,67	0	0,5	0,83	1	0,06

## Fortschritt (Differenz zwischen 1. und 2. Durchgang)

A 1	<b>0,1</b> 0,18	<b>0,1</b> -0,4 0 0,2 0,5	<b>0,1</b> 0,28	<b>0</b> -0,3 -0,1 0,25 0,8	<b>0,08</b> 0,11	<b>0,1</b> -0,1 0 0,15 0,3	0,78
A 2	<b>0,11</b> 0,22	<b>0,1</b> -0,3 -0,05 0,2 0,7	<b>0,1</b> 0,18	<b>0,1</b> -0,3 0 0,2 0,4	<b>0,22</b> 0,15	<b>0,2</b> 0 0,1 0,3 0,5	0,11
A 3	<b>0,17</b> 0,15	<b>0,2</b> -0,2 0,1 0,3 0,5	<b>0,17</b> 0,26	<b>0,1</b> -0,1 0 0,45 0,7	<b>0,05</b> 0,18	<b>0</b> -0,3 -0,03 0,2 0,4	0,11
A 4	<b>0,2</b> 0,19	<b>0,17</b> -0,11 0,06 0,33 0,56	<b>0,08</b> 0,33	<b>0,11</b> -0,67 0 0,22 0,67	<b>0,1</b> 0,27	<b>0,11</b> -0,44 -0,03 0,25 0,44	0,54
A 5	<b>0,17</b> 0,18	<b>0,11</b> -0,11 0,06 0,22 0,56	<b>0,11</b> 0,26	<b>0</b> -0,33 0 0,33 0,56	<b>0,03</b> 0,29	<b>0</b> -0,56 -0,11 0,14 0,67	0,16
A 6	<b>0,17</b> 0,24	<b>0,22</b> -0,44 0 0,28 0,67	<b>0,08</b> 0,23	<b>0</b> -0,22 0 0,22 0,56	<b>0,13</b> 0,33	<b>0</b> -0,22 -0,06 0,22 0,89	0,27
A 7	<b>0,42</b> 0,5	<b>0</b> 0 0 1 1	<b>0,2</b> 0,41	<b>0</b> 0 0 0 1	<b>0</b> 0,41	<b>0</b> -1 0 0 1	<b>0,03</b>
A 8	<b>0,24</b> 0,2	<b>0,29</b> -0,1 0,06 0,37 0,76	<b>0,14</b> 0,24	<b>0,14</b> -0,29 0 0,26 0,81	<b>0,08</b> 0,1	<b>0,05</b> 0 0 0,19 0,29	<b>0,02</b>
A 9	<b>0,25</b> 0,18	<b>0,33</b> 0 0,17 0,33 0,67	<b>0,16</b> 0,13	<b>0,17</b> 0 0 0,29 0,33	<b>0,12</b> 0,34	<b>0,17</b> -0,67 -0,17 0,33 0,5	0,17

**Tabelle 4: Benötigte Zeit, Einteilung nach laparoskopischer Erfahrung**

Tabelle 4 zeigt eine Einteilung der Teilnehmer nach laparoskopischer Erfahrung in 3 Gruppen (0-20 LAP, 20-200 LAP, > 200 LAP) und stellt deren Ergebnisse in der benötigten Zeit / Aufgabe (in Sek) im Pre-, Post-Test und der Differenz der beiden Durchgänge dar. Die Spalteneinteilung ist analog zur Vortabelle.

Betrachtet man Anfänger, Fortgeschrittene und Experten und ihre Fortschritte vom 1. zum 2. Durchgang einzeln, so lässt sich bei allen eine deutliche Verbesserung feststellen.

Gegeneinander verglichen sind im 1. Durchgang (Abbildung 15) bei den Aufgaben 2, 3, 4 und 6 Fortgeschrittene und Experten signifikant schneller als die Anfänger. In den Aufgaben 1 und 5 sind die Fortgeschrittenen sogar signifikant schneller als Anfänger und Experten.

Im 2. Durchgang (Abbildung 16) arbeiten die Fortgeschrittenen in allen Aufgaben im Median am schnellsten, in Aufgabe 5 wiederum signifikant schneller als Anfänger und Experten, in den Aufgaben 3, 4 und 6 mit den Experten zusammen schneller als die Anfänger.

Vor allem die Anfänger können vom 1. zum 2. Durchgang größere Lernsprünge nachweisen. Dies spiegelt sich in den Aufgaben 1, 2, 4 und 5 wieder, wobei in Aufgabe 1 die Experten ( $p = 0,01$ ), in Aufgabe 2 die Fortgeschrittenen ( $p < 0,001$ ) gegenüber der jeweils dritten Gruppe mitsignifikant schneller sind. In Aufgabe 4 können sich die Anfänger um 29 Sekunden im Vergleich zu 5 bzw. 7 Sekunden bei Fortgeschrittenen und Experten verbessern ( $p = 0,01$ ), in Aufgabe 5 vor allem gegenüber den Fortgeschrittenen (47 Sek zu 26 Sek,  $p = 0,05$ ; vgl. Tabelle 9).

	0 - 20 Lap						20 - 200 Lap						> 200 Lap						P			
	Mittelwert						Mittelwert						Mittelwert									
	Standardabweichung						Standardabweichung						Standardabweichung									
	Median						Median						Median									
	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max						
<b>Durchgang 1 (Pre-Test)</b>																						
A 1	128	54	106	65	91	146	292	92	15	91	73	80	99	125	117	44	105	81	89	123	231	0,03
A 2	191	61	193	94	148	240	314	151	62	140	81	98	167	271	139	40	125	84	110	169	218	0,01
A 3	83	23	76	50	63	100	134	70	19	65	39	54	83	105	67	24	58	41	53	70	117	0,03
A 4	103	29	98	58	79	125	164	73	23	66	54	60	77	145	87	31	77	57	63	105	163	<0,001
A 5	168	35	170	78	139	184	266	126	27	121	88	110	142	191	156	47	150	83	119	203	226	0,002
A 6	191	77	173	89	141	222	438	156	83	123	88	107	176	408	155	50	140	94	114	195	240	0,04

## Durchgang 2 (Post-Test)

A 1	<b>96</b>	35	<b>89</b>	59	72	107	248	<b>83</b>	12	<b>82</b>	66	71	90	106	<b>91</b>	22	<b>83</b>	63	75	112	128	0,53
A 2	<b>131</b>	57	<b>112</b>	68	93	158	307	<b>108</b>	34	<b>97</b>	73	85	121	197	<b>128</b>	44	<b>114</b>	83	95	158	230	0,23
A 3	<b>62</b>	18	<b>59</b>	38	48	74	109	<b>49</b>	12	<b>47</b>	34	40	56	74	<b>53</b>	11	<b>51</b>	32	46	60	71	<b>0,03</b>
A 4	<b>76</b>	14	<b>73</b>	56	64	82	117	<b>67</b>	15	<b>64</b>	53	58	72	117	<b>75</b>	28	<b>68</b>	55	58	79	161	<b>0,04</b>
A 5	<b>120</b>	25	<b>118</b>	69	101	137	173	<b>96</b>	14	<b>95</b>	79	83	112	119	<b>121</b>	31	<b>116</b>	68	99	133	194	<b>0,01</b>
A 6	<b>136</b>	52	<b>128</b>	68	105	155	347	<b>115</b>	65	<b>94</b>	69	77	124	316	<b>110</b>	28	<b>107</b>	61	92	138	148	0,05

Fortschritt/zeitliche Verbesserung (Differenz zwischen 1. und 2. Durchgang); neg. = Verschlechterung

A 1	<b>32</b>	43	<b>27</b>	-81	11	44	179	<b>9</b>	6	<b>8</b>	2	5	13	20	<b>26</b>	37	<b>17</b>	-45	10	43	112	<b>0,01</b>
A 2	<b>60</b>	46	<b>53</b>	-32	28	96	143	<b>43</b>	34	<b>42</b>	8	15	51	122	<b>11</b>	25	<b>9</b>	-37	0	19	75	<b>&lt; 0,01</b>
A 3	<b>20</b>	16	<b>19</b>	-6	7	32	58	<b>20</b>	12	<b>18</b>	5	10	27	48	<b>14</b>	19	<b>7</b>	-6	3	27	50	0,25
A 4	<b>28</b>	25	<b>29</b>	-21	5	45	75	<b>6</b>	14	<b>5</b>	-12	-5	10	39	<b>12</b>	14	<b>7</b>	-10	2	26	31	<b>0,01</b>
A 5	<b>47</b>	37	<b>47</b>	-35	32	73	132	<b>29</b>	27	<b>26</b>	-23	10	51	72	<b>35</b>	35	<b>23</b>	-7	15	51	106	0,2
A 6	<b>56</b>	54	<b>49</b>	-22	23	80	226	<b>41</b>	35	<b>37</b>	5	19	42	142	<b>45</b>	42	<b>32</b>	-6	15	92	119	0,52

**Tabelle 5: Aufgabenbewältigung, Einteilung nach Ausbildungsstand**

Tabelle 5 zeigt eine Einteilung der Teilnehmer nach medizinischem Ausbildungsstand in 3 Gruppen (Studenten, Assistenzärzte, Fachärzte) und stellt deren Ergebnisse in der Aufgabenbewältigung (in %) im Pre-, Post-Test und der Differenz der beiden Durchgänge dar. Die Spalteneinteilung ist analog zu den Vortabellen.

Die Ergebnisse fallen sehr unterschiedlich aus und zeigen keinen signifikanten Vorteil für eine der Gruppen. Im 1. Durchgang kann man leichte Tendenzen erkennen: die Studenten und Assistenten sind gut in der Kameraführung (Aufgabe 1 und 2), die Assistenten erzielen bei Aufgabe 5 und 9 bessere Ergebnisse, die Fachärzte bei Aufgabe 3, 6 und 8 (vgl. Abbildung 18), jedoch bewegen sich insgesamt alle Gruppen auf einem Niveau. Lediglich in Aufgabe 8 zeigen die Fachärzte im direkten Vergleich mit den Studenten eine signifikant bessere Aufgabenbewältigung von 81% gegenüber 45% ( $p = 0,03$ ; vgl. Tabelle 8).

Im 2. Durchgang (Abbildung 19) fällt insbesondere bei den Studenten ein hoher Fortschritt im Test auf, bis auf Aufgabe 8 haben sie in den übrigen Aufgaben die besten Ergebnisse. In den Aufgaben 1 und 9 sind sie mit Signifikanz ( $p < 0,001, 0,01$ ) besser als die beiden anderen Gruppen, in den Aufgaben 4, 5 und 6 im direkten Vergleich mit den Fachärzten ( $p = 0,04, 0,03, 0,04$ ; vgl. Tabelle 8).

Dies lässt sich durch Betrachtung der Lernkurve (Abbildung 20) bestätigen. Vor allem in den Aufgaben 3, 8 und 9 haben die Studenten einen signifikant höheren Lernerfolg gegenüber den anderen beiden Gruppen ( $p = 0,04, 0,02, 0,02$ ).

	Studenten								Assistenzärzte								Fachärzte								P
	Mittelwert								Mittelwert								Mittelwert								
	Standardabweichung								Standardabweichung								Standardabweichung								
	Median								Median								Median								
	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max									
Durchgang 1																									
A 1	0,87	0,13	0,9	0,6	0,8	1	1	0,68	0,38	0,9	0	0,55	1	1	0,81	0,22	0,9	0,1	0,75	0,95	1	0,54			
A 2	0,73	0,22	0,8	0,3	0,6	0,9	1	0,65	0,37	0,8	0	0,53	0,9	1	0,66	0,26	0,7	0	0,55	0,85	1	0,71			
A 3	0,7	0,22	0,7	0,1	0,6	0,8	1	0,78	0,21	0,8	0,3	0,7	0,9	1	0,79	0,21	0,8	0,3	0,65	1	1	0,25			
A 4	0,72	0,22	0,78	0	0,67	0,89	0,89	0,65	0,3	0,78	0	0,39	0,89	1	0,6	0,27	0,67	0	0,39	0,78	0,89	0,3			
A 5	0,72	0,27	0,78	0	0,58	0,89	1	0,75	0,24	0,78	0,11	0,67	1	1	0,69	0,26	0,78	0	0,56	0,89	1	0,84			
A 6	0,72	0,22	0,78	0,22	0,58	0,78	1	0,76	0,21	0,78	0,11	0,69	0,89	1	0,66	0,33	0,78	0,11	0,33	1	1	0,84			
A 7	0,7	0,47	1	0	0	1	1	0,53	0,51	1	0	0	1	1	0,56	0,51	1	0	0	1	1	0,5			
A 8	0,52	0,3	0,45	0,14	0,25	0,85	1	0,67	0,26	0,62	0,19	0,52	0,9	1	0,72	0,26	0,81	0,19	0,52	1	1	0,06			
A 9	0,54	0,24	0,5	0,17	0,33	0,67	1	0,57	0,3	0,67	0,17	0,33	0,83	1	0,5	0,28	0,5	0	0,33	0,75	1	0,71			
Durchgang 2																									
A 1	1	0,02	1	0,9	1	1	1	0,78	0,29	0,9	0,1	0,65	1	1	0,87	0,16	1	0,5	0,75	1	1	0,01			
A 2	0,86	0,14	0,9	0,5	0,8	0,98	1	0,75	0,35	0,9	0	0,5	1	1	0,81	0,26	0,9	0	0,8	1	1	0,95			

A 3	<b>0,91</b> 0,13	<b>0,95</b> 0,5 0,9 1 1	<b>0,92</b> 0,13	<b>0,9</b> 0,5 0,9 1 1	<b>0,9</b> 0,14	<b>0,9</b> 0,5 0,85 1 1	0,94
A 4	<b>0,89</b> 0,1	<b>0,89</b> 0,56 0,89 1 1	<b>0,77</b> 0,22	<b>0,89</b> 0,33 0,56 0,89 1	<b>0,76</b> 0,22	<b>0,78</b> 0,22 0,61 0,94 1	0,08
A 5	<b>0,92</b> 0,11	<b>0,94</b> 0,56 0,89 1 1	<b>0,85</b> 0,19	<b>0,89</b> 0,22 0,78 1 1	<b>0,77</b> 0,27	<b>0,89</b> 0 0,67 1 1	0,07
A 6	<b>0,89</b> 0,14	<b>1</b> 0,56 0,78 1 1	<b>0,87</b> 0,2	<b>1</b> 0,44 0,78 1 1	<b>0,8</b> 0,18	<b>0,78</b> 0,56 0,56 1 1	0,15
A 7	<b>1</b> 0	<b>1</b> 1 1 1 1	<b>0,84</b> 0,37	<b>1</b> 0 1 1 1	<b>0,8</b> 0,41	<b>1</b> 0 1 1 1	0,12
A 8	<b>0,8</b> 0,18	<b>0,79</b> 0,48 0,68 1 1	<b>0,83</b> 0,2	<b>0,9</b> 0,43 0,67 1 1	<b>0,84</b> 0,2	<b>0,9</b> 0,33 0,71 1 1	0,67
A 9	<b>0,85</b> 0,16	<b>0,83</b> 0,5 0,67 1 1	<b>0,75</b> 0,21	<b>0,83</b> 0,33 0,54 1 1	<b>0,63</b> 0,27	<b>0,67</b> 0 0,5 0,83 1	<b>0,01</b>

Fortschritt (Differenz zwischen 1. und 2. Durchgang)

A 1	<b>0,13</b> 0,13	<b>0,1</b> 0 0 0,2 0,4	<b>0,09</b> 0,27	<b>0</b> -0,4 0 0,3 0,8	<b>0,06</b> 0,17	<b>0</b> -0,3 0 0,1 0,5	0,34
A 2	<b>0,13</b> 0,18	<b>0,1</b> -0,1 0 0,2 0,6	<b>0,11</b> 0,2	<b>0,1</b> -0,3 0 0,3 0,4	<b>0,14</b> 0,22	<b>0,2</b> -0,3 0 0,25 0,7	0,86
A 3	<b>0,22</b> 0,13	<b>0,2</b> -0,1 0,2 0,3 0,4	<b>0,14</b> 0,24	<b>0,1</b> -0,3 0 0,3 0,7	<b>0,1</b> 0,17	<b>0,1</b> -0,2 0 0,2 0,5	<b>0,04</b>
A 4	<b>0,18</b> 0,15	<b>0,11</b> 0 0,11 0,31 0,56	<b>0,11</b> 0,31	<b>0,11</b> -0,67 0 0,33 0,67	<b>0,16</b> 0,25	<b>0,22</b> -0,56 0,11 0,33 0,56	0,42
A 5	<b>0,21</b> 0,19	<b>0,11</b> 0 0,11 0,33 0,56	<b>0,1</b> 0,2	<b>0,11</b> -0,22 0 0,22 0,56	<b>0,08</b> 0,26	<b>0,11</b> -0,56 0 0,22 0,67	0,22
A 6	<b>0,18</b> 0,2	<b>0,22</b> -0,22 0 0,31 0,44	<b>0,11</b> 0,18	<b>0,22</b> -0,22 0 0,22 0,44	<b>0,13</b> 0,34	<b>0</b> -0,44 -0,17 0,39 0,89	0,53
A 7	<b>0,3</b> 0,47	<b>0</b> 0 0 1 1	<b>0,32</b> 0,48	<b>0</b> 0 0 1 1	<b>0,24</b> 0,52	<b>0</b> -1 0 1 1	0,89
A 8	<b>0,28</b> 0,2	<b>0,29</b> 0 0,12 0,38 0,76	<b>0,16</b> 0,15	<b>0,14</b> -0,1 0,05 0,29 0,43	<b>0,12</b> 0,21	<b>0,05</b> -0,3 0 0,21 0,81	<b>0,02</b>
A 9	<b>0,31</b> 0,18	<b>0,33</b> 0 0,21 0,33 0,67	<b>0,18</b> 0,16	<b>0,17</b> -0,17 0 0,33 0,33	<b>0,13</b> 0,25	<b>0,17</b> -0,67 0 0,33 0,5	<b>0,02</b>

**Tabelle 6: Benötigte Zeit, Einteilung nach Ausbildungsstand**

Tabelle 6 zeigt eine Einteilung der Teilnehmer nach medizinischem Ausbildungsstand in 3 Gruppen (Studenten, Assistenzärzte, Fachärzte) und stellt deren Ergebnisse in der benötigten Zeit / Aufgabe (in Sek) im Pre-, Post-Test und der Differenz der beiden Durchgänge dar. Die Spalteneinteilung ist analog zu den Vortabellen.

Im 1. Durchgang (Abbildung 21) arbeiten die Fachärzte in den Aufgaben 2 – 6 am schnellsten, in Aufgabe 2 sind sie zusammen mit den Studenten signifikant schneller als Assistenten ( $p = 0,001$ ), in den Aufgaben 4 und 5 wiederum zusammen mit den Assistenten als die Studenten ( $p = 0,002, 0,01$ ), in den Aufgaben 3 und 6 schneller als die Gruppe aus Studenten und Assistenten ( $p = 0,04, 0,02$ ).

Im 2. Durchgang (Abbildung 22) sind die Fachärzte in Aufgabe 2 mit den Studenten weiterhin schneller als die Assistenten ( $p = 0,03$ ), sowie im Direktvergleich als die Assistenten in Aufgabe 4 ( $p = 0,02$ ), ansonsten nähern sich die Gruppen im Ergebnis einander an.

Der größte Lernfortschritt (Abbildung 23) beim Parameter benötigte Zeit / Aufgabe ist bei den Studenten zu sehen, signifikant ist der Unterschied in den Aufgaben 2, 4 und 5 ( $p = 0,01, < 0,001, 0,01$ ).

	Studenten							Assistenzärzte							Fachärzte							P
	Mittelwert							Mittelwert							Mittelwert							
	Standardabweichung							Standardabweichung							Standardabweichung							
	Median							Median							Median							
	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max						
<b>Durchgang 1 (Pre-Test)</b>																						
A 1	<b>108</b>	30	<b>94</b>	75	83	134	182	<b>142</b>	66	<b>136</b>	65	96	165	292	<b>106</b>	35	<b>97</b>	73	85	110	231	0,09
A 2	<b>167</b>	58	<b>153</b>	93	112	210	267	<b>210</b>	53	<b>196</b>	149	164	248	314	<b>143</b>	55	<b>125</b>	81	99	169	271	<b>0,001</b>
A 3	<b>83</b>	25	<b>74</b>	49	60	103	134	<b>80</b>	20	<b>78</b>	47	66	93	129	<b>68</b>	21	<b>63</b>	39	53	76	117	<b>0,04</b>
A 4	<b>110</b>	30	<b>106</b>	63	87	137	163	<b>90</b>	27	<b>79</b>	58	72	105	149	<b>81</b>	28	<b>70</b>	54	62	93	163	<b>0,002</b>
A 5	<b>175</b>	33	<b>174</b>	121	157	195	266	<b>155</b>	36	<b>156</b>	78	137	178	224	<b>140</b>	40	<b>137</b>	83	111	154	226	<b>0,01</b>
A 6	<b>202</b>	77	<b>189</b>	109	154	230	437	<b>175</b>	74	<b>159</b>	89	118	212	381	<b>154</b>	70	<b>130</b>	88	109	184	408	<b>0,02</b>
<b>Durchgang 2 (Post-Test)</b>																						
A 1	<b>84</b>	18	<b>83</b>	59	70	96	117	<b>105</b>	44	<b>98</b>	61	77	112	248	<b>87</b>	18	<b>83</b>	63	71	95	128	0,29
A 2	<b>108</b>	32	<b>100</b>	68	83	126	172	<b>151</b>	66	<b>123</b>	89	105	186	307	<b>118</b>	42	<b>100</b>	73	89	141	230	<b>0,03</b>
A 3	<b>60</b>	18	<b>58</b>	38	49	67	109	<b>63</b>	19	<b>62</b>	39	46	77	101	<b>51</b>	11	<b>48</b>	32	44	58	74	0,07
A 4	<b>74</b>	16	<b>68</b>	56	62	81	117	<b>76</b>	12	<b>73</b>	53	69	82	103	<b>71</b>	23	<b>65</b>	53	58	73	161	<b>0,05</b>
A 5	<b>119</b>	24	<b>114</b>	82	101	133	173	<b>119</b>	26	<b>119</b>	69	101	138	168	<b>108</b>	27	<b>102</b>	68	89	120	194	0,15

A 6	<b>140</b>	61	<b>127</b>	79	100	157	347	<b>126</b>	37	<b>128</b>	68	96	151	193	<b>114</b>	53	<b>97</b>	61	83	138	316	0,11
-----	------------	----	------------	----	-----	-----	-----	------------	----	------------	----	----	-----	-----	------------	----	-----------	----	----	-----	-----	------

Fortschritt/zeitliche Verbesserung (Differenz zwischen 1. und 2. Durchgang); neg. = Verschlechterung

A 1	<b>24</b>	21	<b>18</b>	-1	9	32	74	<b>37</b>	57	<b>28</b>	-81	8	52	179	<b>19</b>	28	<b>13</b>	-45	6	20	112	0,25
A 2	<b>60</b>	44	<b>53</b>	-7	25	101	143	<b>59</b>	46	<b>52</b>	-32	34	82	139	<b>25</b>	35	<b>18</b>	-37	8	39	122	<b>0,01</b>
A 3	<b>23</b>	17	<b>25</b>	-6	8	34	58	<b>17</b>	14	<b>19</b>	-3	8	25	49	<b>17</b>	16	<b>11</b>	-6	5	26	50	0,43
A 4	<b>37</b>	19	<b>34</b>	-2	24	56	72	<b>14</b>	26	<b>8</b>	-21	-7	30	75	<b>10</b>	14	<b>6</b>	-10	-1	24	39	<b>&lt;0,001</b>
A 5	<b>57</b>	38	<b>61</b>	-35	40	79	132	<b>36</b>	34	<b>41</b>	-31	18	60	89	<b>31</b>	28	<b>25</b>	-7	13	43	106	<b>0,01</b>
A 6	<b>63</b>	38	<b>58</b>	15	33	80	163	<b>49</b>	68	<b>30</b>	-22	-7	98	226	<b>41</b>	34	<b>35</b>	-6	16	46	119	0,13

**Tabelle 7: Aufgabenbewältigung, Einteilung nach Videospiele-Erfahrung**

Tabelle 7 zeigt eine Einteilung der Teilnehmer nach Videospiele-Erfahrung in zwei Gruppen (Spieler und Nicht-Spieler) und stellt deren Ergebnisse in der Aufgabenbewältigung (in %) im Pre- und im Post-Test dar. Die Spalteneinteilung ist analog zu den Vortabellen.

Die Teilnehmer mit Videospiele-Erfahrung zeigten im 1. Durchgang (Abbildung 24) in allen Aufgaben ein gleich gutes oder besseres Ergebnis. Signifikant war der Unterschied allerdings nur in Aufgabe 7 (Schneiden,  $p < 0,01$ ). Auch im 2. Durchgang (Abbildung 25) haben die Videospieler sehr gute Ergebnisse erzielt und waren wieder in jeder Aufgabe gleichwertig oder besser, signifikant ist dies jedoch lediglich in Aufgabe 3 und 6.

	Nicht-Spieler							Video-Spieler							P
	<b>Mittelwert</b>							<b>Mittelwert</b>							
	Standardabweichung							Standardabweichung							
	<b>Median</b>							<b>Median</b>							
	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max	Min	Q 1	Q 3	Max			
Durchgang 1 (Pre-Test)															
A 1	<b>0,77</b>	0,3	<b>0,9</b>	0	0,7	1	1	<b>0,86</b>	0,11	<b>0,9</b>	0,7	0,8	0,95	1	0,68
A 2	<b>0,64</b>	0,31	<b>0,7</b>	0	0,5	0,9	1	<b>0,81</b>	0,14	<b>0,85</b>	0,5	0,7	0,9	1	0,07
A 3	<b>0,74</b>	0,23	<b>0,8</b>	0,1	0,6	0,9	1	<b>0,81</b>	0,15	<b>0,8</b>	0,6	0,7	1	1	0,45
A 4	<b>0,63</b>	0,27	<b>0,67</b>	0	0,5	0,83	1	<b>0,73</b>	0,23	<b>0,78</b>	0,11	0,67	0,89	1	0,13
A 5	<b>0,69</b>	0,26	<b>0,78</b>	0	0,56	0,89	1	<b>0,79</b>	0,25	<b>0,89</b>	0	0,67	0,89	1	0,14
A 6	<b>0,69</b>	0,27	<b>0,78</b>	0,11	0,56	0,89	1	<b>0,76</b>	0,26	<b>0,78</b>	0,11	0,78	1	1	0,32
A 7	<b>0,5</b>	0,51	<b>0,5</b>	0	0	1	1	<b>0,88</b>	0,34	<b>1</b>	0	1	1	1	<b>0,01</b>
A 8	<b>0,61</b>	0,28	<b>0,6</b>	0,14	0,36	0,88	1	<b>0,74</b>	0,26	<b>0,74</b>	0,19	0,55	1	1	0,1
A 9	<b>0,51</b>	0,29	<b>0,5</b>	0	0,33	0,83	1	<b>0,59</b>	0,21	<b>0,67</b>	0,17	0,5	0,67	1	0,27
Durchgang 2 (Post-Test)															
A 1	<b>0,86</b>	0,22	<b>1</b>	0,1	0,8	1	1	<b>0,96</b>	0,1	<b>1</b>	0,6	0,95	1	1	0,09
A 2	<b>0,77</b>	0,29	<b>0,9</b>	0	0,65	1	1	<b>0,91</b>	0,08	<b>0,9</b>	0,8	0,85	1	1	0,18
A 3	<b>0,89</b>	0,14	<b>0,9</b>	0,5	0,85	1	1	<b>0,97</b>	0,05	<b>1</b>	0,9	0,9	1	1	<b>0,03</b>
A 4	<b>0,79</b>	0,21	<b>0,89</b>	0,22	0,67	0,89	1	<b>0,85</b>	0,18	<b>0,89</b>	0,44	0,83	1	1	0,23
A 5	<b>0,83</b>	0,24	<b>0,89</b>	0	0,78	1	1	<b>0,88</b>	0,14	<b>0,89</b>	0,56	0,83	1	1	0,55
A 6	<b>0,82</b>	0,18	<b>0,78</b>	0,44	0,72	1	1	<b>0,94</b>	0,13	<b>1</b>	0,56	1	1	1	<b>0,01</b>
A 7	<b>0,83</b>	0,38	<b>1</b>	0	1	1	1	<b>1</b>	0	<b>1</b>	1	1	1	1	0,09
A 8	<b>0,81</b>	0,2	<b>0,86</b>	0,33	0,67	1	1	<b>0,89</b>	0,15	<b>0,95</b>	0,52	0,83	1	1	0,15
A 9	<b>0,73</b>	0,24	<b>0,67</b>	0,17	0,5	1	1	<b>0,76</b>	0,25	<b>0,83</b>	0	0,67	0,92	1	0,51

**Tabelle 8 : Vergleich der Untergruppen gegeneinander in der Aufgabenbewältigung (P-Werte, basierend auf den vorherigen Daten)**

*In Tabelle 8 erfolgt eine Darstellung der Teilnehmer in der Aufgabenbewältigung im Pre-, Post-Test und der Differenz der beiden Durchgänge. Dieses Mal werden aber nicht alle 3 Gruppen gegeneinander, sondern jeweils nur 2 Gruppen direkt gegeneinander verglichen, signifikante P-Werte sind jeweils hervorgehoben. Die Spalteneinteilung ist analog zur Vortabelle.*

	Pre-Test			Post-Test			Differenz		
	0 LAP vs 20 LAP	0 LAP vs 200 LAP	20 LAP vs 200 LAP	0 LAP vs 20 LAP	0 LAP vs 200 LAP	20 LAP vs 200 LAP	0 LAP vs 20 LAP	0 LAP vs 200 LAP	20 LAP vs 200 LAP
A 1	0,22	0,35	0,12	<b>0,001</b>	0,85	<b>0,002</b>	0,52	0,68	0,74
A 2	0,46	0,9	0,58	0,4	<b>0,04</b>	0,05	0,92	0,05	0,07
A 3	0,36	<b>0,04</b>	0,33	0,37	0,33	0,86	0,52	<b>0,03</b>	0,39
A 4	0,88	0,67	0,67	0,13	0,51	0,61	0,37	0,46	0,83
A 5	0,85	1	0,98	0,15	<b>0,01</b>	0,37	0,33	0,06	0,56
A 6	0,49	0,25	0,62	0,54	0,9	0,57	0,15	0,35	0,81
A 7	0,32	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,47	0,06	0,15	<b>0,01</b>	0,23
A 8	0,42	<b>0,003</b>	<b>0,03</b>	0,74	<b>0,04</b>	0,07	0,09	<b>0,01</b>	0,51
A 9	0,48	0,85	0,8	0,08	0,05	1	0,11	0,41	0,94
	Studenten vs Assistenten	Studenten vs Fachärzte	Assistenten vs Fachärzte	Studenten vs Assistenten	Studenten vs Fachärzte	Assistenten vs Fachärzte	Studenten vs Assistenten	Studenten vs Fachärzte	Assistenten vs Fachärzte
A 1	0,29	0,5	0,6	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,001</b>	0,29	0,34	0,14	0,88
A 2	0,87	0,39	0,64	0,79	0,97	0,79	0,95	0,68	0,71
A 3	0,16	0,14	0,79	0,94	0,81	0,75	0,11	<b>0,01</b>	0,76
A 4	0,69	0,12	0,38	0,06	<b>0,04</b>	0,95	0,33	0,52	0,28
A 5	0,7	0,63	0,34	0,21	<b>0,03</b>	0,32	0,12	0,14	0,99
A 6	0,53	0,93	0,68	0,87	0,06	0,18	0,25	0,48	0,95
A 7	0,28	0,35	0,84	0,07	<b>0,04</b>	0,74	0,93	0,74	0,67
A 8	0,09	<b>0,03</b>	0,43	0,57	0,4	0,76	0,07	<b>0,01</b>	0,24
A 9	0,72	0,59	0,46	0,16	<b>0,004</b>	0,13	<b>0,03</b>	<b>0,02</b>	0,53

**Tabelle 9 : Vergleich der Untergruppen gegeneinander in der benötigten Zeit / Aufgabe (P-Werte, basierend auf den vorherigen Daten)**

*In Tabelle 9 erfolgt eine Darstellung der Teilnehmer in der benötigten Zeit / Aufgabe im Pre-, Post-Test und der Differenz der beiden Durchgänge. Dieses Mal werden aber nicht alle 3 Gruppen gegeneinander, sondern jeweils nur 2 Gruppen direkt gegeneinander verglichen, signifikante P-Werte sind jeweils hervorgehoben. Die Spalteneinteilung ist analog zur Vortabelle.*

	Pre-Test			Post-Test			Differenz		
	0 LAP vs 20 LAP	0 LAP vs 200 LAP	20 LAP vs 200 LAP	0 LAP vs 20 LAP	0 LAP vs 200 LAP	20 LAP vs 200 LAP	0 LAP vs 20 LAP	0 LAP vs 200 LAP	20 LAP vs 200 LAP
A 1	<b>0,01</b>	0,71	0,08	0,24	0,99	0,58	<b>0,004</b>	0,71	0,05
A 2	<b>0,03</b>	<b>0,01</b>	1	0,13	0,83	0,13	0,19	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,004</b>
A 3	0,09	<b>0,02</b>	0,52	<b>0,01</b>	0,12	0,38	0,85	0,17	0,09
A 4	<b>&lt;0,001</b>	0,06	0,17	<b>0,01</b>	0,23	0,27	<b>0,01</b>	<b>0,04</b>	0,36
A 5	<b>&lt;0,001</b>	0,46	0,07	<b>0,002</b>	0,9	<b>0,02</b>	0,05	0,12	0,93
A 6	<b>0,03</b>	0,12	0,41	<b>0,03</b>	0,12	0,38	0,28	0,48	0,75
	Studenten vs Assistenten	Studenten vs Fachärzte	Assistenten vs Fachärzte	Studenten vs Assistenten	Studenten vs Fachärzte	Assistenten vs Fachärzte	Studenten vs Assistenten	Studenten vs Fachärzte	Assistenten vs Fachärzte
A 1	0,07	0,85	0,05	0,12	0,67	0,29	0,48	0,3	0,12
A 2	<b>0,03</b>	0,18	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,01</b>	0,56	<b>0,04</b>	0,99	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
A 3	0,78	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	0,75	0,06	0,05	0,27	0,26	0,79
A 4	<b>0,02</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,14	0,25	0,26	<b>0,02</b>	<b>0,004</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,96
A 5	0,11	<b>0,003</b>	0,09	0,91	0,09	0,12	0,06	<b>0,004</b>	0,26
A 6	0,14	<b>0,01</b>	0,21	0,74	<b>0,05</b>	0,14	0,16	<b>0,04</b>	0,92

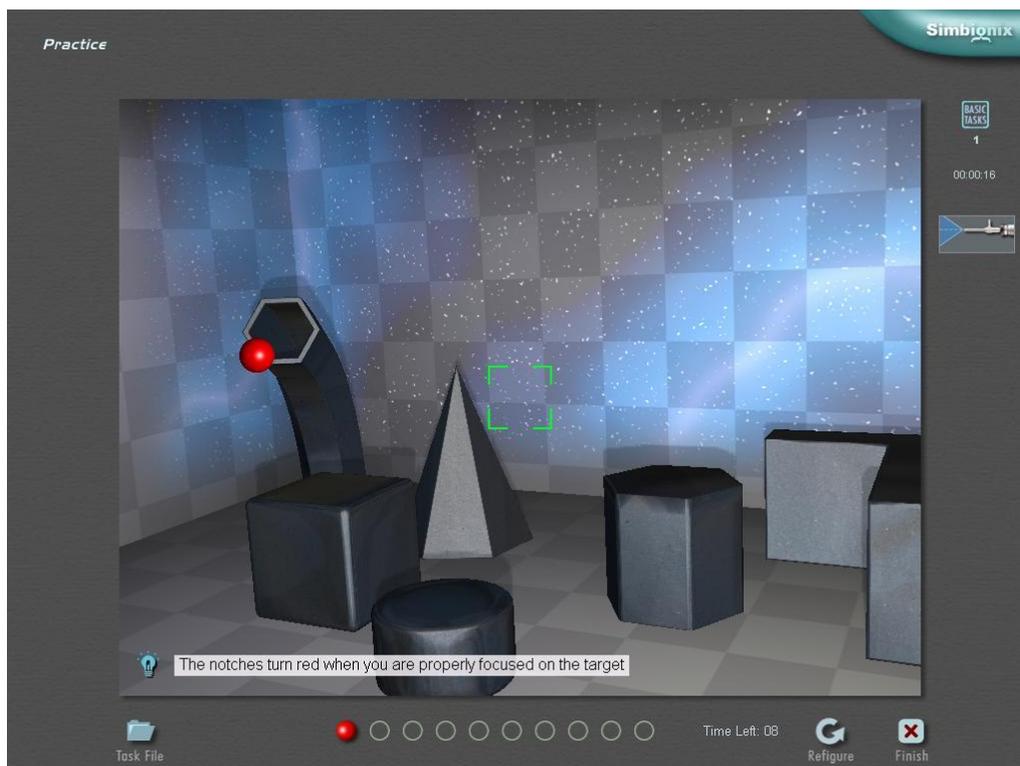
## 7.2. Abbildungen



Quelle: [http://symbionix.com/wp-content/uploads/2014/05/LAPIII\\_07\\_2014.jpg](http://symbionix.com/wp-content/uploads/2014/05/LAPIII_07_2014.jpg)

### **Abbildung 1: Beispiexemplar eines Simbionix LAP-Mentor**

*Beim Simbionix LAP Mentor handelt es sich um ein System bestehend aus Laptop mit zugehöriger Software und einer angeschlossenen Konsole ähnlich einer Box. In dieser Box sind 3 Trokare eingelassen, einer für die Optik/Kamera, die beiden weiteren jeweils für ein Werkzeug. Werden die Werkzeuge nun in den Trokaren bewegt, registriert das Programm die Bewegung und gibt sie auf dem Bildschirm des Laptops wieder.*

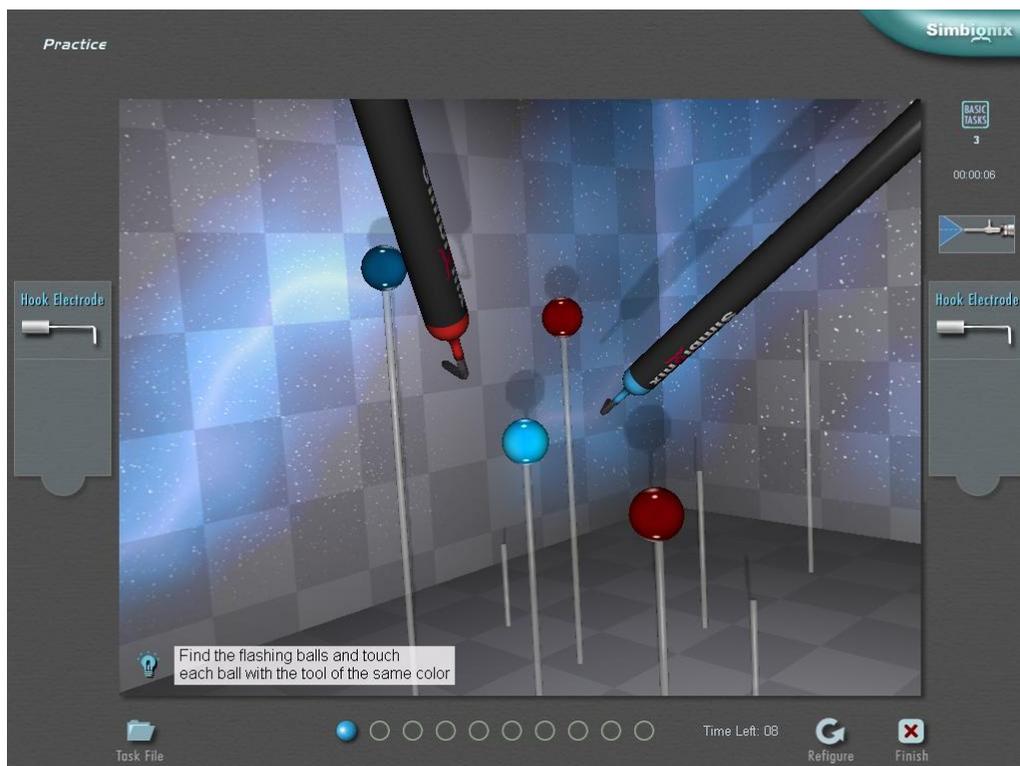


Quelle: Screenshot Simbionix Lap Mentor, Laparoscopic Basic Skills, Task 1

### Abbildung 2: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 1 (+2), 0°/30° Kamera Bedienung

*Diese Übung dient dem Umgang mit einer starren Kamera, dem Heran- und Zurückbewegen innerhalb eines geschlossenen Raumes und der Gewöhnung an die virtuelle Umgebung.*

*Der Benutzer steuert nur die Kamera. Vor sich hat er einen kleinen Raum, in dem nacheinander rote Bälle zwischen Objekten erscheinen. Ziel ist es, diese Bälle mit der Kamera zu erspähen, anzuvisieren (mittig des Bildschirms) und dann ein Bild von diesen zu machen, indem man eine grüne „Freeze“-Taste betätigt. Nach einer kurzen Dauer von Sekunden verschwinden die Bälle wieder. Zudem sollen die Bälle genau mittig getroffen werden. Als Hilfe dient hier ein kleiner Rahmen auf dem Bildschirm, der erst grün erscheint, aber auf rot umschwenkt, sobald der Ball richtig fixiert ist. Der letzte Ball fliegt auf einer Kreisbahn und es gilt diesen zu verfolgen. Nach 10 Bällen ist die Übung beendet.*

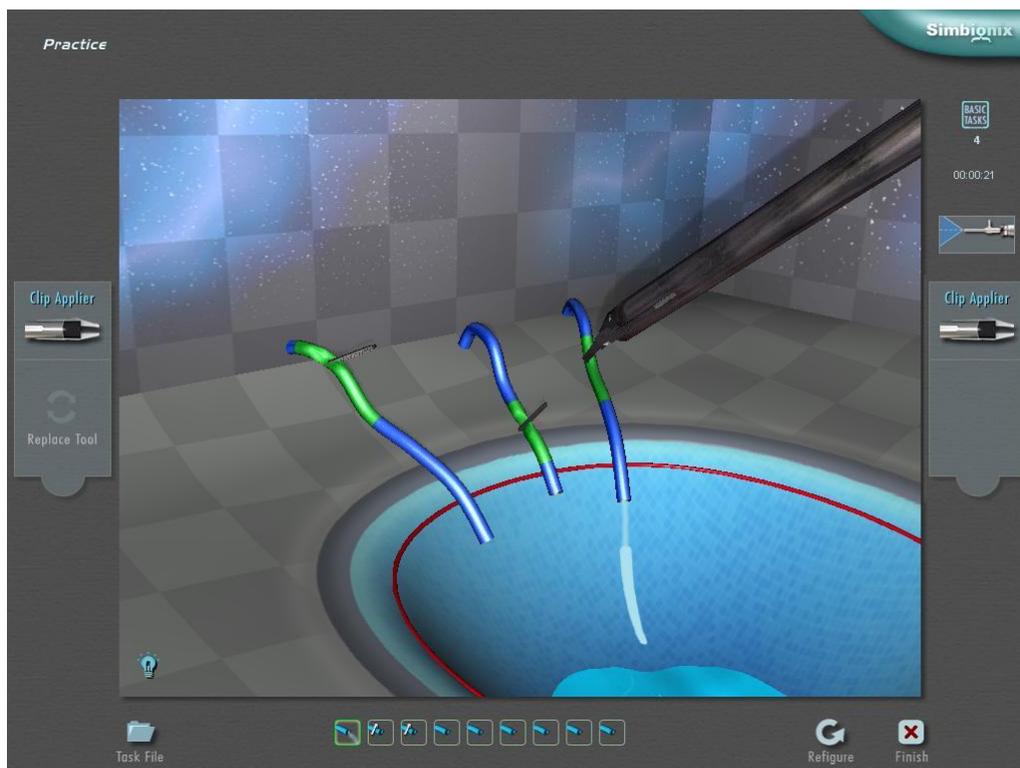


Quelle: Screenshot Simbionix Lap Mentor, Laparoscopic Basic Skills, Task 3

### Abbildung 3: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 3, Auge-Hand-Koordination

Ziel der Übung ist es neben einer Denkleistung Auge – Farbe erkennen – richtige Hand bewegen auch die richtige Tiefen-Einschätzung in einem zweidimensionalen Bild zu erlernen.

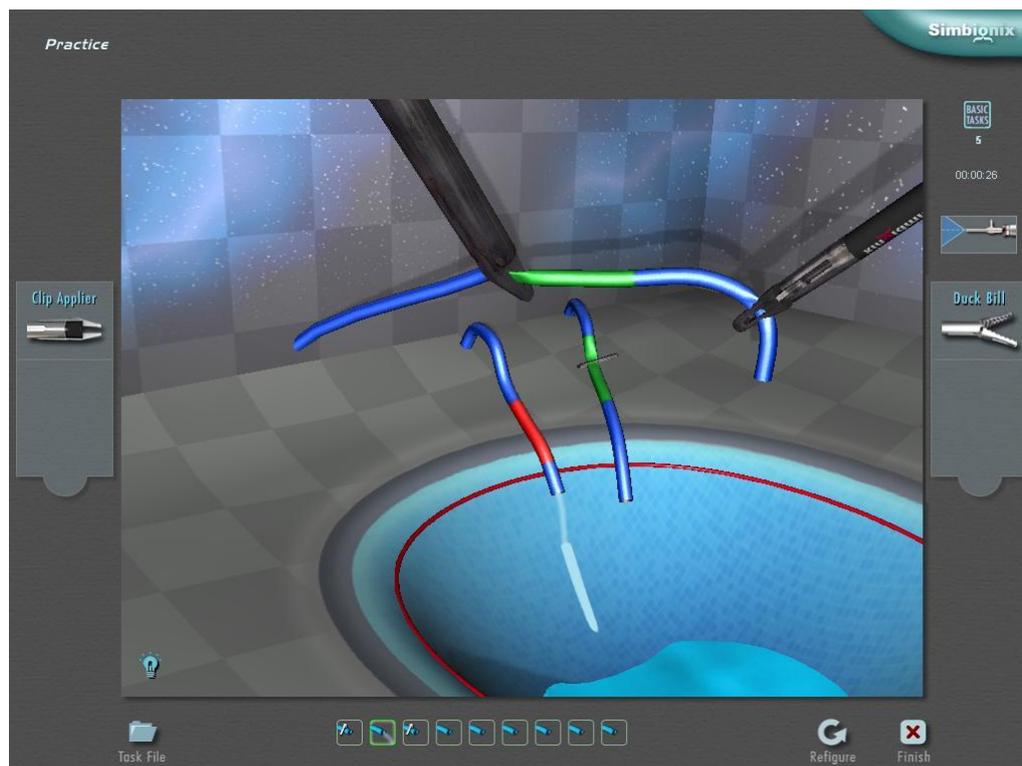
Hier bedient der Teilnehmer zwei lange Haken, die an ihrer Spitze unterschiedlich farblich dargestellt sind, eine Seite blau (linke Hand), die andere Seite rot (rechte Hand). In dem Bild erscheinen gefärbte Bälle, ebenfalls rot oder blau, in unterschiedlicher Tiefe des Raumes. Einer dieser Bälle beginnt zu blinken, dieser soll dann mit der Spitze des farblich passenden Instrumentes angetippt werden (roter Ball blinkt – mit rotem Instrument berühren et v.v.). Nach einer bestimmten Zeit verschwinden die Bälle jedoch wieder, wenn sie nicht rechtzeitig berührt wurden. Zudem gilt es neben der richtigen Farbe darauf zu achten, auf dem Weg zum Ball mit dem Instrument nicht andere Bälle zu berühren. Maximal können 10 Bälle/Punkte erreicht werden.



Quelle: Screenshot Simbionix Lap Mentor, Laparoscopic Basic Skills, Task 4

#### **Abbildung 4: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 4, Clippen - einhändig mit der dominanten Hand**

Als Übungsaufbau dient ein in den Boden eingelassenes Becken. Zu diesem Becken führen insgesamt 9 Kabel, durch die nacheinander Wasser in das Becken fließt. Diese Kabel soll man mit dem Clipper verschließen bevor das Wasser das Becken zum Überlaufen bringt. Die entsprechende Stelle zum Ansetzen des Clippers ist grün auf dem Kabel markiert. Die Spitze des Clippers kann mithilfe eines Rädchens am Instrument gedreht werden, um so den optimalen Winkel zum Kabel und unter bester Sicht (Kabel exakt zwischen den beiden Ästen des Clippers) zu arbeiten. Ratsam ist es, zuerst jene Kabel zu clippen, durch die bereits Wasser läuft, als welche, die noch trocken sind, damit das Becken nicht so schnell vollläuft. Sind alle 9 Kabel geclippt oder ist das Becken übergelaufen ist die Übung zu Ende.



Quelle: Screenshot Simbionix Lap Mentor, Laparoscopic Basic Skills, Task 5

#### **Abbildung 5: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 5, Clippen und Greifen - beidhändig**

Lernziel dieser Aufgabe ist der koordinierte Umgang mit zwei Instrumenten. Der Aufbau ist identisch zu dem in Aufgabe 4. Der Nutzer hat jedoch dieses Mal zwei Werkzeuge zur Hand, zu dem Clipper gesellt sich eine Faszange. Mit dieser soll nun das Kabel erst gefasst und gedehnt werden, bevor die andere Hand mit dem Clipper das Kabel verschließen kann. Die richtige Handhabung wird dadurch angezeigt, dass sich die Farbe im markierten zu clippenden Bereich bei ausreichender Dehnung von rot zu grün ändert und nur dann der Verschluss möglich ist. Sind alle 9 Kabel verschlossen oder das Becken übergelaufen, ist auch dieses Aufgabe beendet.

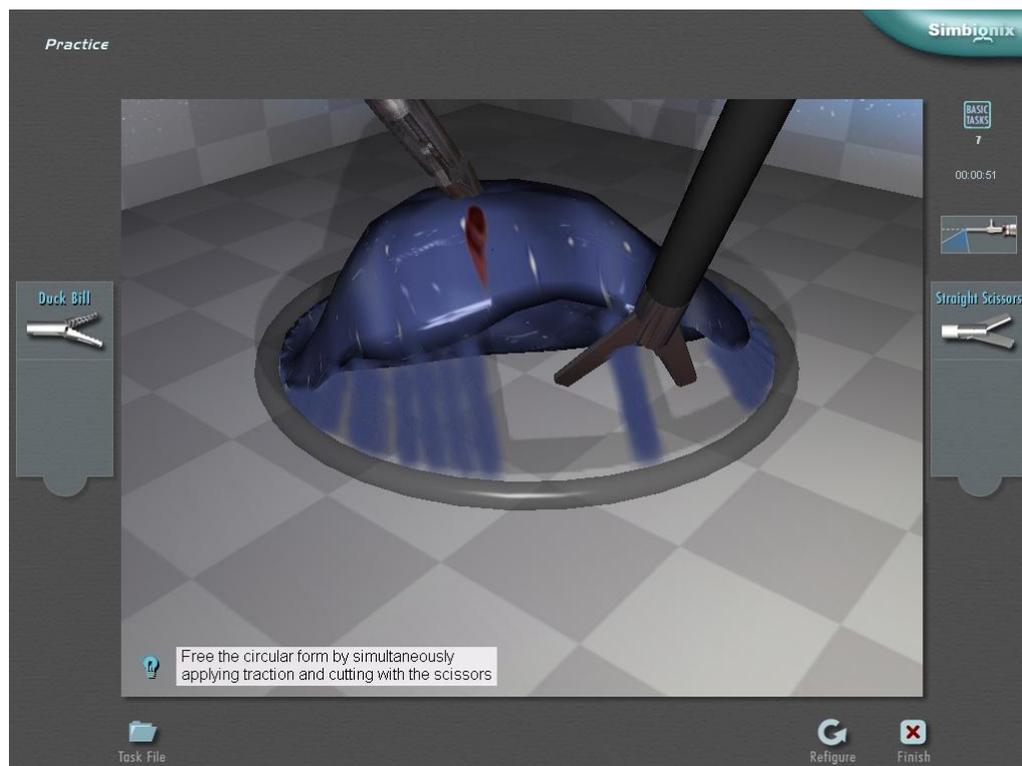


Quelle: Screenshot Symbionix Lap Mentor, Laparoscopic Basic Skills, Task 6

### Abbildung 6: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 6, Zweihändige Manöver

Lernziel ist wiederum der koordinierte Umgang mit zwei Instrumenten unter erschwerten Arbeitsbedingungen und sichere Tiefeneinschätzung/Positionierung im virtuellen Raum.

In dieser Übung bedient der Nutzer zwei Fasszangen. Auf dem Boden befindet sich eine Art Pudding/Geleemasse, in der jeweils drei Bälle enthalten sind. Diese Masse lässt sich mit einer Hand greifen und unter leichtem Zug je nach Technik zur Seite oder auf den Boden drücken bzw. ziehen. Somit werden die enthaltenen Bälle frei gelegt – dies zeigt sich in einem Farbumschlag der Bälle von rot zu grün – und können mit der andere Zange gefasst werden. Dann legt man die Bälle in einen daneben stehenden Behälter ab und greift sich den nächsten. Werden die Bälle nicht richtig gefasst (rote Farbe) oder sauber in den Behälter abgelegt, so können diese Punkte verloren gehen. Maximal können 9 Bälle/Punkte gesammelt werden.

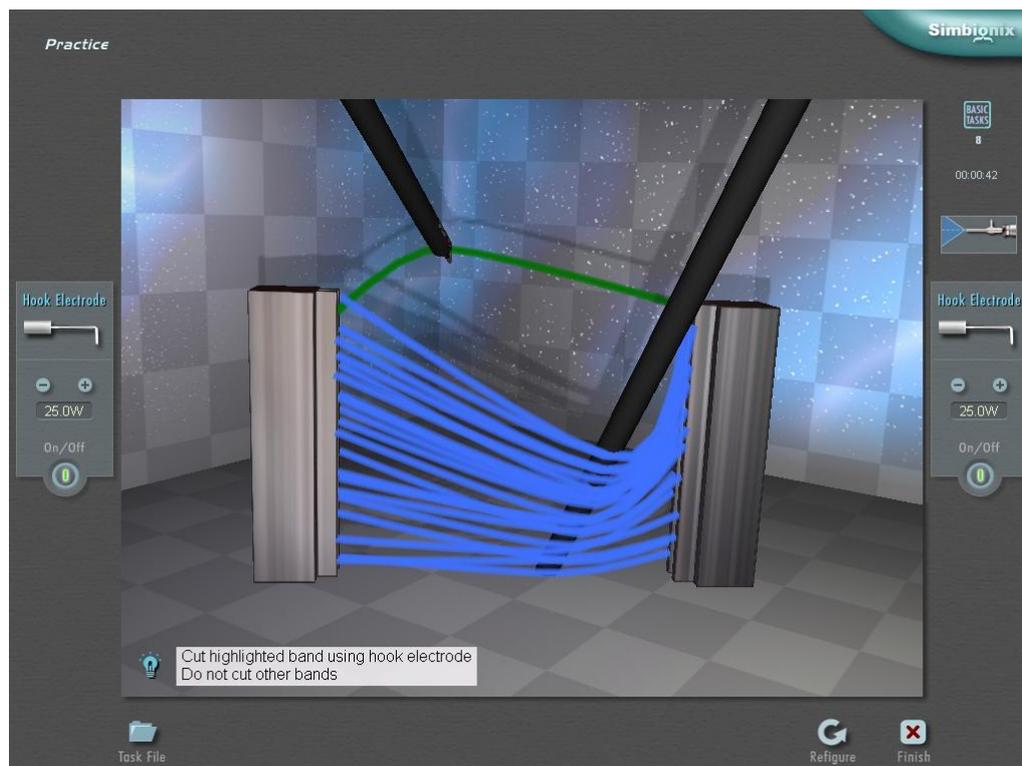


Quelle: Screenshot Simbionix Lap Mentor, Laparoscopic Basic Skills, Task 7

### Abbildung 7: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 7, Schneiden

In Übung 7 soll der Umgang mit einer Schere und das vorsichtige Herausschneiden einer Struktur erlernt werden.

Der Teilnehmer arbeitet mit einer Faszange und einer Schere. Auf dem Grund liegt eine flache Geleemasse, die zirkulär an dünnen Fäden am Boden befestigt ist. Ziel ist es, sich die Masse an einer günstigen Stelle (am Rand) vorsichtig zu greifen, leicht nach oben zu ziehen und so zu halten, dass die Fäden zwischen Geleemasse und Bodenbefestigung gespannt sind und mit der Schere durchtrennt werden können. Sind die Fäden alle erfolgreich durchschnitten, oder das von uns gesetzte Zeitlimit von fünf Minuten überschritten, wird die Übung beendet.

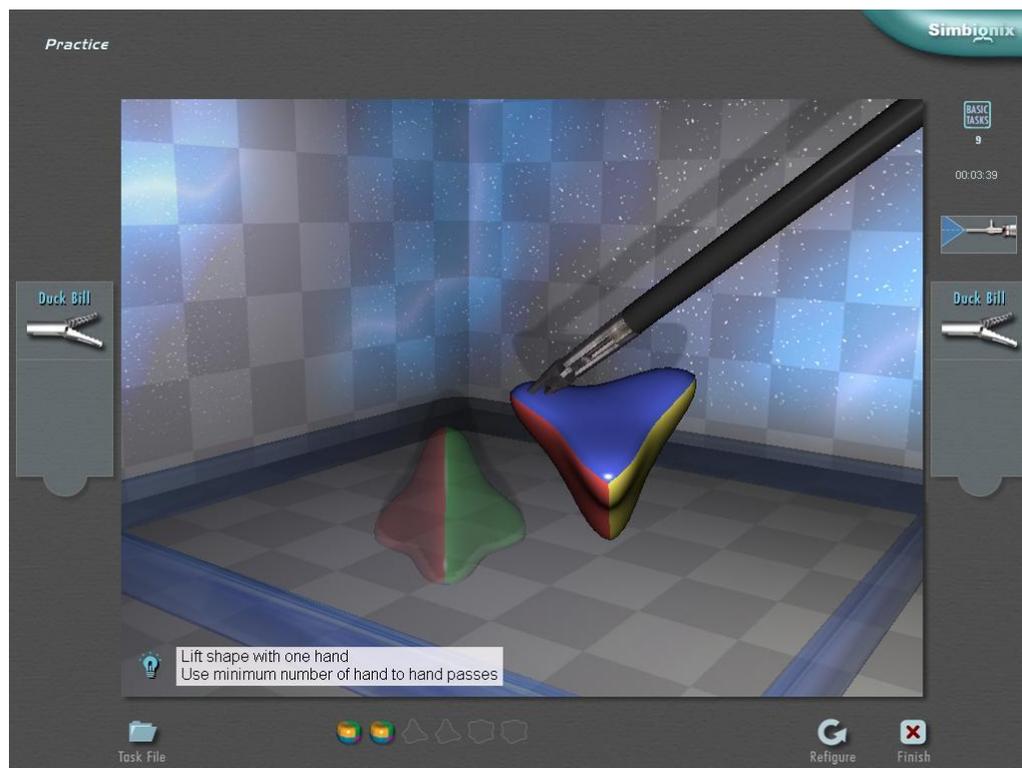


Quelle: Screenshot Simbionix Lap Mentor, Laparoscopic Basic Skills, Task 8

### Abbildung 8: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 8, Elektrokoagulation

*In dieser Aufgabe lernt der Teilnehmer den Umgang mit bipolaren Werkzeugen. Hinzu werden die bimanuelle Koordination, die Tiefen-Einschätzung und der parallele Einsatz eines Fußpedals trainiert.*

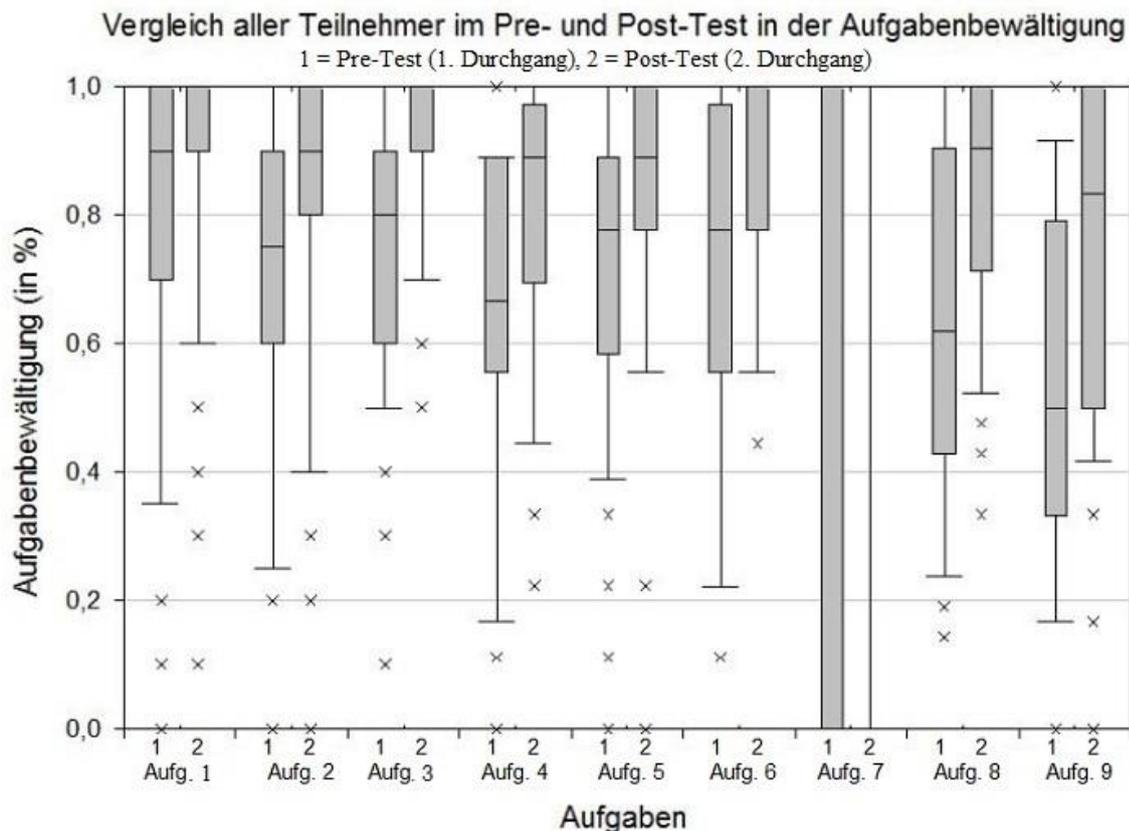
*In diesem Level ist ein Gerüst aufgebaut, zwischen dessen Stangen sich eine Anzahl aus 21 Fäden befindet, die kreuz und quer übereinander gespannt liegen. Einer dieser Fäden leuchtet grün und unterscheidet sich somit farblich abgrenzbar von den übrigen blauen. Der Kandidat bedient zwei lange elektrische Haken und eine Fußsteuerung mit zwei Pedalen links und rechts entsprechend den beiden Haken links und rechts. Wird das jeweilige Pedal getreten, so wird mit dem gleichseitigen Haken koaguliert. Mit den Haken wird versucht, das grüne Kabel aus der Ebene der übrigen herauszuziehen, um es dann sicher koagulieren/durchtrennen zu können. Es empfiehlt sich ein beidhändiges Arbeiten, indem mit einem Haken zwischen grünem und benachbarten Faden eingefädelt wird und dann die übrigen Fäden weggezogen werden. So liegt der grüne Faden in eine Richtung frei und kann mit der zweiten Hand leichter mobilisiert und koaguliert werden. Hat der Teilnehmer alle 21 Fäden durchtrennt oder das Zeitlimit erreicht, ist die Übung beendet.*



Quelle: Screenshot Simbionix Lap Mentor, Laparoscopic Basic Skills, Task 9

### Abbildung 9: Laparoscopic Basic Skills Aufgabe 9, Objektplatzierung

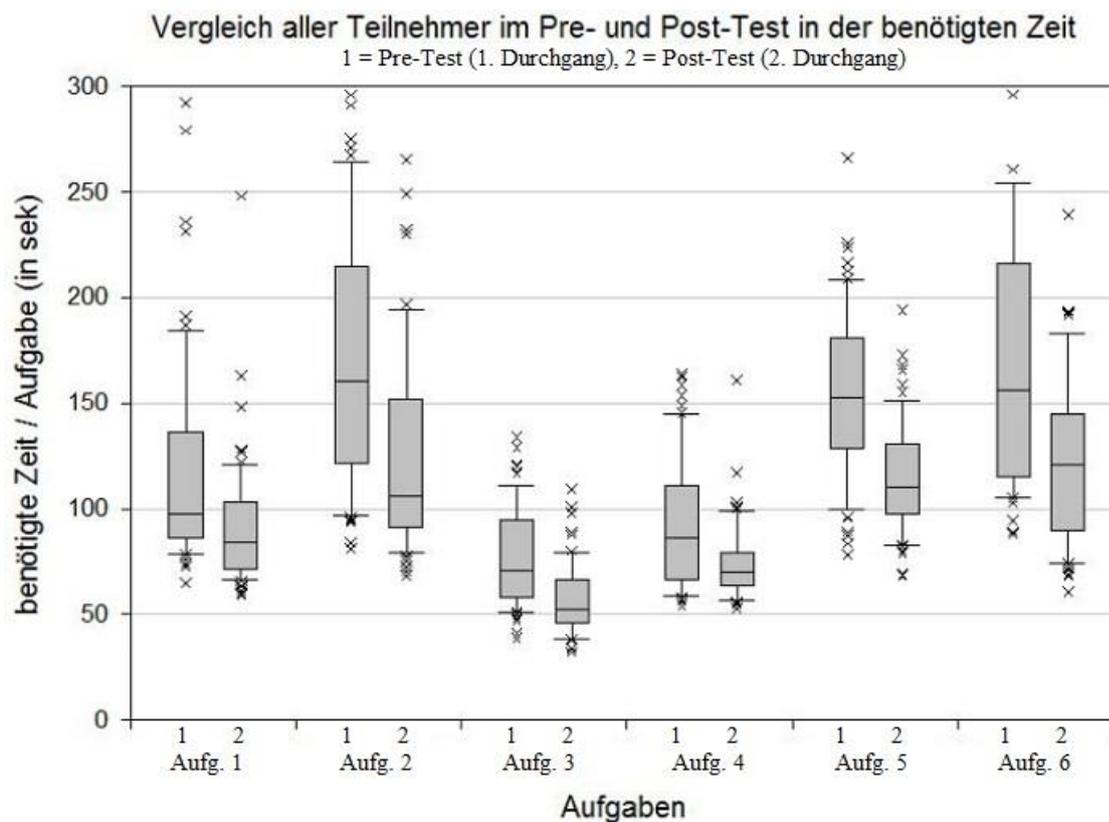
Der Teilnehmer arbeitet mit zwei Faszangen. Es werden nacheinander sechs Objekte (Pyramide, Würfel, Zylinder) mit farblich unterschiedlicher Seitenmarkierung dargeboten. Gleichzeitig zu dem jeweiligen Objekt ist eine schattige Passform zu sehen, in die das Objekt in farblich korrekter Ausrichtung platziert werden soll. Man greift sich also das Objekt mit der Faszange und dreht es und übergibt es in die andere Hand und dreht und wendet weiter, bis es richtig ausgerichtet ist z.B. grün auf dem Boden, blau auf der linken Seite usw. und platziert es anschließend in der Passform. Es folgt das nächste Objekt.



**Abbildung 10: Vergleich aller Teilnehmer im Pre- und Post-Test in der Aufgabenbewältigung**

Dargestellt ist ein Boxplot, der die Aufgabenbewältigung in % bei allen Teilnehmern bei den Aufgaben 1 – 9 wiedergibt. Verglichen werden 1. und 2. Durchgang (Pre- und Post-Test). Die Querkanten jeder „Box“ geben das 1. und 3. Quartil wieder, während der Querstrich den Median beschreibt. Die kürzeren Querstriche außerhalb der Box entsprechen der 10. bzw. 90. Perzentile, einzelne Kreuze die Ausreißer.

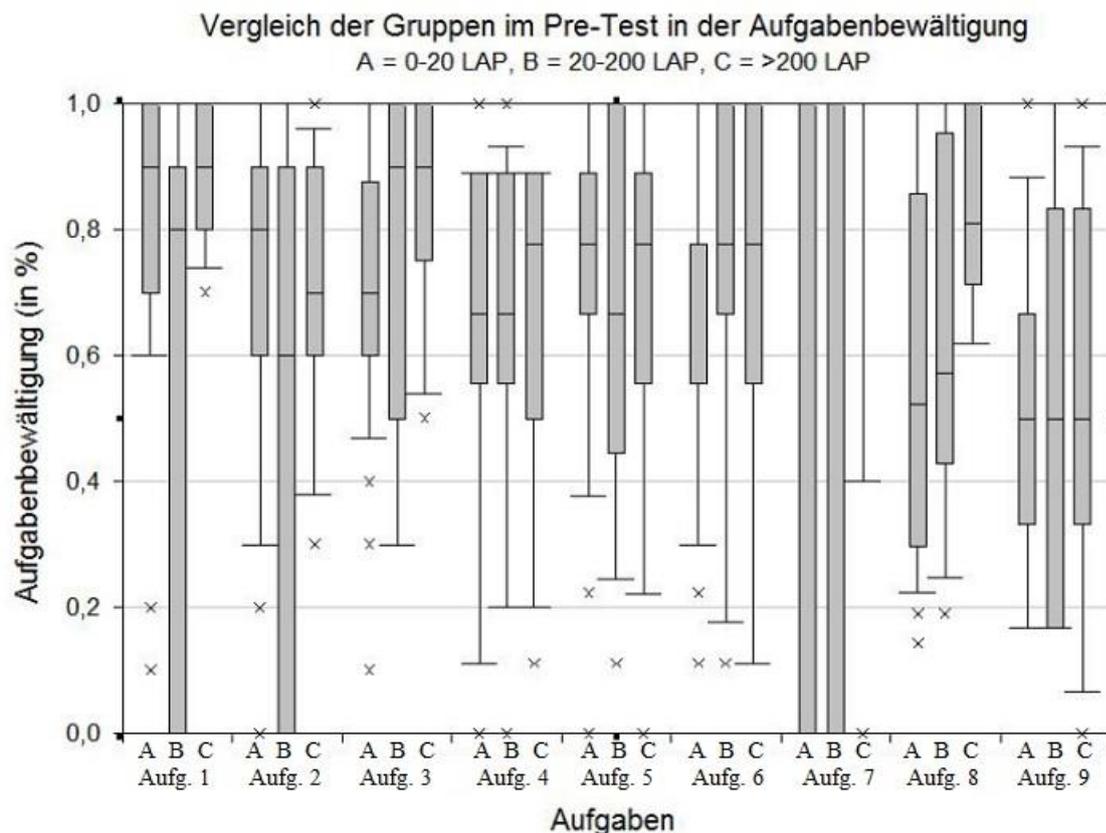
Von Aufgabe 1 – 9 ist zwischen Durchgang 1 und 2 in allen Aufgaben eine Erhöhung / Verbesserung der prozentualen Aufgabenbewältigung zu sehen, gerade in den anspruchsvolleren Aufgaben 6 - 9 ist der Fortschritt bei niedrigeren Primärergebnissen umso größer.



**Abbildung 11: Vergleich aller Teilnehmer im Pre- und Post-Test in der benötigten Zeit / Aufgabe**

Dargestellt ist ein Boxplot, der die benötigte Zeit / Aufgabe in Sekunden bei allen Teilnehmern bei den Aufgaben 1 – 6 wiedergibt. Verglichen werden 1. und 2. Durchgang (Pre- und Post-Test).

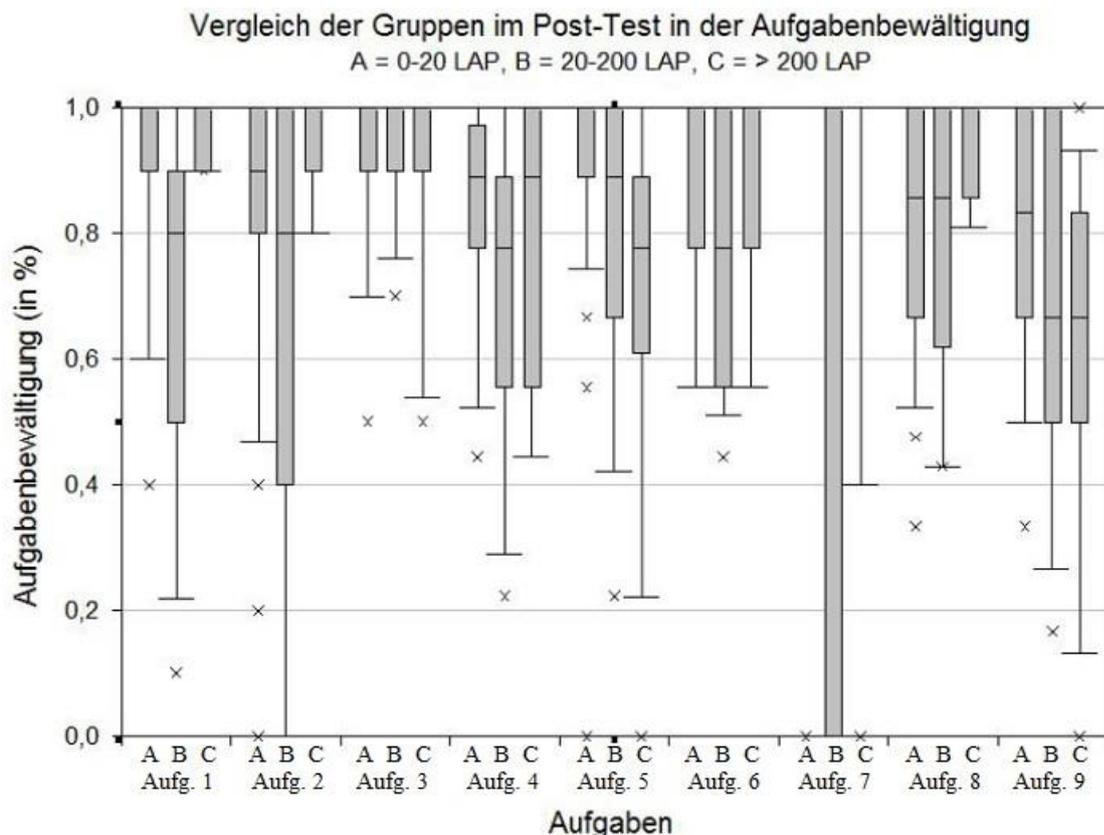
Von Aufgabe 1 – 6 ist zwischen Durchgang 1 und 2 in allen Aufgaben eine schnellere Bearbeitung / Verbesserung der benötigten Zeit zu sehen.



**Abbildung 12: Vergleich der Gruppen nach laparoskopischer Erfahrung im Pre-Test in der Aufgabenbewältigung**

Diese Abbildung zeigt einen Boxplot, in dem die drei Gruppen nach laparoskopischer Erfahrung (A = 0-20 LAP, B = 20-200 LAP, C = >200 LAP) im Pre-Test in der Aufgabenbewältigung verglichen werden.

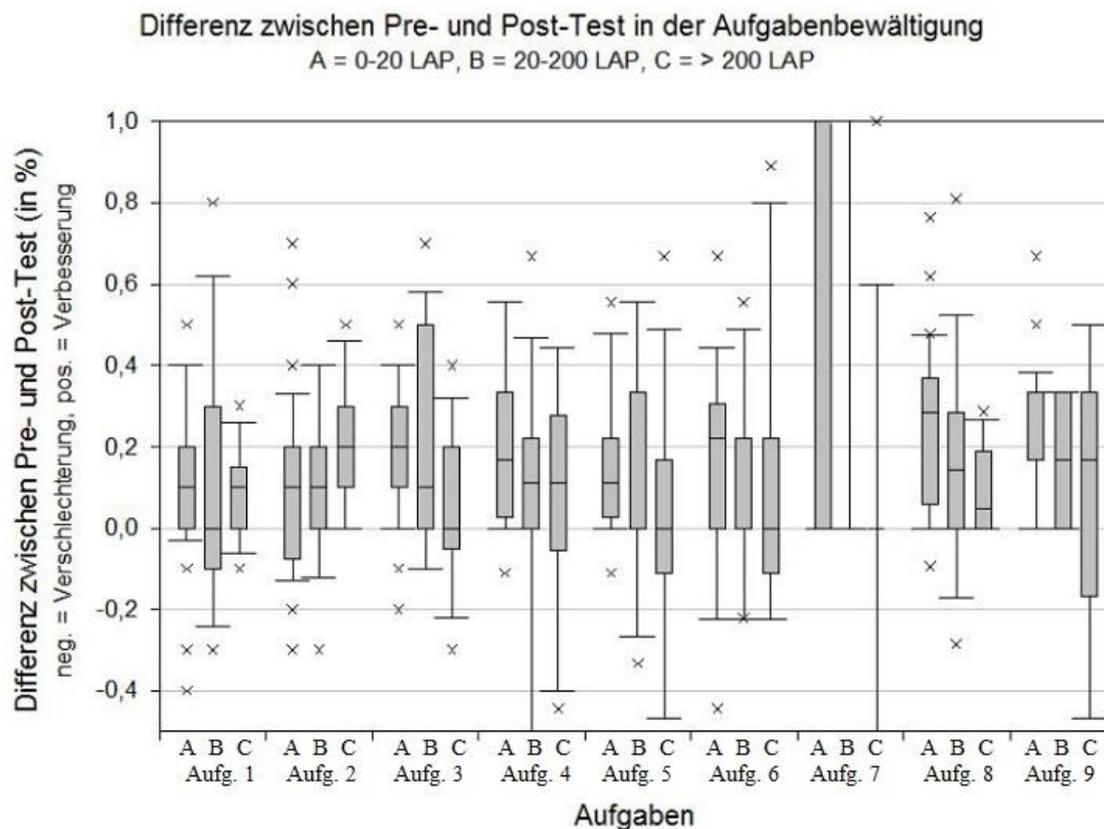
Vergleichen wir die drei Gruppen gegeneinander haben die Experten in den leichten und mittelschweren Aufgaben 1, 3 – 6 im 1. Durchgang zwar die besten Ergebnisse, allerdings ist der Unterschied nicht signifikant, das wird er erst in den anspruchsvolleren Aufgaben 7 und 8 (Schneiden und Elektrokoagulation;  $p$ -Werte: 0,02 und 0,01). Auch in Aufgabe 3 sind die Experten signifikant besser als die Anfänger mit einem Ergebnis von 90% gegen 70% ( $p = 0,04$ ; Tabelle 8), aber nicht als die Fortgeschrittenen, ansonsten bestehen auch bei den Untergruppen gegeneinander verglichen keine nennenswerten Unterschiede.



**Abbildung 13: Vergleich der Gruppen nach laparoskopischer Erfahrung im Post-Test in der Aufgabenbewältigung**

Dargestellt ist ein Boxplot, in dem die drei Gruppen nach laparoskopischer Erfahrung (A = 0-20 LAP, B = 20-200 LAP, C = >200 LAP) im Post-Test in der Aufgabenbewältigung verglichen werden.

Im 2. Durchgang zeigen die Experten bis auf Aufgabe 5 und 9 noch in den übrigen Aufgaben die besten Ergebnisse, die Aufgaben 1 - 3 sowie 6 - 8 werden von ihnen im Median zu 100% bewältigt. In Aufgabe 5 (Clippen und Greifen) sind jedoch Anfänger und Fortgeschrittene signifikant besser (je 89% zu 78%,  $p = 0,03$ ). Die Anfänger (0-20 LAP) können einen deutlichen Lernfortschritt nachweisen, so zeigt sich in den Aufgaben 1 (beide 100%) und 7 (92% und 97%) ein signifikant besseres Ergebnis von Anfängern und Experten als bei den Teilnehmern mit mittlerer Laparoskopie-Erfahrung (80% und 60%;  $p = 0,01$ ; vgl. Abbildung 13). In Aufgabe 8 sind weiterhin die Experten am besten (100%), verglichen gegen die Anfänger mit Signifikanz (86%,  $p = 0,04$ ), gegenüber den Fortgeschrittenen mit 86% ( $p = 0,07$ ). Leichte Vorteile beweisen die Anfänger in Aufgabe 9 gegenüber den anderen beiden Gruppen mit einer Aufgabenbewältigung von 83% zu jeweils 67% ( $p = 0,06$ ).

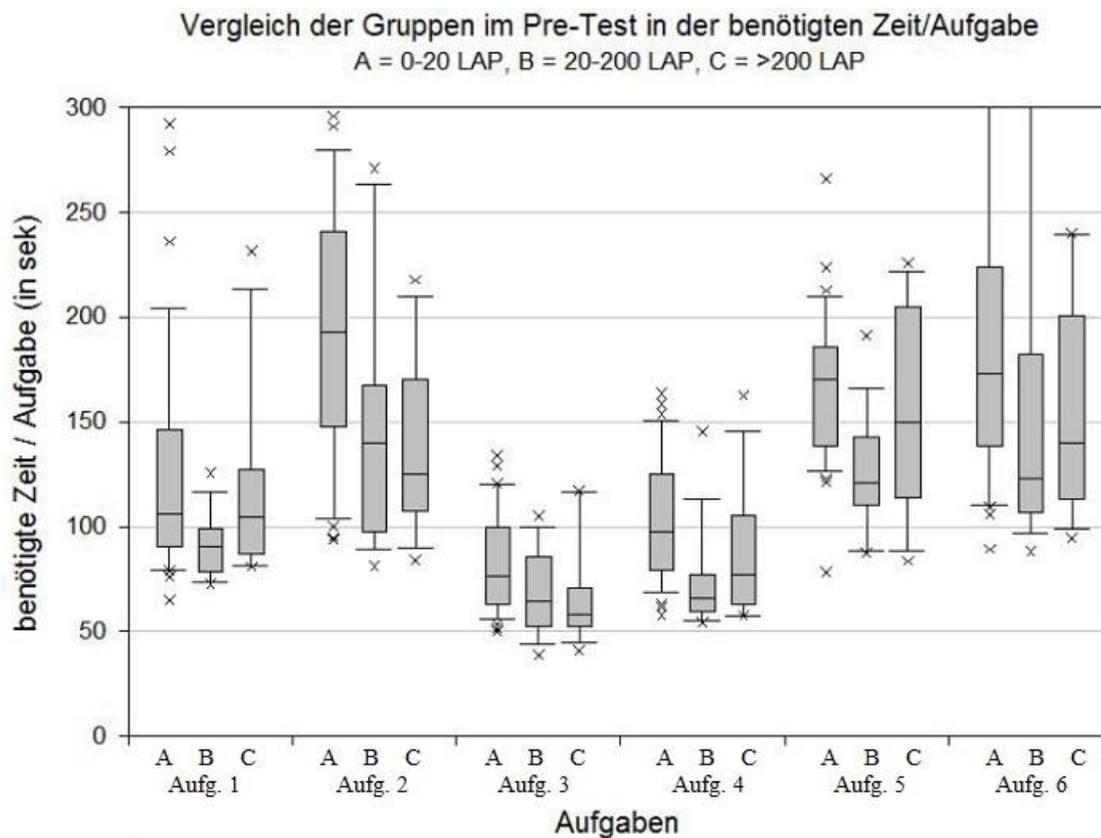


**Abbildung 14: Differenz zwischen Pre- und Post-Test nach laparoskopischer Erfahrung in der Aufgabenbewältigung**

Diese Abbildung zeigt einen Boxplot, bei dem die Differenz zwischen Pre- und Post-Test (in %-Punkten) bei den Teilnehmern nach laparoskopischer Erfahrung (A = 0-20 LAP, B = 20-200 LAP, C = >200 LAP) in der Aufgabenbewältigung bei den Aufgaben 1 – 9 aufgezeigt wird. Der Vergleich dient den 3 Gruppen gegeneinander, um den größten Lernfortschritt darzulegen.

Der Median liegt bei allen 3 Gruppen in allen 9 Aufgaben im positiven Bereich, somit konnten sich alle Gruppen verbessern. Ab Aufgabe 3 ist ein diagonaler Verlauf des Medians zu beobachten, d.h. dass der Lernfortschritt bei den Anfängern (0-20 LAP) am größten ist und zu den Experten (> 200 LAP) abnimmt.

Der größere Lernfortschritt der Anfänger gegenüber den anderen ist in Aufgabe 7 (42% im Vergleich zu 20% und 0%,  $p = 0,03$ ) und 8 (29% zu 14% und 5%,  $p = 0,02$ ) signifikant. Sie nähern sich den Experten, die im 1. Durchgang in diesen Aufgaben signifikant besser waren, im 2. Durchgang im Ergebnis an. Auch in Aufgabe 3 ist die Verbesserung von Anfängern gegenüber Experten signifikant ( $p = 0,03$ ), wobei erwähnt sei, dass die Experten in diesen Aufgaben ein Maximum in der Aufgabenbewältigung von 100 % im 2. Durchgang erreicht haben, der Unterschied also im niedrigeren Ausgangsniveau im 1. Durchgang begründet ist.

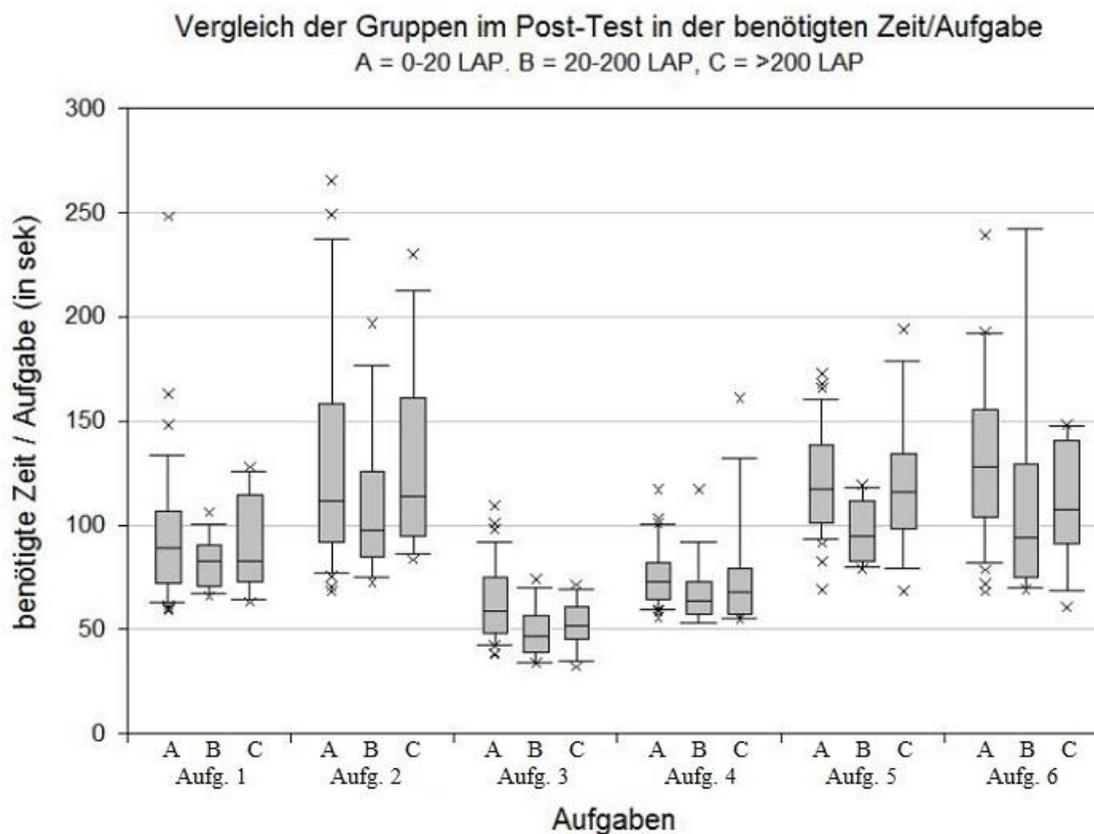


**Abbildung 15: Vergleich der Gruppen nach laparoskopischer Erfahrung im Pre-Test in der benötigten Zeit / Aufgabe**

Dargestellt ist ein Boxplot, in dem die Teilnehmer nach laparoskopischer Erfahrung (A = 0-20 LAP, B = 20-200 LAP, C = >200 LAP) in der benötigten Zeit / Aufgabe bei den Aufgaben 1 –6 im Pre-Test verglichen werden.

In den meisten Aufgaben ist ein diagonalen Verlauf des Medians zu beobachten, d.h. dass die Anfänger (0-20 LAP) im 1. Durchgang am meisten Zeit benötigen, die Fortgeschrittenen (20-200 LAP) und Experten (> 200 LAP) am wenigsten.

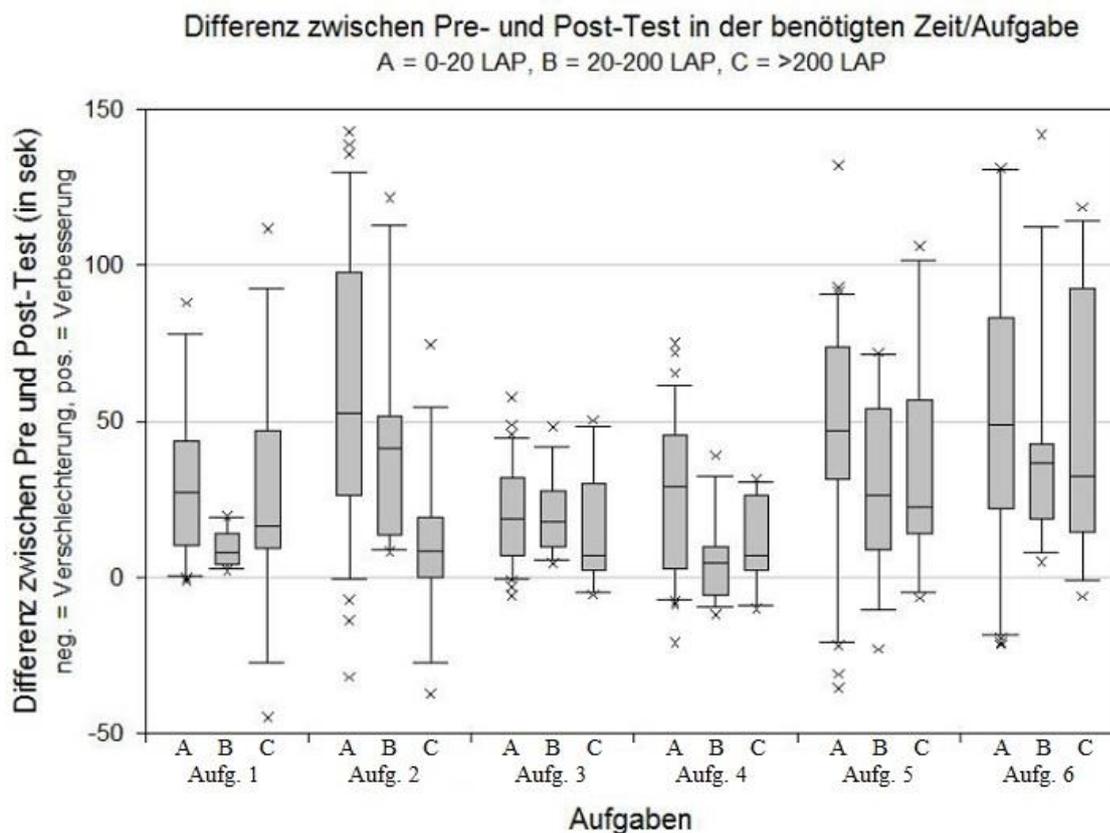
Gegeneinander verglichen sind im 1. Durchgang bei den Aufgaben 2, 3, 4 und 6 Fortgeschrittene und Experten signifikant schneller als die Anfänger ( $p$ -Werte: 0,01, 0,03, < 0,001 und 0,04). In den Aufgaben 1 und 5 sind die Fortgeschrittenen (91 und 121 Sek) sogar signifikant schneller als Anfänger und Experten (105, 106 Sek, sowie 150 und 170 Sek;  $p = 0,03$  und 0,002). Im direkten Vergleich zwischen Fortgeschrittenen und Experten können zwar in einigen Aufgaben Vorteile für die Fortgeschrittenen gezeigt werden, für einen signifikanten Unterschied ist es aber nicht ausreichend.



**Abbildung 16: Vergleich der Gruppen nach laparoskopischer Erfahrung im Post-Test in der benötigten Zeit / Aufgabe**

Diese Abbildung zeigt einen Boxplot, in dem die Teilnehmer nach laparoskopischer Erfahrung (A = 0-20 LAP, B = 20-200 LAP, C = >200 LAP) in der benötigten Zeit / Aufgabe bei den Aufgaben 1–6 im Post-Test verglichen werden.

Im 2. Durchgang arbeiten die Fortgeschrittenen in allen Aufgaben im Median am schnellsten, in Aufgabe 5 wiederum signifikant schneller als Anfänger und Experten (95 Sek gegen 118 und 116 Sek,  $p = 0,01$ ), in den Aufgaben 3, 4 und 6 mit den Experten zusammen schneller als die Anfänger ( $p = 0,03, 0,04$  und  $0,05$ ).

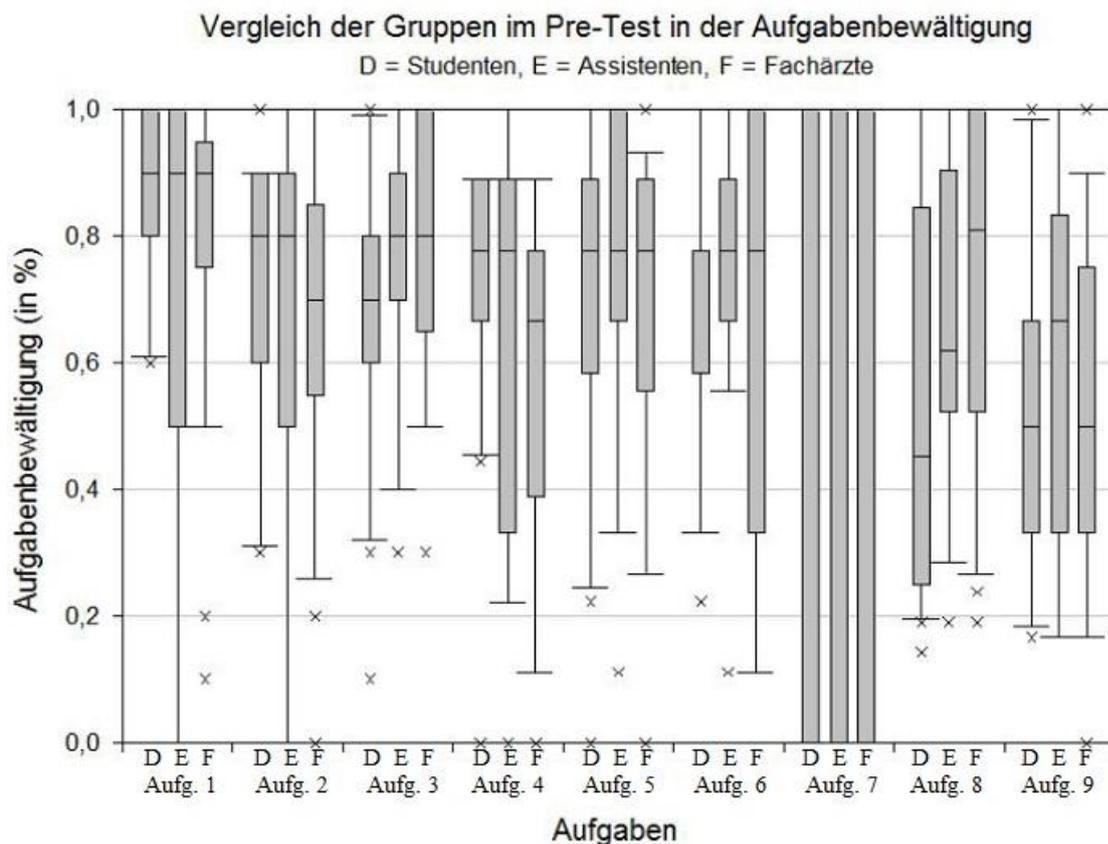


**Abbildung 17: Differenz zwischen Pre- und Post-Test nach laparoskopischer Erfahrung in der benötigten Zeit / Aufgabe**

Dargestellt ist ein Boxplot, bei dem die Differenz zwischen Pre- und Post-Test (in Sek) bei den Teilnehmern nach laparoskopischer Erfahrung (A = 0-20 LAP, B = 20-200 LAP, C = >200 LAP) in der benötigten Zeit / Aufgabe bei den Aufgaben 1 – 6 aufgezeigt wird.

Betrachtet man Anfänger, Fortgeschrittene und Experten und ihre Fortschritte vom 1. zum 2. Durchgang einzeln, so lässt sich bei allen eine deutliche Verbesserung feststellen.

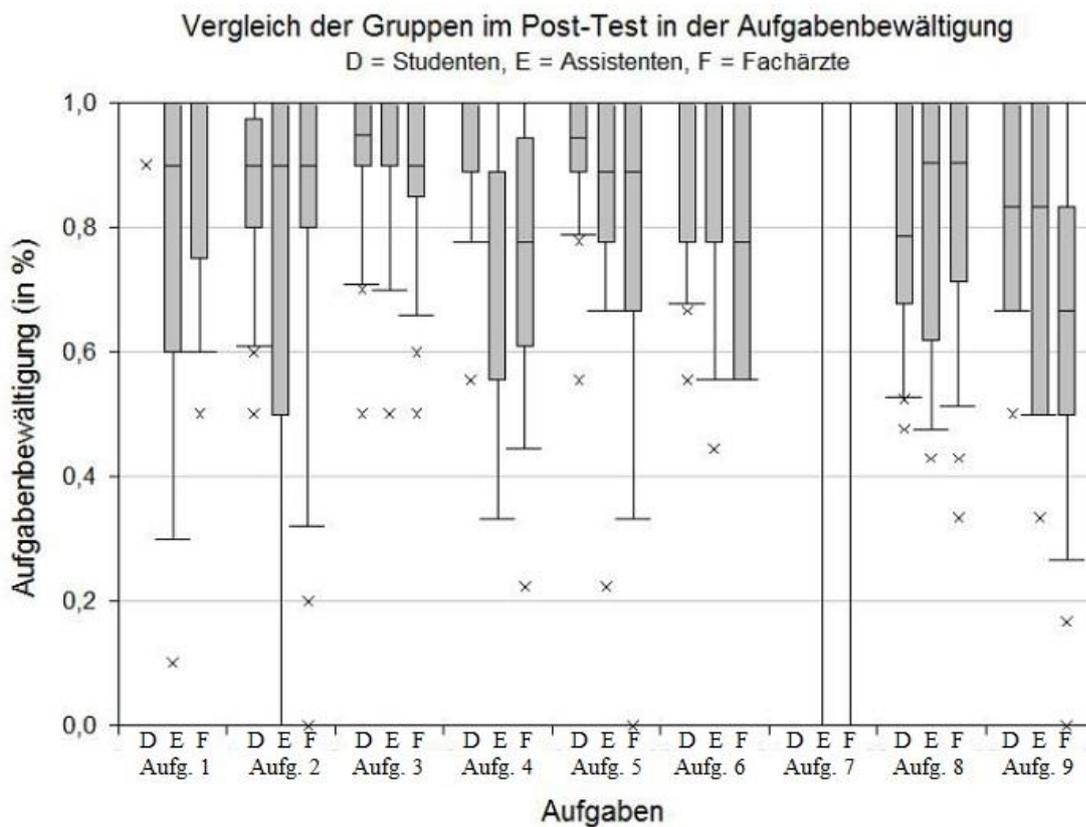
Beim Lernfortschritt können vor allem die Anfänger vom 1. zum 2. Durchgang größere Lernsprünge nachweisen. Dies spiegelt sich in den Aufgaben 1, 2, 4 und 5 wieder, wobei in Aufgabe 1 die Experten ( $p = 0,01$ ), in Aufgabe 2 die Fortgeschrittenen ( $p < 0,001$ ) gegenüber der jeweils dritten Gruppe mitsignifikant schneller sind. In Aufgabe 4 können sich die Anfänger um 29 Sekunden im Vergleich zu 5 bzw. 7 Sekunden bei Fortgeschrittenen und Experten verbessern ( $p = 0,01$ ), in Aufgabe 5 vor allem gegenüber den Fortgeschrittenen (47 Sek zu 26 Sek,  $p = 0,05$ ).



**Abbildung 18: Vergleich der Gruppen nach Ausbildungsstand im Pre-Test in der Aufgabenbewältigung**

Diese Abbildung zeigt einen Boxplot, in dem die drei Gruppen nach Ausbildungsstand (D = Studenten, E = Assistenzärzte, F = Fachärzte) im Pre-Test in der Aufgabenbewältigung verglichen werden.

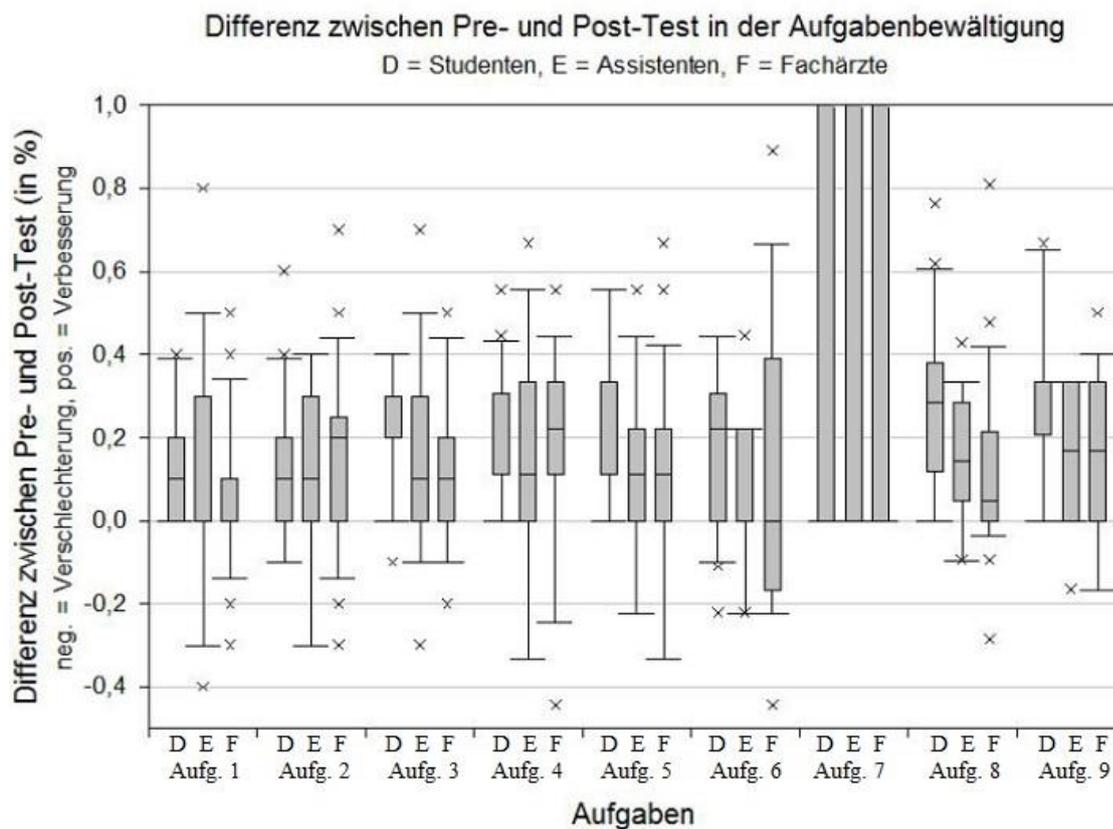
Die Ergebnisse fallen sehr unterschiedlich aus und zeigen keinen signifikanten Vorteil für eine der Gruppen. Im 1. Durchgang kann man leichte Tendenzen erkennen: die Studenten und Assistenten sind gut in der Kameraführung (Aufgabe 1 und 2), die Assistenten erzielen bei Aufgabe 5 und 9 bessere Ergebnisse, die Fachärzte bei Aufgabe 3, 6 und 8, jedoch bewegen sich insgesamt alle Gruppen auf einem Niveau. Lediglich in Aufgabe 8 zeigen die Fachärzte im direkten Vergleich mit den Studenten eine signifikant bessere Aufgabenbewältigung von 81% gegenüber 45% ( $p = 0,03$ ).



**Abbildung 19: Vergleich der Gruppen nach Ausbildungsstand im Post-Test in der Aufgabenbewältigung**

Dargestellt ist ein Boxplot, in dem die drei Gruppen nach medizinischem Ausbildungsstand (D = Studenten, E = Assistenzärzte, F = Fachärzte) im Post-Test in der Aufgabenbewältigung verglichen werden.

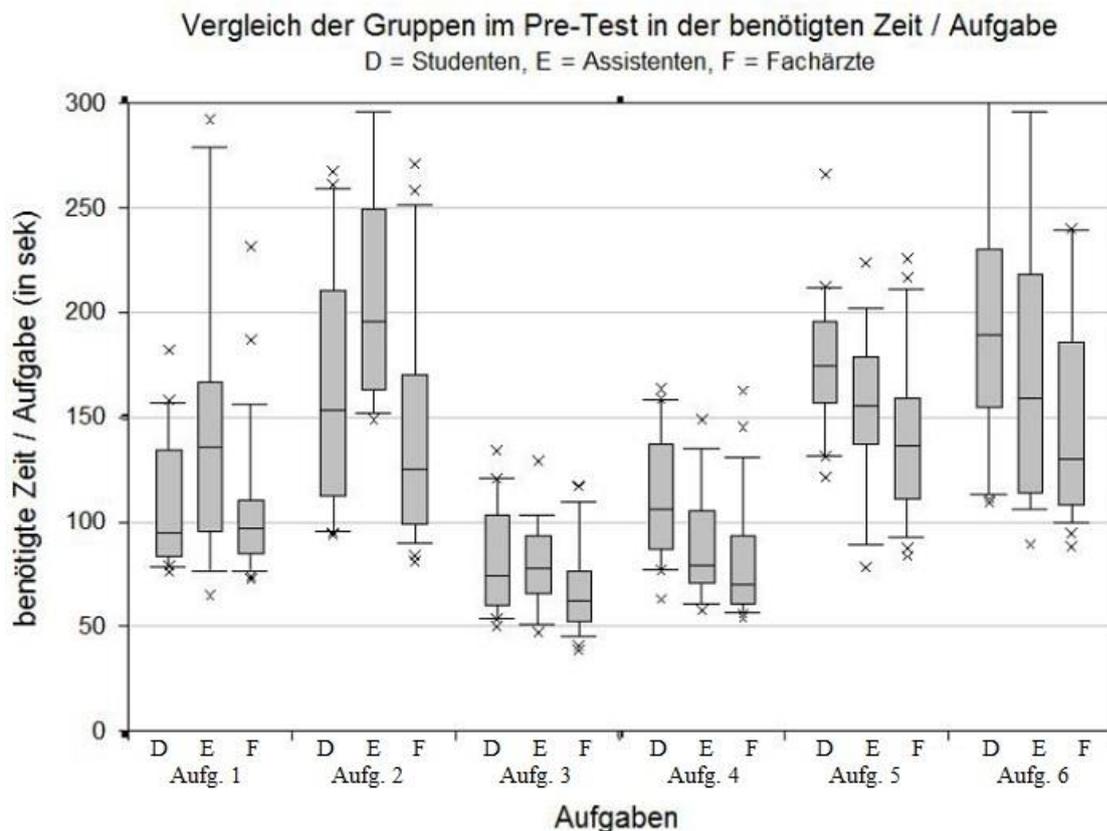
Im 2. Durchgang fällt insbesondere bei den Studenten ein hoher Fortschritt im Test auf, bis auf Aufgabe 8 haben sie in den übrigen Aufgaben die besten Ergebnisse. In den Aufgaben 1 und 9 sind sie mit Signifikanz ( $p < 0,001$ ,  $0,01$ ) besser als die beiden anderen Gruppen, in den Aufgaben 4, 5 und 6 im direkten Vergleich mit den Fachärzten ( $p = 0,04$ ,  $0,03$ ,  $0,04$ ).



**Abbildung 20: Differenz zwischen Pre- und Post-Test nach Ausbildungsstand in der Aufgabenbewältigung**

Diese Abbildung zeigt einen Boxplot, bei dem die Differenz zwischen Pre- und Post-Test (in %-Punkten) bei den Teilnehmern nach medizinischem Ausbildungsstand (D = Studenten, E = Assistenzärzte, F = Fachärzte) in der Aufgabenbewältigung bei den Aufgaben 1 – 9 aufgezeigt wird. Der Vergleich dient den 3 Gruppen gegeneinander, um den größten Lernfortschritt darzulegen.

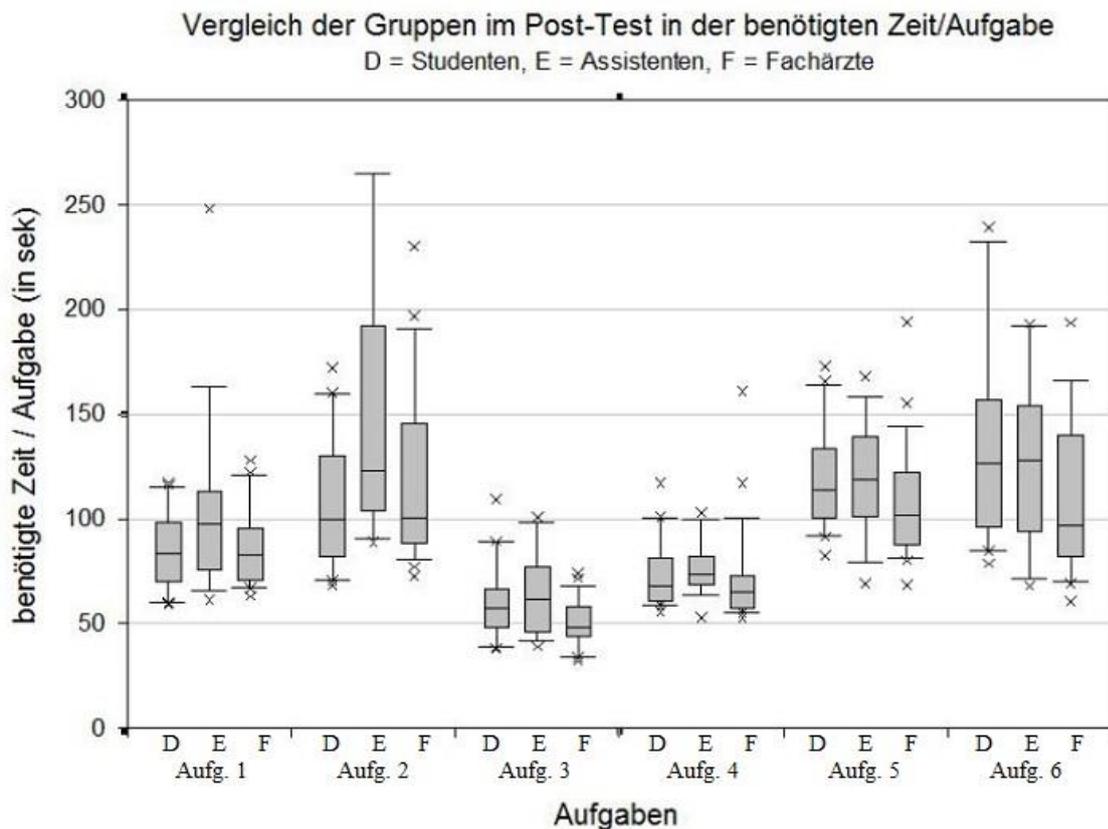
Im 2. Durchgang fällt insbesondere bei den Studenten ein hoher Fortschritt im Test auf, vor allem in den Aufgaben 3, 8 und 9 haben die Studenten einen signifikant höheren Lernerfolg gegenüber den anderen beiden Gruppen ( $p = 0,04, 0,02, 0,02$ ).



**Abbildung 21: Vergleich der Gruppen nach Ausbildungsstand im Pre-Test in der benötigten Zeit / Aufgabe**

Dargestellt ist ein Boxplot, in dem die Teilnehmer nach medizinischem Ausbildungsstand (D = Studenten, E = Assistenzärzte, F = Fachärzte) in der benötigten Zeit / Aufgabe bei den Aufgaben 1–6 im Pre-Test verglichen werden.

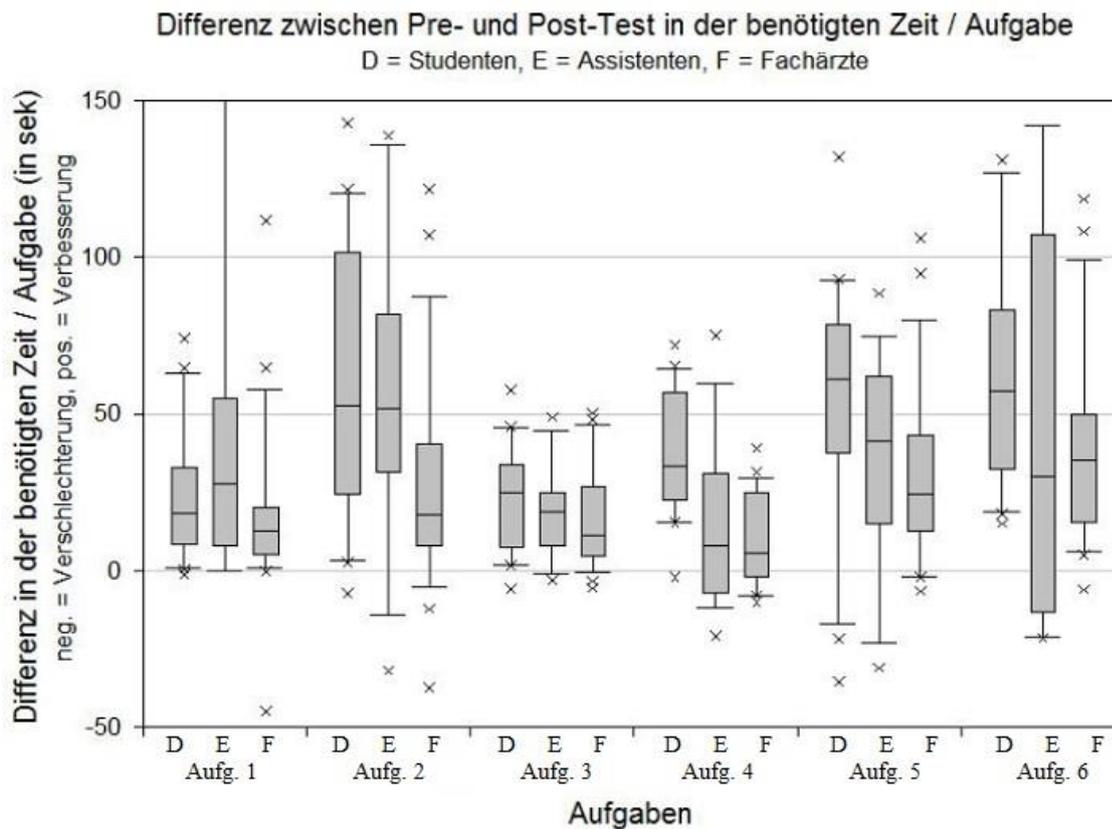
Im 1. Durchgang arbeiten die Fachärzte in den Aufgaben 2 – 6 am schnellsten, in Aufgabe 2 sind sie zusammen mit den Studenten signifikant schneller als Assistenten ( $p = 0,001$ ), in den Aufgaben 4 und 5 wiederum zusammen mit den Assistenten als die Studenten ( $p = 0,002, 0,01$ ), in den Aufgaben 3 und 6 schneller als die Gruppe aus Studenten und Assistenten ( $p = 0,04, 0,02$ ).



**Abbildung 22: Vergleich der Gruppen nach Ausbildungsstand im Post-Test in der benötigten Zeit / Aufgabe**

Diese Abbildung zeigt einen Boxplot, in dem die Teilnehmer nach medizinischem Ausbildungsstand (D = Studenten, E = Assistenzärzte, F = Fachärzte) in der benötigten Zeit / Aufgabe bei den Aufgaben 1 –6 im Post-Test verglichen werden.

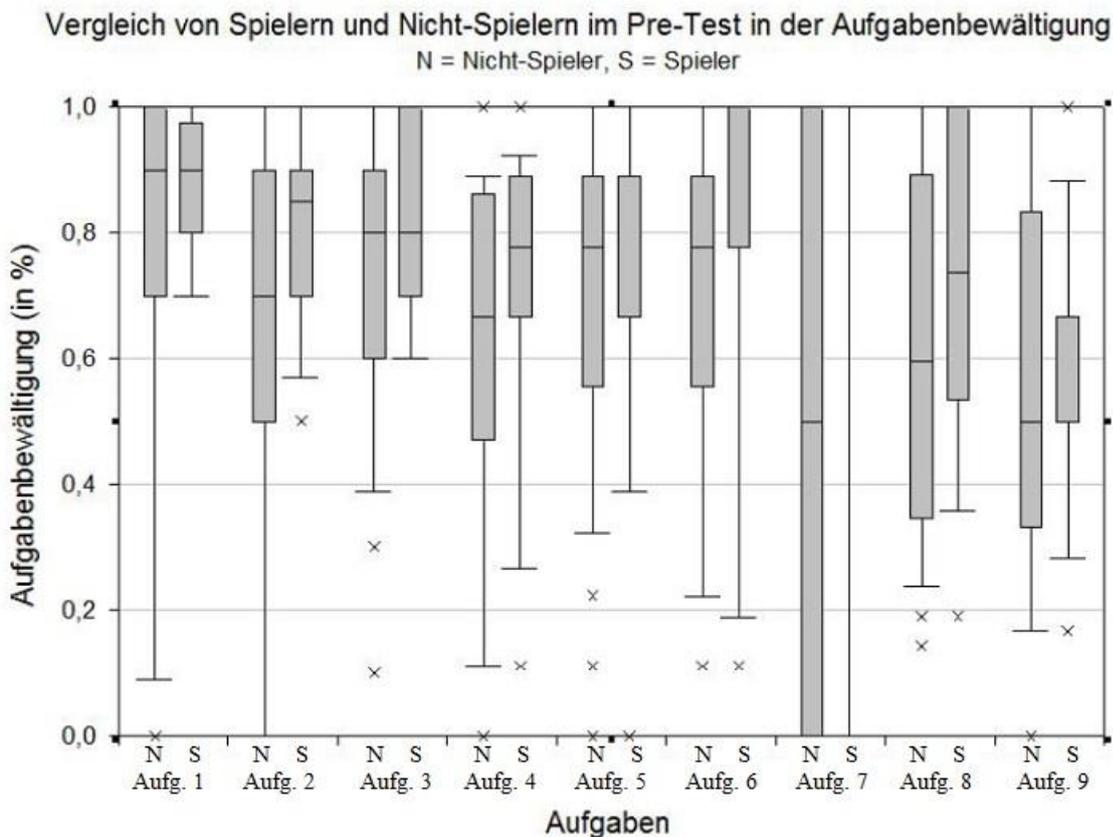
Im 2. Durchgang sind die Fachärzte in Aufgabe 2 mit den Studenten weiterhin schneller als die Assistenten ( $p = 0,03$ ), sowie im Direktvergleich als die Assistenten in Aufgabe 4 ( $p = 0,02$ ), ansonsten nähern sich die Gruppen im Ergebnis einander an.



**Abbildung 23: Differenz zwischen Pre- und Post-Test nach Ausbildungsstand in der benötigten Zeit / Aufgabe**

Dargestellt ist ein Boxplot, bei dem die Differenz zwischen Pre- und Post-Test (in Sek) bei den Teilnehmern nach medizinischem Ausbildungsstand (D = Studenten, E = Assistenzärzte, F = Fachärzte) in der benötigten Zeit / Aufgabe bei den Aufgaben 1 – 6 aufgezeigt wird.

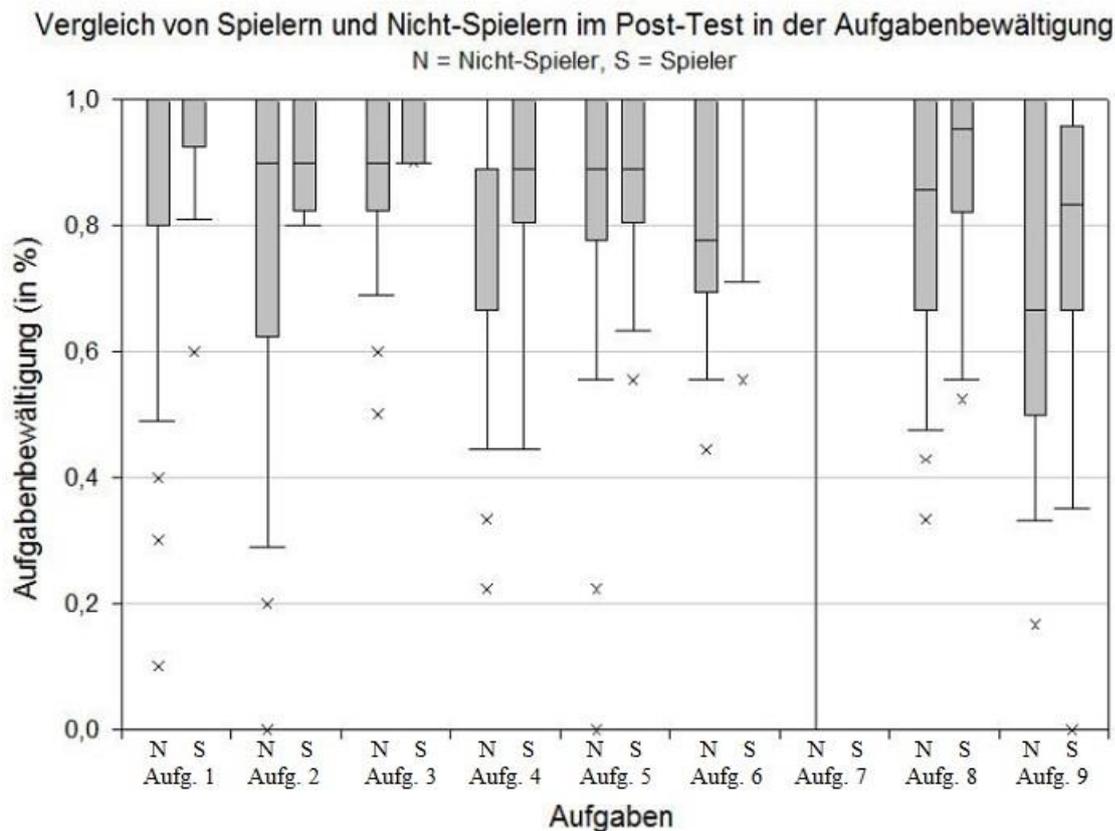
Der größte Lernfortschritt beim Parameter benötigte Zeit / Aufgabe ist bei den Studenten zu sehen, signifikant ist der Unterschied in den Aufgaben 2, 4 und 5 ( $p = 0,01, < 0,001, 0,01$ ). In allen Aufgaben ist ein diagonal absteigender Verlauf von Studenten zu Fachärzten zu sehen.



**Abbildung 24: Vergleich der Gruppen nach Video-Spiel-Erfahrung im Pre-Test in der Aufgabenbewältigung**

Diese Abbildung zeigt einen Boxplot, in dem zwei Gruppen nach Video-Spiel-Erfahrung (N = Nicht-Spieler, S = Spieler) im Pre-Test in der Aufgabenbewältigung gegeneinander verglichen werden.

Die Teilnehmer mit Videospiel-Erfahrung zeigen im 1. Durchgang in allen Aufgaben ein gleich gutes oder besseres Ergebnis. Signifikant ist der Unterschied allerdings nur in Aufgabe 7 (Schneiden), in der die Spieler 88% und die Nicht-Spieler 50% der Aufgabe bewältigten ( $p < 0,01$ ). In den anderen Aufgaben ist der Vorteil lediglich angedeutet.



**Abbildung 25: Vergleich der Gruppen nach Video-Spiel-Erfahrung im Post-Test in der Aufgabenbewältigung**

Dargestellt ist ein Boxplot, in dem zwei Gruppen nach Video-Spiel-Erfahrung ( $N$  = Nicht-Spieler,  $S$  = Spieler) im Post-Test in der Aufgabenbewältigung gegeneinander verglichen werden.

Im 2. Durchgang haben die Video-Spieler sehr gute Ergebnisse erzielt und waren wieder in jeder Aufgabe gleichwertig oder besser, signifikant ist dies jedoch lediglich in Aufgabe 3 und 6. Dort erreichten die Spieler im Median jeweils 100%, die Nicht-Spieler 90% und 78% ( $p = 0,04$  und  $0,01$ ). Ansonsten ist ein möglicher Vorteil vor allem in den schweren Aufgabe 7 – 9 angedeutet, wo die Spieler 100%, 95% und 83% erreichten, die Nicht-Spieler 83%, 86% und 67%.

### 7.3. Fragebogen

#### Simulator-Fragebogen

Name:

Initials:

Age:

Gender: M or F

Dominant Hand: right or Left

#### Medical Degree:

Student

Resident

Specialist

#### Level of Experience:

1. 0-20 Laparoscopic Operation
2. 20-200 Laparoscopic Operation
3. 200- 800 Laparoscopic Operation

Do you play Video Game: Yes No

How often do you play video games (Hours/week)?

0	0-1	1-2	3	>3
---	-----	-----	---	----

#### Assessment Scale:

Pre-training: How do you assess your manual skills?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Post Training: How do you assess your skills?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

## **8. Publikationen**

### **8.1. Publikation**

Mohamed Elessawy, Arne Wewer, Veronika Guenther, Thorsten Heilmann, Christel Eckmann-Scholz, Christian Schem, Nicolai Maass, Karl-Günter Noe, Liselotte Mettler, Ibrahim Alkatout (2017): Validation of psychomotor tasks by Simbionix LAP Mentor simulator and identifying the target group. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, [Epub ahead of print]

## 8.2. Abstract

Präsentation des Themas auf der 131. Tagung der NGGG (Norddeutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e.V.) in Hamburg am 03./04. Juli 2015



UNIVERSITÄTSKLINIKUM  
Schleswig-Holstein, Campus Kiel  
Klinik für Gynäkologie und Geburtshilfe



### Laparoskopische Trainingserfolge in der Gynäkologie: Verbesserung der Lernkurve am virtuellen Simulator für Anfänger und Experten

A. Wewer<sup>1</sup>, M. Elessawy<sup>1</sup>, M. Skrzypczyk<sup>1</sup>, J. Hedderich<sup>2</sup>, N. Maass<sup>1</sup>, I. Alkatout<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klinik für Gynäkologie und Geburtshilfe, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel, Deutschland  
<sup>2</sup>Institut für medizinische Informatik und Statistik, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel, Deutschland

#### Einleitung

Simulatoren haben seit je her ihren Platz in der medizinischen Ausbildung. Diese gestalten sich von Tischmodellen über Tierorgane bis hin zu den modernen Virtuellen-Realitäts-Simulatoren (VRS)<sup>1</sup>. Der Einsatz von VRS nimmt im Hinblick auf die steigenden technischen Anforderungen einen zunehmenden wichtigen Bestandteil in der endoskopischen und laparoskopischen Ausbildung ein.

Einer der meistgenutzten VRS zum Trainieren der laparoskopischen Fertigkeiten ist der Simbionix LAP Mentor<sup>2</sup>. Dieser besteht aus einer zentralen Konsole mit integrierter Kamera sowie zwei Trokaren, in die Instrumente eingeführt und somit laparoskopischen Handgriffe und Bewegungen durchgeführt werden können. Die Bewegungen von Kamera und Instrumenten werden dann auf einen Bildschirm projiziert, auf dem in einem virtuellen Raum gearbeitet werden kann (vgl. Fig 1). Simbionix bietet umfassende Trainingsübungen vom Einstieg mit Basisübungen zum Erlernen der laparoskopischen Grundfähigkeiten bis hin zu komplexen OP-Prozeduren.

#### Material und Methoden

Von Juni 2013 bis April 2014 wurden prospektiv Daten innerhalb der Endoskopie-Schule Kiel von 64 Teilnehmern erhoben. Ein personenbezogener Fragebogen wurde angelegt, durch den u.a. eine weitere Gruppeneinteilung nach laparoskopischer Erfahrung (0-20 Laparoskopien, 20 – 200 Laparoskopien, > 200 Laparoskopien durchgeführt), medizinischem Ausbildungsstand (Student, Assistent, Facharzt) und Videospiel-Erfahrung (Ja/Nein) erfolgte.

Durchgeführt werden neun Basis-Übungen, die in eine spielerische Aufgaben eingebettet sind (vgl. Fig.2). Diese neun Aufgaben können in leicht (A. 1 – 3), mittelschwer (A. 4 – 6) und schwer (A. 7 – 9) abgegrenzt werden. So reichen die Aufgabenstellungen von der Kameraführung über das Clippen bis hin zum Schneiden oder Koagulieren. Vor jeder Übung gibt es eine kurze Zielerklärung, nach der Durchführung eine umfassende Auswertung, die pro Aufgabe bis zu über zwanzig gemessene Parameter umfassen kann. Die Ergebnisse dieser Studie wurden auf drei Werte limitiert: benötigte Zeit (in sek), Trefferquote und Aufgabenbewältigung (in %). Das System speichert diese Auswertungen. Die individuellen Lernerfolge werden durch einen Pre-Test und nach drei Tagen Übung unter Anleitung und Hilfestellung in einem Post-Test miteinander verglichen. Zudem erfolgte der Gruppenvergleich nach laparoskopischer Erfahrung mit der Zielsetzung Ergebnisqualität und Lernkurve gesondert auszuwerten.

Die statistische Bearbeitung erfolgte mit spss. Zunächst konnte mittels Kolmogorov-Smirnov und Shapiro-Wilk keine Normalverteilung der Parameter festgestellt werden, deswegen wurde zur weiteren Testung der Median verwendet. Mit Kruskal-Wallis-Test und Chi-Quadrat wurden p-Werte ermittelt.

#### Ergebnisse

In der Gesamtbetrachtung besteht für so gut wie alle gemessenen Parameter (benötigte Zeit, Trefferquote und Aufgabenbewältigung) eine signifikante Verbesserung zwischen 1. und 2. Durchgang (alle p-Werte > 0,00).



Fig. 1: beispielhafte Darstellung eines virtuellen Laparoskopie-Simulators Simbionix LAP Mentor



Fig. 2: (von oben nach unten) Aufgabe 5: Clippen von Kabeln im markierten Bereich Aufgabe 7: Schneiden eines Kreises Aufgabe 8: Elektrokoagulation eines markierten Kabels

Betrachtet man nun die Gruppen untereinander für die einzelnen Parameter, lassen sich folgende Aussagen treffen: in der benötigten Zeit/Aufgabe gibt es für die einfachen Aufgaben keine eindeutigen Unterschiede, ein signifikanter Unterschied zeigt sich zwischen den Profis (> 200 LAP) und den anderen beiden Gruppen erst in den mittelschweren Aufgaben 4 - 6 im 1. Durchgang.

Auch im 2. Durchgang arbeiten die Profis noch schneller als die anderen, jedoch verschwindet der signifikante Unterschied, da die anderen beiden Gruppen zeitlich deutlich zulegen. In der Trefferquote stellen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen dar.

Bei der Aufgabenbewältigung (vgl. Tab.1) zeigen sich die Profis in den leichten und mittelschweren Aufgaben 1 – 6 im 1. Durchgang zwar besser, allerdings ist der Unterschied nicht signifikant, das wird erst in den anspruchsvolleren Aufgaben 7 und 8 (Schneiden und Elektrokoagulation). Im 2. Durchgang sind die Profis und aber auch die Anfänger (0-20 LAP) in den Aufgaben 1, 2, 7, 8, 9 signifikant besser als die Teilnehmer mit mittlerer Laparoskopie-Erfahrung (20-200 LAP). Die Anfänger machen größere Lernfortschritte als die anderen Gruppen, was sich im Vergleich zu den Profis durch ein niedrigeres Ausgangsniveau erklärt.

Diese Beobachtung zeigte sich auch in einer anderen Gruppeneinteilung nach medizinischen Ausbildungsstand. Dort waren es die Studenten, die größere Lernfortschritte nachweisen konnten als die Assistenz- oder Fachärzte. Hier besteht eine natürliche Korrelation zwischen Ausbildungsstand und laparoskopischer Erfahrung.

Auf die Frage, ob Videospieler besser mit Simulatoren umgehen können als die Nicht-Spieler, zeigt sich zwar in allen Aufgaben ein besseres Abschneiden, jedoch signifikant war der Unterschied nur in drei Aufgaben.

Tabelle 1: Aufgabenbewertung (in %) der Gruppen nach Laparoskopie-Erfahrung (beschränkte Darstellung auf 2 Gruppen)

Durchgang	0 – 20 LAP			> 200 LAP			P-Werte
	Mittelwert (Standardabweichung)	Median (Min, 25. Perz., 75. Perz., Max)	Perz.	Mittelwert (Standardabweichung)	Median (Min, 25. Perz., 75. Perz., Max)	Perz.	
<b>Durchgang 1</b>							
Aufg. 1	0,82 (0,21)	0,9 (0,1; 0,7; 1; 1)		0,89 (0,1)	0,9 (0,7; 0,8; 1; 1)		0,23
Aufg. 2	0,71 (0,25)	0,8 (0,6; 0,6; 0,9; 1)		0,72 (0,19)	0,7 (0,3; 0,6; 0,9; 1)		0,73
Aufg. 3	0,72 (0,2)	0,7 (0,1; 0,6; 0,88; 1)		0,85 (0,17)	0,9 (0,5; 0,75; 1; 1)		0,10
Aufg. 4	0,65 (0,28)	0,67 (0,2; 0,56; 0,89; 1)		0,68 (0,25)	0,78 (0,11; 0,5; 0,89; 0,89)		0,88
Aufg. 5	0,72 (0,25)	0,78 (0,2; 0,67; 0,89; 1)		0,72 (0,27)	0,78 (0,2; 0,56; 0,89; 1)		0,99
Aufg. 6	0,69 (0,25)	0,78 (0,11; 0,56; 0,78; 1)		0,74 (0,33)	0,78 (0,11; 0,56; 1; 1)		0,46
Aufg. 7	0,55 (0,5)	1 (0; 0; 1; 1)		0,82 (0,28)	1 (0; 1; 1; 1)		0,02
Aufg. 8	0,57 (0,28)	0,52 (0,14; 0,3; 0,86; 1)		0,85 (0,15)	0,81 (0,62; 0,71; 1; 1)		0,01
Aufg. 9	0,55 (0,25)	0,5 (0,17; 0,33; 0,67; 1)		0,53 (0,3)	0,5 (0,33; 0,83; 1)		0,79
<b>Verbesserung im 2. Durchgang (neg. Vorzeichen = Verschlechterung)</b>							
Aufg. 1	0,1 (0,18)	0,1 (-0,4; 0,2; 0,5)		0,08 (0,11)	0,1 (-0,1; 0,15; 0,3)		0,78
Aufg. 2	0,11 (0,22)	0,1 (-0,3; -0,07; 0,2; 0,7)		0,22 (0,15)	0,2 (0,0; 0,3; 0,5)		0,11
Aufg. 3	0,17 (0,15)	0,2 (-0,2; 0,1; 0,3; 0,5)		0,05 (0,18)	0,1 (-0,3; -0,05; 0,2; 0,4)		0,11
Aufg. 4	0,2 (0,19)	0,17 (-0,11; 0,03; 0,33; 0,9)		0,1 (0,27)	0,11 (-0,44; -0,06; 0,39)		0,54
Aufg. 5	0,17 (0,18)	0,11 (-0,11; 0,03; 0,22; 0,56)		0,03 (0,29)	0,05 (-0,11; 0,17; 0,67)		0,16
Aufg. 6	0,17 (0,24)	0,22 (-0,44; 0,3; 0,81)		0,13 (0,33)	0,1 (-0,22; -0,11; 0,22; 0,89)		0,27
Aufg. 7	0,42 (0,5)	0 (0; 0; 1; 1)		> 0,00 (0,41)	0 (-1; 0; 0; 1)		0,03
Aufg. 8	0,24 (0,2)	0,28 (-0,1; 0,06; 0,37; 0,78)		0,08 (0,1)	0,05 (0,0; 0,19; 0,29)		0,02
Aufg. 9	0,25 (0,18)	0,33 (0,0; 0,17; 0,33; 0,67)		0,12 (0,34)	0,17 (0,07; -0,17; 0,33; 0,9)		0,17

#### Diskussion und Zusammenfassung

Ein Lernerfolg hat sich für alle Teilnehmer gezeigt. Der Vorteil der Laparoskopie-erfahrenen Benutzer hat sich insbesondere in den komplexeren Aufgaben deutlich herausgestellt, so dass man eine gesicherte Aussage zur Validität des Trainers treffen kann. Insbesondere Neulinge können mit Hilfe der virtuellen Realitäts-Simulatoren viel und unter Anleitung trainieren und so schnell ihren Lernfortschritt vergrößern. So können sie sich mit den Grundsätzen der laparoskopischen Chirurgie zuerst vertraut machen ohne die Patientensicherheit zu gefährden<sup>3</sup>. Weiterhin konnte in randomisiert-kontrollierten Studien gezeigt werden, dass VR-Trainer die realen Operationsfähigkeiten verbessern<sup>4</sup>.

Allein schon ein kurzes voroperatives „Warm-up“ am VR Trainer zeigte bei erfahrenen Laparoskopikern eine Verbesserung der realen Operationsergebnisse<sup>5</sup>. Somit kann der Lernerfolg am Simulator auf den Operationssaal übertragen werden.

Der Vorteil von Videospielen zeigte sich bereits in vorherigen Studien<sup>6</sup> und konnte hier auch im Ansatz gezeigt werden. Vorausschauend zeigt sich anhand der fortschreitenden Technik (u.a. auch 3D und Roboterchirurgie), dass die virtuell erlernbaren Operationsmethoden weiter an Wichtigkeit gewinnen und eine optimierte Patientenversorgung ermöglicht.

#### Literatur

1. Undre, S. and A. Darzi (2007), "Laparoscopy simulators." *Journal of Endourology* 21(3): 274-279.
2. Lucas, S. M., I. S. Zeltzer, K. Bensalah, A. Tuncel, A. Jenkins, M. S. Pearle and J. A. Cadedo (2008), "Training on a virtual reality laparoscopic simulator improves performance of an unfamiliar live laparoscopic procedure." *The Journal of Urology* 180(5): 2568-2571.
3. Ganai, S., J. A. Donroe, M. R. St Louis, G. M. Lewis and N. E. Seymour (2007), "Virtual-reality training improves angled telescope skills in novice laparoscopists." *The American Journal of Surgery* 193(2): 250-255.
4. Seymour, N. E., A. G. Gallagher, S. A. Roman, M. K. O'Brien, V. K. Bansal, D. K. Andersen and R. M. Satava (2002), "Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study." *Annals of Surgery* 236(4): 458-463; discussion 463-454.
5. Calatayud, D., S. Arora, R. Aggarwal, I. Kruglikova, S. Schulze, P. Funch-Jensen and T. Grancharov (2010), "Warm-up in a virtual reality environment improves performance in the operating room." *Annals of Surgery* 251(6): 1181-1185.
6. Grancharov, T. P., L. Bedtram, P. Funch-Jensen and J. Rosenborg (2003), "Impact of hand dominance, gender, and experience with computer games on performance in virtual reality laparoscopy." *Surgical Endoscopy* 17(7): 1082-1088.

## 9. Danksagung

Hiermit möchte ich bei allen herzlichen bedanken, die mich während der gesamten Promotionsarbeit unterstützt haben. Besonderer Dank gilt dem Direktor der Universitätsfrauenklinik Prof. Dr. med. Walter Jonat und seinem Nachfolger Prof. Dr. med. Nicolai Maass, seit 2015 Direktor der Universitätsfrauenklinik, für die Überlassung des interessanten Themas und für die Ermöglichung dieser Arbeit. Besonders bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Privatdozent Dr. med. Ibrahim Alkatout, M.A., Oberarzt der Klinik und Leiter der „Kiel School of Gynaecological Endoscopy“, der mit mir das Thema der Promotionsarbeit entwickelt hat, mich wissenschaftlich betreute, mir alle Möglichkeiten der Kiel School of Gynaecological Endoscopy zu Verfügung stellte, mich in das Team integrierte, jederzeit ein offenes Ohr hatte und mich trotz häufiger Rückschläge anspornte und stetig motivierte. Dank seines enormen Engagements konnte ich meine Ergebnisse sowohl als Poster auf einem Kongress als auch als Originalarbeit in einer anerkannten wissenschaftlichen fachübergreifenden Zeitschrift publizieren.

Weiterer Dank gilt Herrn Dr. med. Mohamed Elessawy für die Unterstützung und Beratung bei der Bearbeitung der Arbeit. Zudem danke ich Herrn Gunther Glier und der Firma „Johnson & Johnson Medical GmbH“ in Norderstedt, die mir den Symbionix LAP Mentor für diese Arbeit kostenfrei zur Verfügung gestellt haben.

Darüber hinaus möchte ich Dawn Rüther und Birte Schollmeyer (Office Management der Kiel School of Gynaecological Endoscopy) danken, die mir während der Datenerhebung bei Fragen und Wünschen stets geholfen haben. Zudem bedanke ich mich bei Vincent Beysang von der Firma KARL STORZ, der mich bei der Bedienung und bei Fragen zu den Endoskopiesystemen sehr unterstützt hat.

Ausdrücklich danke ich auch Herrn Jürgen Hedderich vom Institut für medizinische Informatik und Statistik für seine Geduld und fachliche Hilfe.

Mein besonderer Dank gilt allen Gastärzten und Studenten, die sich freundlicherweise als Teilnehmer für mein wissenschaftliches Projekt zu Verfügung gestellt haben.

Mein Dank gilt nicht zuletzt meiner Familie, die mir auf allen Wegen fortwährend zur Seite stand und mein Studium und diese Arbeit erst möglich machten.

## 10. Lebenslauf

### **PERSÖNLICHE ANGABEN**

---

Geburtstag:	03.11.1986
Geburtsort:	Cloppenburg
Familienstand:	ledig
Nationalität:	deutsch
Eltern:	Dr. med. Michael Sander-Wewer, Facharzt für Allgemeinmedizin und Palliativmedizin  Dr. med. Petra Wewer, Fachärztin für Allgemeinmedizin und Naturheilkunde

### **SCHULBILDUNG**

---

1990 - 1994	Grundschule in Peheim
1995 - 2001	Gymnasium Liebfrauenschule Cloppenburg
2002 - 2006	Oberstufe Fachgymnasium für Wirtschaft "Berufsbildende Schule am Museumsdorf" Cloppenburg  Prüfungsfächer: Mathematik, Betriebswirtschaftslehre mit Rechnungswesen und Controlling, Informationsverarbeitung, Englisch

### **HOCHSCHULSTUDIUM**

---

2006 - 2008	Grundstudium Rechtswissenschaften/Jura mit bestandener Zwischen- prüfung an der Universität Osnabrück
2008 - 2011	Studium der Humanmedizin, Vorklinik an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
2011	1. Staatsexamen: Physikum
2011 - 2015	Humanmedizin, Klinischer Abschnitt an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
2014	2. Staatsexamen
26.06.2015	3. Staatsexamen - Erlangen der Approbation

### **FAMULATUREN**

---

2011	Innere Medizin, St. Josefs Hospital Cloppenburg
2012	Neurologie, Christliches Krankenhaus Quakenbrück
2012	Allgemeinmedizin, Dr. med. Sander-Wewer, Peheim

2012	Chirurgie, F. Gensigk, Facharzt für Chirurgie, Cloppenburg
2013	Chirurgie, Katholische Kliniken Oldenburger Münsterland, Cloppenburg
2013	Allgemeinmedizin, Dr. med. Sander-Wewer, Peheim

## **PRAKTISCHES JAHR**

---

2014 - 2015	1. Orthopädie und Unfallchirurgie an der Universitätsklinik Kiel
	2. Chirurgie im Klinikum Leer, Lehrkrankenhaus der Medizinischen Hochschule Hannover
	3. Innere Medizin im Klinikum Oldenburg, European Medical School

## **WISSENSCHAFTLICHE TÄTIGKEIT**

---

Promotion (2013 – 2017):

Klinik für Gynäkologie und Geburtshilfe am UKSH (Leitung: PD I. Alkatout) zum Thema:

„Laparoskopische Trainingserfolge in der Gynäkologie: Verbesserung der Lernkurve am virtuellen Simulator für Anfänger und Experten“

Publikationen:

- Abstract: Poster-Vortrag auf der 131. Tagung der NGGG (Norddeutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e.V.) in Hamburg 03./04.07.2015 mit dem Thema „Laparoskopische Trainingserfolge in der Gynäkologie: Verbesserung der Lernkurve am virtuellen Simulator für Anfänger und Experten“
- Mohamed Elessawy, Arne Wewer, Veronika Guenther, Thorsten Heilmann, Christel Eckmann-Scholz, Christian Schem, Nicolai Maass, Karl-Günter Noe, Liselotte Mettler, Ibrahim Alkatout (2017): Validation of psychomotor tasks by Symbionix LAP Mentor simulator and identifying the target group. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, [Epub ahead of print]

## **WEITERBILDUNG/FORTBILDUNGEN**

---

07/2015 - 12/2015	6-Monatige Weiterbildung im Bereich Allgemeinmedizin, Praxis Dr. med. Wewer, Vrees
09 - 10/2015	Basis-Fortbildungskurs Palliativmedizin
seit 01.01.2016	Weiterbildung in der Inneren Medizin, Ammerland Klinik GmbH, Westerstede