

**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**

**Laparoskopisches Training in der Gynäkologie von Anfängern und Experten:  
Selbsteinschätzung und direkter Vergleich von 2D und 3D an objektivierbaren  
Operationsschritten**

Inauguraldissertation  
zur  
Erlangung der Doktorwürde  
der Medizinischen Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von  
Johannes Spille  
aus Cloppenburg

Kiel, 2017

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Ibrahim Alkatout
2. Berichterstatter: Prof. Dr. Jan-Hendrik Egberts

Tag der mündlichen Prüfung: 08.03.2018

Zum Druck genehmigt

Kiel, den 08.03.2018

Promotionskommission der Sektion Medizin

**I. Inhaltsverzeichnis**

<b>I. Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Fragestellung.....</b>	<b>5</b>
<b>3. Material und Methoden .....</b>	<b>6</b>
3.1 Material .....	6
3.2 Methoden .....	7
3.2.1 Probanden und Daten.....	7
3.2.2 Aufgabendurchführung.....	7
3.2.2.1 Aufgabe 1: Einfaches Handling .....	8
3.2.2.2 Aufgabe 2: Tiefensimulation.....	8
3.2.2.3 Aufgabe 3: Scheidenverschluss mit Prolapsprophylaxe .....	9
3.2.2.4 Aufgabe 4: Sakrokolpopexie.....	10
3.2.3 Methoden der Datenerhebung .....	10
3.2.4 Evaluationsbogen .....	11
3.2.5 Verifizierung und Validierung der Datenerhebung .....	12
3.2.6 Statistische Datenanalyse .....	13
<b>4. Ergebnisse .....</b>	<b>15</b>
4.1 Aufgabe 1: Einfaches Handling .....	15
4.2 Aufgabe 2: Tiefensimulation .....	16
4.3 Aufgabe 3: Scheidenverschluss mit Prolapsprophylaxe .....	18
4.4 Aufgabe 4: Sakrokolpopexie .....	19
4.5 Einfluss operativer Kenntnisse auf die beiden Endoskopiesysteme .....	20

4.6 Die hypothetische Entscheidung aller Teilnehmer für ein Endoskopiesystem.....	22
4.7 Subjektive Verbesserungen der endoskopischen Fertigkeiten.....	23
<b>5. Diskussion .....</b>	<b>25</b>
5.1 Effizienz, Schnelligkeit, Bedienfreundlichkeit und Handling in 3D .....	25
5.2 Profiteure der 3D-Endoskopie .....	27
5.3 Einfluss der operativen Vorkenntnisse .....	28
5.4 Entscheidung für ein Endoskopiesystem und subjektive Verbesserung .....	29
5.5 Ein Vergleich der Operationssimulationen mit der Realität .....	29
5.6 Kosten .....	31
5.7 Das weitere Entwicklungspotenzial der Endoskopie .....	31
5.8 Limitationen.....	32
5.9 Fazit.....	33
<b>II. Zusammenfassung.....</b>	<b>34</b>
<b>III. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>35</b>
<b>IV. Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>45</b>
<b>V. Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>50</b>
<b>VI. Anhang.....</b>	<b>54</b>
1. Tabellen.....	54
2. Abbildungen.....	81
3. Fragebogen.....	102
<b>VII. Danksagung.....</b>	<b>106</b>
<b>VIII. Lebenslauf .....</b>	<b>107</b>

<b>IX. Publikationen</b> .....	109
1. Publikation .....	109
2. Abstract .....	110

## 1. Einleitung

Der Ursprung der endoskopischen Untersuchungsmöglichkeiten geht bis in das 5. Jahrhundert vor Christus zurück. Hippokrates (460-377 v. Chr.) gilt als Pionier der modernen Endoskopie und visualisierte zum ersten Mal mit Hilfe eines Spekulum das Rektum und die Vagina (Antoniou et al. 2012). Auf dieser Basis versuchten sich verschiedenste Ärzte in den folgenden Jahrhunderten an Erneuerungen. Letztendlich war es der Deutsche Philipp Bozzini (1773-1809), der – anfangs für seine „Zauberlaterne“ verspottet – die Endoskopie revolutionierte. Seine Erfindung, bestehend aus Lichtquelle, reflektierenden Spiegeln und Untersuchungsstück, verwendete – in leicht abgewandelter Form – der französische Urologe Antoine Jean Desormeaux (1815-1894), dem es dadurch als erstem gelang, pathologische Veränderungen im Urogenitaltrakt zu entfernen (Abd-El-Barr et al. 2013). Die erste Laparoskopie führte Georg Kelling (1866-1945) am 23. September 1901 auf dem 73ten Treffen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte an einem Hund durch. Er bezeichnete diese Ausführung als „coelioscopy“ (Schollmeyer et al. 2007).

Die Endoskopie, wie wir sie heute kennen, wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts entwickelt. Der Berliner Gastroenterologe Heinz Kalk (1895-1973) konstruierte eine 135°-Optik und ein Trokarsystem, mit welchem er Bauchspiegelungen und später auch Milz- und Leberbiopsien durchführen konnte (Litynski 1997). Der Durchbruch gelang dem Kieler Ordinarius der Klinik für Gynäkologie und Geburtshilfe Kurt Semm (1927-2003), der durch seinen Eifer und seinen Visionen einen großen Beitrag zur minimal-invasiven Operationstechnik leistete. Als Facharzt der Gynäkologie führte er die erste laparoskopische Appendektomie durch und gab der Endoskopie somit den nötigen Anstoß zum heutigen Goldstandard zahlreicher Operationen zu werden, obgleich ihr wertvoller Nutzen erst in den Neunzigern fächerübergreifend positive Resonanz fand (Antoniou et al. 2015).

Die Fortschritte in den vergangenen Jahrzehnten ermöglichen heutzutage patientenschonendere Operationen. So konnte sich die diagnostische und operative Laparoskopie, die von Kurt Semm als Pelviskopie bezeichnet wurde, in allen operativen Fächern durchsetzen, da sie gegenüber den konventionellen Operationsverfahren minimal-invasiv ist, häufig eine kürzere Operationszeit ermöglicht, mit einem geringeren Blutverlust verbunden ist, Kosten spart, den Krankenhausaufenthalt des Patienten verkürzt, eine geringere postoperative Analgesie erfordert und das Risiko von Verwachsungen verringert (Alkatout et al. 2011; Alkatout et al. 2014; De Gouveia De Sa et al. 2016; Leite et al. 2016). Entsprechend

ist die Entwicklung der Endoskopie einer der wesentlichen industriellen und klinischen Forschungsschwerpunkte geblieben. Die laparoskopische Chirurgie war jedoch bisher mit einigen Schwierigkeiten gegenüber der offenen Chirurgie behaftet, vor allem, weil die Operateure in einem dreidimensionalen Raum arbeiten müssen, der bis vor Kurzem nur in 2D wiedergegeben werden konnte, was mit einem Verlust an Tiefenwahrnehmung einhergeht. Darüber hinaus sind die Freiheitsgrade während der Laparoskopie (vier) gegenüber der offenen Chirurgie (sieben) verringert, die Lernkurve der minimal-invasiven Chirurgie ist signifikant verlängert, die Hand-Augen-Koordination herausfordernder, die Instrumentenhandhabung schwieriger und das Sichtfeld minimiert. Dies vor allem, da die verschlossene Bauchdecke über ein aufwendiges Optiksistem überwunden werden muss, obgleich Operateur und Zielorgan durch verlängerte Instrumente direkt miteinander verbunden sind (Nickel et al. 2015). Um unter anderem diesen Problemen des endoskopischen Operierens zu begegnen und die vielen Vorteile der Laparoskopie – wie die bessere Darstellung des Operationsfeldes, der visuellen Tiefenwahrnehmung, der Nahaufnahme des jeweiligen Operationsgebietes auch in schlecht zugänglichen anatomischen Regionen – im operativen Alltag optimal nutzen zu können, wurde die 3D-Bildgebung für die Endoskopie entwickelt (Sorensen et al. 2016; Alkatout et al. 2016).

Die Weiterentwicklung der Bildwiedergabe in 3D und ihr Impact für die operative Medizin stellen einen Hauptbereich dieser Promotionsarbeit dar. Im April 1992 entwickelte das Kernforschungszentrum Karlsruhe das erste 3D-Videosystem für die Endoskopie. Diese Neuerung wurde in Tierversuchen getestet und in laparoskopischen Cholezystektomien angewandt. Es zeigte sich eine deutliche Erleichterung der komplexen chirurgischen Vorgänge wie der Mobilisierung von Organen, der Tiefenwahrnehmung und der Nahttechnik (Becker et al. 1993).

Ein weiterer innovativer Schritt zur realistischen, wirklichkeitsgetreuen 3D-Darstellung gelang der Firma von Karl Storz (1911 – 1996), der Karl Storz GmbH & Co. KG, die unter anderem mit dem ENDOCAMELEON-Laparoskop einen Blickwinkel zwischen 0° und 120° ermöglicht (Mettler et al. 2013). Trotz der ersten Schritte zur dreidimensionalen Endoskopie bereits in den Neunzigerjahren hat sich diese Ausrüstung noch nicht als Standard in den Krankenhäusern durchgesetzt. Damals waren die technischen und ergonomischen Nachteile der 3D-Monitore sowie die hohen Kosten ausschlaggebend. Derzeit sind die 3D-Monitore viel anspruchsvoller und bieten eine High-Definition-Auflösung, werden jedoch auf Grund des extremen Kontrastes der endoskopischen Bilder immer noch ständigen Optimierungsansätzen

unterworfen (Kunert et al. 2013). Ein weiteres großes Problem in der 3D-Darstellung ist die Notwendigkeit einer hohen Computerrechenleistung. Die Spiegelungen, die Farbdarstellungen und die Bewegungen erschweren eine Visualisierung in Echtzeit, die für Operationen unabdingbar ist (Field et al. 2009).

Nichtsdestotrotz entwickelt sich diese Technik rasant und bietet bereits zahlreiche Vorteile gegenüber der herkömmlichen 2D-Darstellung. Eine Versuchsreihe in Thailand, die explizit high-end-2D- mit 3D-Darstellungen verglichen hat, ergab, dass die Probanden unter anderem in der Ausführung der Naht deutlich schneller gewesen sind. Zudem gaben die Probanden an, dass sie am 3D-Monitor gut in Bezug auf Kontrast, Helligkeit, der Wahrnehmung der Position der Nadel und der Nadeleinstellung während der Laparoskopie arbeiten konnten (Uemura et al. 2015). Zudem bietet die 3D-Bildgebung bereits einen erheblichen Vorteil in der Lehre der endoskopischen Fertigkeiten (Votanopoulos et al. 2008). Mit der neuen Generation der 3D-HD-Ansicht kann die Betriebszeit und die Zeit zum Erlernen endoskopischer Fertigkeiten reduziert und die Anzahl an Verfahrensfehlern sowohl für Anfänger als auch für erfahrene Chirurgen minimiert werden. Dies gelingt unter anderem durch das stereoskopische Sehen, welches feine endoskopische Arbeiten wie die Nadelführung oder die räumliche Trennung signifikant erleichtert. Oft an der 3D-Wiedergabe bemängelte Probleme wie Kopfschmerzen, Ermüdung der Augen oder auch Übelkeit treten mittlerweile nicht häufiger als mit der 2D-Darstellung auf. Negative Aspekte sind noch die Verpflichtung zum Tragen einer 3D-Brille, die Kosten und teils große und schwere Kamerasonden (Usta et al. 2015a). Es befinden sich allerdings bereits brillenfreie Endoskopiesysteme in der Entwicklung, die in den ersten Tests in ihrem operativen Nutzen positive Resonanz fanden und von den Probanden gegenüber der herkömmlichen 2D-Optik befürwortet wurden (Khoshabeh et al. 2012).

Jüngste Studien zeigen, dass die Nebeneffekte der 3D-Laparoskopie mit der neuesten Technologie stets weniger geworden sind und dass die 3D-Ansicht in der medizinischen Ausbildung von großem Nutzen sein kann (Agrusa et al. 2016). Laparoskopische Trainingssimulationen nehmen dabei eine bedeutende Rolle ein, da die Patientensicherheit deutlich gesteigert werden kann, wenn die Chirurgen vor operativen Eingriffen an verschiedensten Laparoskopiesimulatoren ihre endoskopischen Fertigkeiten trainierten (Undre et al. 2007). Die Lernkurve ist dabei in der 3D-Endoskopie steiler als in der 2D-Endoskopie und ermöglicht somit das Erlernen endoskopischer Fähigkeiten in einem kürzeren Zeitraum (Ashraf et al. 2015). Derartige Trainingsoptionen – wie das Lernen der Endoskopie an Pelvi-Trainern in stressfreien Umgebungen und das Vertiefen der erworbenen laparoskopischen

Fertigkeiten – sind von großem Wert (Buchs et al. 2013b), da die simulierten Fähigkeiten in den Operationssaal übernommen, die psychische Arbeitsbelastungen reduziert und die Leistungen unerfahrener Chirurgen verbessert werden können (Gomez-Gomez et al. 2015; Kinoshita et al. 2015). Diese Promotionsarbeit soll die Durchführbarkeit eines endoskopischen 2D- und 3D-Trainings zeigen und den Nutzen sowie den Trainingseffekt auch für ein nur kurzes Training an endoskopischen Operationssimulationen wiedergeben. Ebenso sollen die Vorteile der 3D-Endoskopie gegenüber der herkömmlichen Endoskopie hervorgehoben werden. Diesbezüglich soll dargelegt werden, in wie weit die Laparoskopie bereits im Hinblick auf ihre räumliche Wiedergabe verbessert wurde, dass sowohl unerfahrene als auch erfahrene Chirurgen profitieren. Für Ärzte in leitender Funktion erscheint diese Trainingsmöglichkeit oft zu kostenaufwändig zu sein. Eine derartige Einstellung gilt es zu beheben (Mettler et al. 2011), schließlich besteht das Interesse zukünftig mit der 3D-Endoskopie vermehrt zu arbeiten (Buchs et al. 2013a) und in der Theorie ist die Endoskopie in 3D der in 2D überlegen (Wilhelm et al. 2014).

## 2. Fragestellung

Die Promotionsarbeit verfolgt das Ziel anhand ausgewählter und nach Schwierigkeit gestaffelter endoskopischer Übungen am Pelvi-Trainer einen Unterschied in der Effizienz, Schnelligkeit, Umgangs- und Bedienfreundlichkeit zwischen dem Arbeiten mit 2D und dem Arbeiten mit 3D herauszustellen. Dies soll mit der Beantwortung folgender Fragestellungen erreicht werden:

1. Ist das 3D-System effizienter, schneller, umgangsfreundlicher und einfacher zu bedienen als das 2D-System? Eine Auswertung anhand der subjektiven Einschätzung der Probanden, sowie anhand der objektiv erhobenen Daten einzelner nach Schwierigkeit gestaffelter endoskopischer Aufgaben.
2. Stimmen die subjektiven Einschätzungen mit den individuellen Leistungen der jeweiligen Übungen überein?
3. Die Operateure welchen Ausbildungsgrades profitieren am stärksten von dem 3D-System? Bietet das 3D-System objektivierbare Vorteile in Abhängigkeit des Schwierigkeitsgrades der Aufgabe?
4. Welchen Einfluss übt die operative Erfahrung auf das Ergebnis der einzelnen Übungen aus?
5. Für welches Operationssystem würden sich die jeweiligen Probanden nach der Ausführung der jeweiligen Übungen entscheiden? Ist eine Korrelation zu den erhobenen Daten am entsprechenden Endoskopiesystem (2D/3D) erkennbar?
6. In wie weit haben sich die endoskopischen Fertigkeiten nach dem Ausführen der Aufgaben subjektiv verändert?

### 3. Material und Methoden

#### 3.1 Material

Die Probanden trainierten an Pelvi-Trainern mit einem Instrumentensatz der Firma „KARL STORZ GmbH & Co. KG“ (Sitz in Tuttlingen). Dieser bestand aus CLICKLINE Instrumenten, die alle einen Durchmesser von fünf Millimeter hatten. Das Trainingsinstrumentarium setzte sich wie folgt zusammen:

- Eine Präparier- und Faszange nach Kelly (beide Maulteile beweglich, lang) (vgl. **Abbildung 1**, Anhang)
- Eine Faszange nach Manhes (vgl. **Abbildung 2**, Anhang)
- Eine Faszange, gefenstert (vgl. **Abbildung 3**, Anhang)
- Eine Schere nach Metzenbaum (vgl. **Abbildung 4**, Anhang)
- Jeweils ein Makro-Nadelhalter nach Koh mit dem Maulteil nach links bzw. rechts gebogen (mit Hartmetalleinsatz und ergonomischem Pistolenhandgriff mit abschaltbarer Raste, Rastenposition links bzw. rechts) (vgl. **Abbildung 5**, Anhang)
- Ein Makro-Nadelhalter nach Koh mit dem Maulteil gerade (mit Hartmetalleinsatz und ergonomischem, geradem Handgriff mit abschaltbarer Raste, Rastenposition rechts)
- Zwei Trokare mit stumpfer Spitze, Ø 5mm
- Ein Trokar nach Scarfi, Ø 10mm
- Ein Pelvi-Trainer (Laparoskopie-Trainer nach Szabo-Berci-Sackier) (vgl. **Abbildung 6**, Anhang)

Die einzelnen Übungen wurden zum einen in 2-Full-HD dargestellt. Hierzu stand folgendes Endoskopiesystem der Firma „KARL STORZ GmbH & Co. KG“ zur Verfügung (vgl. **Abbildung 7**, Anhang):

- Ein Karl Storz NDS WideView HD 26" Monitor mit LED-Backlight (16:10)
- Ein IMAGE 1 HUB™ HD (für die Kamera zur Darstellung in HD)
- Eine Kamera (IMAGE1 H3-Z FULL-HD-Kamerakopf mit dem HOPKINS Straight Forward Telescope 0°)
- Eine Lichtquelle (Cold Light Fountain Xenon 300 Watt)
- Ein Lichtkabel (Fiberglas-Lichtkabel, 250cm, Ø 4,8mm)

Zum anderen stand ein 3D-SPIES-System der Firma „KARL STORZ GmbH & Co. KG“ zur Verfügung (vgl. **Abbildung 8**, Anhang):

- Ein 32“ 3D-Monitor Panasonic EJ-MDA32E-K
- Ein KARL STORZ IMAGE1 SPIES™-System aus IMAGE 1 CONNECT und IMAGE 1 D3-LINK (für die Kamera zur Darstellung in 3D)
- Eine Kamera (TIPCAM1 SPIES™ mit zwei distalen Full-HD-Bildsensoren, Blickrichtung 0°)
- Eine Lichtquelle (Cold Light Fountain Xenon 300 Watt)
- Ein Lichtkabel (Fiberglas-Lichtkabel, 250cm, Ø4,8mm)
- Eine 3D-Polarisationsbrille, passiv

## **3.2 Methoden**

### **3.2.1 Probanden und Daten**

Insgesamt haben 277 Probanden an den Pelvi-Trainern gearbeitet, 183 Frauen und 94 Männer. Das Alter (in Jahren) wurde in vier Gruppen untergliedert: 20-30 (143), 31-40 (76), 41-50 (49), >50 (9). Zudem lag eine Aufteilung in dem jeweiligen Ausbildungsstand vor: Student (123), Assistenzarzt (38) und Facharzt (116). Zur soziodemographischen Datenanalyse wurden Unterteilungen der Probanden in Bezug auf deren Geschlecht und Alter durchgeführt (vgl. **Tabelle 1**, Anhang). Des Weiteren wurde eine Aufteilung in endoskopische Operationsstunden pro Woche unternommen (vgl. **Tabelle 2**, Anhang).

Je nach beruflicher Erfahrung starteten die Probanden mit einer Übung, die auf die jeweiligen endoskopischen Fertigkeiten zugeschnitten war. So haben die Studenten in der Regel mit der einfachsten Aufgabe begonnen, während Assistenzärzte und Fachärzte mit einer anspruchsvolleren angingen.

Alle Daten wurden über einen Zeitraum von ungefähr anderthalb Jahren erhoben (Juni 2014 bis November 2015). Die Probanden sind gemeinsam mit der „Kiel School of Gynaecological Endoscopy“ während deren Fortbildungsveranstaltungen und durch Studentenkurse im achten und zehnten Semester sowie im Praktischen Jahr in der Universitätsfrauenklinik des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Kiel, generiert worden.

### **3.2.2 Aufgabendurchführung**

Zu Beginn der endoskopischen Arbeiten erhielt jeder Proband eine Unterweisung in der Ausführung der Übungen und in das Instrumentarium – falls noch keine oder nur wenig Erfahrungen diesbezüglich bestanden. Wenn sich während der Arbeiten Fragen oder

Unklarheiten in der Ausführung ergaben, wurden diese beantwortet. Jeder Proband endoskopierte eigenständig, die Kameras konnten mit einer Feststellvorrichtung am Pelvi-Trainer fixiert werden. Nach den Übungen wurde die Zeit und das Ergebnis der Übungen mitgeteilt. Ob der Proband mit dem 2D- oder mit dem 3D-Gerät anfang, war willkürlich. Von Bedeutung war, dass die Durchführung der praktischen Aufgaben an dem jeweiligen Gerät (2D oder 3D) an unterschiedlichen Tagen stattfand, sodass sich zwischen den beiden Durchgängen ein freies zeitliches Intervall befand. Die Kurse waren auf drei bis fünf Tage zeitlich beschränkt.

### **3.2.2.1 Aufgabe 1: Einfaches Handling**

Für die erste Übung standen zwei Nadelkissen zur Verfügung, die nebeneinander im Pelvi-Trainer aufgestellt und nicht fixiert, sondern frei beweglich waren. Das auf der linken Seite enthielt aufgereiht fünf Stecknadeln. Diese waren in etwa zur Hälfte in das Nadelkissen vorgeschoben. Die Probanden verwendeten für diese Aufgabe die Makro-Nadelhalter nach Koh, deren Maulteile nach links bzw. rechts gebogen sind. Mit einem Makro-Nadelhalter wurden die Nadeln gegriffen, mit dem anderen die Nadelkissen stabilisiert, sodass diese nicht verrutschten. Die erste Aufgabe war bestanden und die Zeit wurde gestoppt, wenn alle fünf Stecknadeln in das rechte Nadelkissen übertragen worden sind (vgl. **Abbildung 9**, Anhang).

### **3.2.2.2 Aufgabe 2: Tiefensimulation**

Die zweite Trainingseinrichtung bestand aus einem 1-Liter-Einmachglas, in dem eine Luftpolsterfolie in der Tiefe gelegt war, welche in etwa die Größe DIN-A5 hatte. Auf dieser waren zwei stets gleiche Muster mit einem roten Edding-Stift markiert. Das erste bestand aus acht Punkten, das zweite aus einer Strichfolge von 14 Strichen. Damit das Einmachglas bei der Übung nicht verrutschte, wurde es mit je zwei Schaumstoffpolstern an den Seiten und einem kleinen Tuch auf der Hinterseite des Pelvi-Trainers stabilisiert. Zudem wurde es für ein besseres Handling durch ein weiteres Schaumstoffpolster um ca. 30° in der Diagonale aufgerichtet. Bei dieser Übung handelte es sich um eine Kombination aus Greifen, Schneiden und Arbeiten in der Tiefe. Die Probanden wählten eine Präparier- oder Faszange für die eine Hand und nahmen die Schere nach Metzenbaum in die andere. Nun versuchten sie die Muster mit den Punkten und mit der Strichreihenfolge im 1-Liter-Einmachglas aufzusuchen und die insgesamt 22 markierten Luftpolster aufzuschneiden, sodass diese ihre Luftfüllung verloren. Wenn die Probanden glaubten die Übung beendet zu haben, wurde die Zeit gestoppt und die Folie aus dem Glas genommen um das Ergebnis zu betrachten. Die Anzahl an nicht bzw. an

fälschlicherweise nicht markierten aufgeschnittenen Luftpolstern wurde als Fehler des jeweiligen Musters notiert. Die ersten beiden Aufgaben waren nicht zeitlimitiert (vgl. **Abbildung 10**, Anhang).

### **3.2.2.3 Aufgabe 3: Scheidenverschluss mit Prolapsprophylaxe**

Für die dritte Aufgabe stand eine künstliche Vagina der Firma „ORION Versand GmbH & Co. KG“ zur Verfügung. Diese wurde mit Paketband möglichst realitätsgetreu in einem Kunststoffbecken der Firma „3B Scientific GmbH“ fixiert. Zur Stabilisierung des Beckens dienten an den Seiten jeweils zwei Schaumstoffpolster sowie ein kleines Tuch auf der Hinterseite des Pelvi-Trainers. Die dritte Aufgabe simulierte erstmals einen komplexen Operationsvorgang. Hierbei handelte es sich um den Scheidenverschluss mit Prolapsprophylaxe von Te Linde nach Überarbeitung von van Herendael, der in dieser Form in der Gynäkologie etabliert ist (Alkatout et al. 2014). Bei dieser Aufgabe verwendeten die Probanden die Makro-Nadelhalter nach Koh, deren Maulteile nach links bzw. rechts gebogen sind. Hierbei wurde an den Seiten der künstlichen Vagina zunächst jeweils eine Ecknaht mit Einzelknopfnähten im Sinne einer Omeganahnt durchgeführt. Dabei stachen die Probanden viermal durch die Scheidenwand. Dies bedeutet, sie fingen auf einer Seite kranial an, stachen jeweils zweimal in das Lumen und wieder hinaus und arbeiteten sich während dieser Stichführung nach kaudal vor. Anschließend wurde die Ecknaht durchgeführt. Dadurch wurde die bearbeitete Seite verschlossen. Das zu Beginn der Übung rundliche Lumen wurde nun etwas in die Länge gezogen. Um dieses gänzlich zu verschließen wurde ein weiterer Nadelstich in das Lumen vorgenommen, die Scheidenwand diagonal passiert und eine letzte Einzelknopfnahnt durchgeführt. Der Scheidenverschluss war auf 40:00 Minuten zeitbegrenzt. Bei dieser Übung wurde die Anzahl an „Materialdurchstechungen pro Zeit“ notiert. Für die seitlichen Ecknähte bedeutete dies jeweils vier, für die diagonale Naht zwei „Materialdurchstechungen“. Falls die Zeit abgelaufen war, bevor der Proband eine Einzelknopfnahnt machen konnte, wurde die Anzahl der „Materialdurchstechungen“, die bis dahin durchgeführt wurden, aufgeschrieben (vgl. **Abbildung 11**, Anhang).

Für den dritten und vierten Teil standen den Probanden die Nadeln „2-0 VICRYL ETHICON“ (45 cm) der Firma „Johnson & Johnson Medical GmbH“ zur Verfügung. Diese durften von den Testpersonen vor der Nutzung auf ihre gewünschte Länge gekürzt werden.

#### **3.2.2.4 Aufgabe 4: Sakrokolpopexie**

Das Material für den letzten Aufgabenteil bestand wiederum aus dem Kunststoffbecken der Firma „3B Scientific GmbH“ und einer künstlichen Vagina der Firma „ORION Versand GmbH & Co. KG“, welche ebenso mit Paketband fixiert wurde. Zudem stand das Sakropexienetz „SERATEX A PA MR, 2x19 cm“ der Firma „SERAG-WIESSNER GmbH & Co. KG“ zur Verfügung. Auf der Wirbelsäule des Kunststoffbeckens wurde das blaue Kinesiotape „NASARA Original Kinesiology Tape“ der Firma „MIKROS GmbH“ geklebt, welches das Ligamentum longitudinale anterior simulieren sollte. Bedeckt wurde das Kunststoffbecken mit dem roten Sporttape „Dittmann Body Band 25m“ der Firma „Handelshaus Dittmann GmbH“. Dieses war in etwa auf die Größe DIN-A5 geschnitten und mit Tesafilm am Kunststoffbecken festgeklebt. Hierdurch sollte das Peritoneum des Menschen simuliert werden. Die Sakrokolpopexie stellte die komplexeste Aufgabe dar. Zuerst musste das rote Sporttape („Peritoneum“) der Länge nach durchgeschnitten und dann zur Seite gelegt werden, damit das blaue Kinesiotape („Ligamentum longitudinale anterior“) und die künstliche Vagina dargestellt werden konnten. Für diesen Übungsabschnitt verwendeten die Testpersonen die Schere nach Metzenbaum und eine Präparier- oder Fasszange. Die Probanden erhielten daraufhin das Sakropexienetz und eine Nadel. Das Netz sollte mit zwei Einzelknopfnähten an der künstlichen Vagina fixiert werden. Wenn möglich wurde es mittig platziert. Anschließend wurde das Sakropexienetz am blauen Kinesiotape ebenso mit zwei Einzelknopfnähten auf Höhe des Promontoriums der künstlichen Wirbelsäule fixiert. Für die Naht wurden die Makro-Nadelhalter nach Koh, deren Maulteile nach links bzw. rechts gebogen sind, bevorzugt. Wichtig – und dies stellte den schwierigen Part der Übung dar – war das Annähen des Sakropexienetzes unter Spannung um ein gutes Ergebnis in der simulierten Deszensus-Chirurgie zu erreichen. Diese Aufgabe war auf 40:00 Minuten zeitlimitiert. Für die letzte Übung wurde die Anzahl der „Knoten pro Zeit“ festgehalten. Das Aufschneiden des „Peritoneums“ konnte von allen Probanden beendet werden, sodass dies in der Datenerhebung nicht explizit aufgeführt worden ist (vgl. **Abbildung 12**, Anhang).

#### **3.2.3 Methoden der Datenerhebung**

Bei allen vier Übungen wurden die Zeiten gemessen, bis der Proband ein Zeichen gab fertig zu sein, oder ersichtlich war, dass die Übung beendet worden ist. Anschließend wurde das Ergebnis begutachtet. Wenn möglich wiederholten die Probanden die ausgeführten Übungen an einem anderen Tag mit dem zweiten Endoskopiesystem, damit zuzüglich dem

Datenvergleich aller teilnehmenden Probanden ein individueller Vergleich durchgeführt werden konnte, ob sich der jeweilige Proband verbesserte, verschlechterte oder das gleiche Ergebnis erzielte. Die objektive Datenerfassung wurde für alle vier Übungen unter drei Gesichtspunkten ausgewertet. Zum einen konnte ein grober Überblick über die jeweiligen Mittelwerte aller erzielter Zeiten (Aufgabe 1-4) und der Anzahl der Fehler (Aufgabe 2) sowohl für das 2D- als auch für das 3D-System eine erste Auskunft darüber geben, in welche Richtung sich die Datensammlung entwickelte. Darüber hinaus wurden diese Mittelwerte nur von den Daten der Probanden, die eine Übung an beiden Endoskopiegeräten durchgeführt haben, ermittelt. Im letzten Teil wurden die Ergebnisse von den Teilnehmern, die an beiden Systemen arbeiteten, hinsichtlich Verbesserung, keinem Unterschied und Verschlechterung verglichen. Hierzu wurde neben der Zeit außerdem Bezug auf den Fortschritt der erreichten Fertigstellung der Aufgaben (Aufgabe 3 und 4) genommen. Für einen besseren Überblick der einzelnen Ausbildungsgrade (Studenten, Assistenz- und Fachärzte) wurden die drei Untergruppen einzeln aufgelistet und ermöglichten hierdurch einen direkten Vergleich. Diese Ergebnisse wurden für die beiden Endoskopiesysteme statistisch verglichen, wodurch ermittelt werden konnte, ob ein signifikanter Unterschied zwischen 2D und 3D für die einzelnen Aufgaben und deren Aufgabenbereiche (Zeit, Fehleranzahl und Fortschritt der Fertigstellung) vorlag.

Die Fragestellung zum Einfluss der Operationspraxis auf die endoskopischen Fertigkeiten musste eingeschränkt werden, da die operativen Kenntnisse in der Gruppe der Studenten, aber auch in der der Assistenzärzte nicht so stark ausgebildet waren, sodass deren Operationsstunden pro Woche meist mit einer niedrigen Zahl („0-1“ bzw. „2-4“ Stunden) angegeben wurden. Bei den Fachärzten konnte hingegen ein größerer Bereich der OP-Praxis generiert werden, wodurch hier ein besserer Eindruck dieses Einflusses auf die Kenntnisse der beiden Endoskopiesysteme dargestellt werden konnte und nur diese Ausbildungsgruppe weiter betrachtet wurde. Die beiden Unterteilungen „8-10“ und „>10“ Stunden pro Woche wurden bei der Auswertung durch den Parameter „>7“ ersetzt, da dies sonst keine statistische Aussagekraft ergeben hätte.

### **3.2.4 Evaluationsbogen**

Vor den praktischen Übungen wurde jedem Proband ein vierseitiger Evaluationsbogen ausgehändigt (Anhang), wobei die ersten zwei Seiten vor und die letzten beiden nach den Aufgaben ausgefüllt wurden. Zu Beginn sollte das Alter, der Ausbildungsstand (Student/

Assistenzarzt/ Facharzt), die Händigkeit und das Geschlecht angegeben werden. In der ersten Frage sollte eine subjektive Einschätzung gegeben werden, welche endoskopischen Erfahrungen bereits bestanden, welche Aufgaben während einer Operation übernommen werden konnten und wie sicher sich der Proband dabei fühlte. Zudem sollte angegeben werden, wie viele operative Eingriffe der Proband pro Woche durchführte und wie viele Stunden diese in Anspruch nahmen. Die zweite Frage beinhaltete, ob die Testperson schon andere laparoskopische Trainingskurse besucht oder zuvor Zeit mit Videospielen verbracht hat.

Der zweite Teil sollte Auskunft darüber geben, wie sicher sich die Probanden nun in den endoskopischen Arbeiten fühlten und in wie weit ihnen die praktischen Übungen zur Verbesserung ihrer laparoskopischen Fähigkeiten geholfen haben. Zudem sollten sie die Aufgaben in Bezug auf Realitätstreue, Aufwand, Benutzerfreundlichkeit und Vorbereitung auf potenzielle Operationen beurteilen und beantworten ob sie einen derartigen Kurs bzw. ein solches Training weiterempfehlen würden. Zudem wurde den Probanden somit ermöglicht das 2D- und 3D-System besser vergleichen zu können.

Der entscheidende Abschnitt ist der fünfte Frageteil. Hier beantworteten die Probanden, ob sie sich für oder gegen das 3D-Gerät in Bezug auf Schnelligkeit, Effizienz, Optik und Handling aussprachen und ob sie es in ihrer Klinik für die Operationen bevorzugen würden.

### **3.2.5 Verifizierung und Validierung der Datenerhebung**

Die Statistik bietet bisher keinen allgemeingültigen Algorithmus zur Ausführung von Techniken oder Messmethoden zur Verifizierung und Validierung der erhobenen Daten anhand eines ausgewählten Simulationsmodells (Sargent 2013). Diese Arbeit stellt durch ihre große Anzahl an Probanden (277) und ihre vier eigens entworfenen Aufgaben, die in der Schwierigkeit zunahmen und letztendlich sogar Operationsschritte simulierten, eine Innovation im Hinblick auf den Vergleich der 2D- und 3D-Endoskopie dar. So mussten Probanden, die größtenteils noch keinen Kontakt mit der Endoskopie hatten, in kürzester Zeit die Endoskopiesysteme kennen lernen und die laparoskopischen Handgriffe verinnerlichen und teilweise die gleichen Übungen durchführen, die auch erfahrene Chirurgen bearbeiteten. Das Kontingent an Teilnehmern umfasste nicht nur eine einzelne Gruppe, sondern Anfänger (Studenten), teils ausgebildete Assistenzärzte und fortgeschrittene Fachärzte. Dies ermöglichte einen tiefgreifenden Vergleich hinsichtlich laparoskopischer Fertigkeiten und

Fortschritte in 2D und 3D. Die Übungen waren alle standardisiert, sodass die Daten objektiv anhand der durchgeführten Ergebnisse erhoben und notiert werden konnten.

Dadurch, dass die Teilnehmer die Endoskopiesysteme an verschiedenen Tagen bedienten, sollte das Gezeigte und Erlernte ausreichend verarbeitet und so der größtmögliche Arbeitsfortschritt dokumentiert werden. Durch die zufällige Einteilung der Probanden zu einem Endoskopiesystem kann von einer randomisierten experimentellen Studie ausgegangen werden, da gewährleistet ist, dass die Zusammensetzung der Probanden an beiden Endoskopiesystemen überwiegend äquivalent ist. Hierdurch darf mit dem Vergleich von 2D und 3D und der Auswertung der erhobenen Daten von einer belastbaren Ergebnisqualität ausgegangen werden. Durch die Minimierung von systematischen Fehlern und den Störgrößen wurde eine Strukturgleichheit geschaffen, wodurch der Evidenzgrad dieser Dissertation erhöht werden sollte.

### **3.2.6 Statistische Datenanalyse**

Quantitative Größen wurden anhand von Mittelwert und Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie den Quartilen beschreibend dargestellt und mittels Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilungen geprüft.

Aufgrund signifikanter Abweichungen von einer Normalverteilung erfolgte die weitere statistische Analyse mit nicht-parametrischen Verfahren. So wurde der Vergleich der Messungen unter 2D-Bedingungen mit denen unter 3D-Bedingungen als verbundene Stichproben mit dem Wilcoxon-Test für Paardifferenzen durchgeführt.

Die klassiert erfasste OP-Praxis wurde mittels Kruskal-Wallis-Test auf Einflussnahme auf die Dauer der Durchführung der Übungen geprüft und es schlossen sich U-Tests nach Mann und Whitney zur Post-Hoc-Paarvergleichsanalyse an, falls vorweg im Kruskal-Wallis-Test eine signifikante Einflussnahme detektiert werden konnte.

Zu ordinal und nominal skalierten Größen wurden absolute und prozentuale Häufigkeiten angegeben. Je zwei Größen dieser Skalierung wurden in Kontingenztafeln gegenübergestellt, so dass mit dem Chi-Quadrat-Test geprüft werden konnte, ob eine Abhängigkeit bestand. Bei zu kleinen erwarteten Häufigkeiten wurde alternativ der exakte Test nach Fisher eingesetzt.

Da unterschiedliche Ausgangsvoraussetzungen und auch unterschiedliche Lernerfolge in den Berufsgruppen zu erwarten waren, erfolgten die Analysen getrennt für Studenten, Assistenzärzte und erfahrene Fachärzte.

Es wurde stets zweiseitig getestet und ein Signifikanzniveau von 5% zugrunde gelegt. Eine Alpha-Adjustierung für multiples Testen fand nicht statt, die Ergebnisse haben demnach explorativen und beschreibenden Charakter. Für die Durchführung der statistischen Berechnungen wurde „IBM SPSS Statistics 23“ (SPSS Inc. an IBM Company, Chicago, IL) eingesetzt.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Aufgabe 1: Einfaches Handling

Die erste Übung wurde nur von Studenten ausgeführt, wobei 59 Probanden am 2D- und 88 am 3D-Gerät arbeiteten. Die Auswertung ergab folgende Werte:

Mit dem 2D-System erreichten die Teilnehmer eine durchschnittliche Zeit von 2:07 Minuten, wobei die Aufgabendurchführung in minimalen 36 Sekunden und maximalen 7:54 Minuten bewältigt wurde. Am 3D-Endoskopieturm beendeten die Probanden die Übung im Durchschnitt in 2:33 Minuten. Das Minimum lag hier bei 30 Sekunden, das Maximum bei 10:12 Minuten. Statistisch ließ sich kein signifikanter Unterschied zwischen 2D und 3D nachweisen ( $p = 0,424$ ) (vgl. **Tabelle 7** und **Abbildung 17**, Anhang).

Die Durchschnittswerte von den Probanden, die an beiden Endoskopiesystemen arbeiteten, ergaben folgende Werte: 20 Teilnehmer sind mit dem 2D-System gestartet. Die Durchschnittszeit betrug 2:42 Minuten, der minimale Wert lag bei 60 Sekunden, der maximale bei 7:54 Minuten. Im zweiten Durchgang war eine deutliche Verbesserung mit dem 3D-System erkennbar. Durchschnittlich benötigten die Studenten nun nur noch 1:07 Minuten. Der schnellste Teilnehmer war nach 30 Sekunden, der langsamste nach 1:54 Minuten fertig. 27 Probanden haben mit dem 3D-Gerät angefangen. Der Mittelwert lag bei 2:10 Minuten, das Minimum bei 60 Sekunden und das Maximum bei 4:12 Minuten. Mit dem 2D-System verbesserten sie sich auf durchschnittlich 1:28 Minuten. Hier erreichte der schnellste Proband eine Zeit von 36 Sekunden, der langsamste benötigte genau 3:00 Minuten. In beiden Situationen (Start mit 2D bzw. 3D) konnten sich die Probanden im zweiten Durchgang signifikant verbessern ( $p < 0,001$ ) (vgl. **Tabelle 8**, Anhang).

Alle 20 Teilnehmer (100%), die mit dem 2D-Gerät gestartet sind, verbesserten sich im zweiten Durchgang mit dem 3D-System. Von den 27 Startern am 3D-Endoskopieturm erreichten 22 mit dem 2D-System eine bessere Zeit (81,48%), ein Proband genau die gleiche (3,7%) und vier eine schlechtere (14,82%). Statistisch ließ sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Endoskopiesystemen bezüglich der Verbesserung der Schnelligkeit im zweiten Durchgang errechnen ( $p = 0,080$ ) (vgl. **Tabelle 9** und **Abbildung 18**, Anhang).

## 4.2 Aufgabe 2: Tiefensimulation

Am 2D-Gerät erreichten von den 95 Studenten, die diese Aufgabe durchführten, eine Durchschnittszeit von 6:17 Minuten und machten an den Mustern durchschnittlich 0,926 Fehler an den Punkten und 1,653 Fehler an der Strichreihenfolge. 54 Studierende erzielten im Gegenzug am 3D-System im Mittel eine Zeit von 4:33 Minuten und 0,389 (Punkte) bzw. 0,593 (Strichreihenfolge) Fehler an den beiden Mustern. 15 Assistenzärzte benötigten in 2D durchschnittlich 4:59 Minuten und machten durchschnittlich 0,333 (Punkte) bzw. 0,933 (Strichreihenfolge) Fehler. In 3D betrug die Mittelwerte 3:54 Minuten bzw. 0,125 (Punkte) und 0,75 (Strichreihenfolge) Fehler. Von den Fachärzten führten die Übung 38 Probanden am 2D-Gerät aus. Die Durchschnittszeit lag hier bei 4:48 Minuten und die durchschnittliche Anzahl an Fehlern für das Muster der Punkte bei 0,605 bzw. für das der Strichreihenfolge bei 0,789. Das 3D-System ermöglichte eine mittlere Zeit von 3:43 Minuten und eine mittlere Fehleranzahl von 0,541 (Punkte) bzw. 0,676 (Strichreihenfolge). Statistisch konnte ermittelt werden, dass es sowohl in der Gruppe der Studenten ( $p = 0,035$ ) als auch in der der Fachärzte ( $p = 0,002$ ) einen signifikanten Unterschied bezüglich der Durchschnittszeiten in 2D und 3D zugunsten der dreidimensionalen Darstellung gab. Eine deutliche Varianz in der Anzahl der Fehler in den beiden Mustern konnte mathematisch nur für die Studenten errechnet werden. Sie machten in 3D signifikant weniger Fehler ( $p = 0,015$  für das Muster der Punkte;  $p = 0,001$  für das Muster der Strichreihenfolge) (vgl. **Tabelle 10**, Anhang).

Im Folgenden sind die Werte für die Probanden, die an beiden Endoskopietürmen arbeiteten, beschrieben. 23 Studenten sind mit dem 2D-Gerät gestartet. Sie erzielten hier im Mittel eine Zeit von 6:19 Minuten gegenüber 3:11 Minuten am 3D-System. Die durchschnittliche Fehleranzahl betrug in 2D für das Muster der Punkte 1,565 und für das der Strichreihenfolge 1,217. Äquivalent hierzu waren die Fehler in 3D 0,522 (Punkte) bzw. 0,652 (Strichreihenfolge). Ein signifikanter Unterschied zugunsten des 3D-Systems konnte statistisch für die Zeit ( $p < 0,001$ ) und für die Fehleranzahl der Punkte ( $p = 0,049$ ) ermittelt werden. Mit dem Übungsbeginn in dreidimensionaler Arbeitsweise erreichten 25 Teilnehmer folgende Mittelwerte: 5:06 Minuten in 3D bzw. 4:07 Minuten in 2D, die Anzahl der Fehler betrug für das Muster der Punkte in 3D 0,68 und in 2D 0,96, für das Muster der Strichreihenfolge in 3D null und in 2D 0,92. Hier wurden signifikante Veränderungen der Zeit (im zweiten Durchgang in 2D waren die Studenten merklich schneller,  $p = 0,007$ ) und der Fehleranzahl der Strichreihenfolge ( $p = 0,002$  zugunsten der 3D-Wiedergabe) mathematisch errechnet. Von den Assistenzärzten haben jeweils fünf Probanden am jeweiligen

Endoskopieturm begonnen. Hier betrug für die Starter am 2D-Gerät die Zeit im Durchschnitt in 2D 4:41 Minuten bzw. in 3D 3:11 Minuten (signifikante Zeitdifferenz zum Vorteil der 3D-Optik;  $p = 0,043$ ), die Anzahl der Fehler für das Muster der Punkte 0,8 (2D) bzw. 1,0 (3D) und für das der Strichreihenfolge 0,8 (2D) bzw. 0,2. (3D) Die Teilnehmer, die am 3D-System angefangen haben, erreichten im Mittel eine Zeit von 4:13 Minuten in 3D bzw. 4:28 Minuten in 2D und machten 0,6 Fehler für das Muster der Punkte an beiden Geräten bzw. null (3D) und 0,2 (2D) für das der Strichreihenfolge. Von den Fachärzten haben 21 in 2D begonnen und durchschnittlich 5:11 Minuten in 2D bzw. 3:01 Minuten in 3D benötigt ( $p < 0,001$  zugunsten der 3D-Endoskopie) und 0,619 (2D) bzw. 0,333 (3D) Fehler am Muster der Punkte und 0,524 (2D) bzw. 0,333 (3D) Fehler an dem der Strichreihenfolge gemacht. Zehn weitere Fachärzte sind mit dem dreidimensionalen Endoskopieturm gestartet. Sie benötigten im Mittel 4:06 Minuten in 3D bzw. 3:31 Minuten in 2D (der Unterschied war nicht so deutlich wie nach dem Start in 2D;  $p = 0,333$ ) und machten durchschnittlich 0,8 (3D) bzw. 0,9 (2D) Fehler am Muster der Punkte und 0,3 (3D) bzw. 1,0 (2D) Fehler an dem der Strichreihenfolge (vgl. **Tabelle 11, 12 und 13** Anhang).

Von den 23 Studenten, die mit dem 2D-Gerät begonnen haben, konnten sich im 3D alle zeitlich verbessern (100%). Zudem machten zehn Probanden (43,5%) im Muster der Punkte weniger Fehler, drei (13%) mehr und zehn (43,5%) gleich viele. Im Muster der Strichreihenfolge verbesserten sich acht (34,8%), drei (13%) verschlechterten sich und zwölf (52,2%) blieben beim selben Ergebnis. Auch von den Assistenzärzten erzielten alle fünf (100%) eine schnellere Zeit. In beiden Mustern verbesserten sich zwei (40%), zwei blieben vom Ergebnis her gleich (40%) und einer verschlechterte sich (20%). Von den 21 Fachärzten hat sich eine Person (4,8%) zeitlich verschlechtert, 20 Teilnehmer konnten sich verbessern (95,2%). Bei der Fehlerzahl des Musters der Punkte erzielten sieben (33,3%) ein besseres, drei (14,3%) ein schlechteres Ergebnis und elf (52,4%) blieben gleich. Bei dem der Strichreihenfolge haben sich sechs (28,6%) steigern können. Zwölf Probanden (57,1%) erzielten ein gleiches Ergebnis wie bei der ersten Durchführung, drei (14,3%) ein schlechteres.

Von den 25 Studenten, die mit dem 3D-Gerät begonnen haben, erreichten 20 (80%) im zweiten Durchgang mit dem 2D-System eine bessere und fünf (20%) eine schlechtere Zeit. Fünf Teilnehmer (20%) machten weniger Fehler beim Muster der Punkte, elf (44%) mehr und neun (36%) ebenso viele. Beim Muster der Strichreihenfolge machte kein Proband weniger, zwölf (48%) mehr und 13 (52%) gleich viele Fehler. Von den fünf Assistenzärzten erzielten

jeweils einer eine bessere Zeit bzw. genau die gleiche (je 20%) und drei (60%) eine langsamere. Die Fehleranzahl verteilte sich wie folgt: Bei dem Muster mit den Punkten verbesserte und verschlechterte sich jeweils eine Person (je 20%), drei (60%) blieben im Ergebnis identisch. Bei dem der Strichreihenfolge machte niemand weniger Fehler, vier (80%) genauso viele und einer (20%) mehr. Von den zehn Fachärzten waren sieben (70%) schneller und drei (30%) langsamer. Zwei (20%) machten beim Muster der Punkte weniger Fehler, drei (30%) mehr und fünf (50%) gleich viele. Beim Muster der Strichreihenfolge konnten sich zwei (20%) verbessern. Jeweils vier (je 40%) verschlechterten sich mit dem 2D-Gerät bzw. erzielten erneut dasselbe Ergebnis wie bei der ersten Durchführung der Aufgabe unter 3D. Signifikante Unterschiede zugunsten der 3D-Endoskopie wurden statistisch für die Gruppe der Studenten im Bereich der Fehleranzahl ermittelt ( $p < 0,001$  für das Muster der Punkte;  $p = 0,017$  für das Muster der Strichreihenfolge). Ebenso wurde mathematisch eruiert, dass sich die Assistenzärzte in 3D zeitlich signifikant steigern konnten ( $p = 0,048$ ) (vgl. **Tabelle 14-16** und **Abbildungen 19-21**, Anhang).

#### **4.3 Aufgabe 3: Scheidenverschluss mit Prolapsprophylaxe**

80 Studenten beendeten im Mittel ihre Aufgabe am 2D-Gerät nach 37:28 Minuten, während 51 Studierende am 3D-Gerät 35:16 Minuten benötigten. Von den Assistenzärzten schafften dies 25 in 2D nach 28:14 Minuten und 26 in 3D nach 24:45 Minuten. 85 Spezialisten benötigten im Durchschnitt mit dem 2D-System 26:17 Minuten und 81 mit dem 3D-System 24:37 Minuten. Statistisch zeigte sich bei den Assistenzärzten ( $p = 0,021$ ) und Fachärzten ( $p = 0,016$ ), dass die Probanden bei dieser Operationssimulation in 3D insgesamt wesentlich schneller arbeiten konnten (vgl. **Tabelle 17** und **Abbildung 22**, Anhang).

Die Durchschnittszeiten für die Probanden, die die Übung an beiden Laparoskopiesystemen durchführten, verhielten sich wie folgt: 21 Studenten, die zuerst am 2D-Gerät arbeiteten, erreichten einen Mittelwert von 38:56 Minuten und im zweiten Durchgang mit dem 3D-Gerät einen von 31:09 Minuten. 24 Studierende haben mit 3D angefangen und eine durchschnittliche Zeit von 38:08 Minuten erzielt. Diese verbesserte sich in 2D auf 34:57 Minuten. In beiden Fällen konnte ein signifikanter Unterschied errechnet werden ( $p < 0,001$  nach Beginn in 2D;  $p = 0,02$  nach Beginn in 3D). Acht Assistenzärzte, die mit dem 2D-System starteten, beendeten die Übung im Mittel nach 30:47 Minuten und anschließend mit dem 3D-System nach 20:19 Minuten. Zwölf Assistenten, die in 3D begonnen haben, erreichten eine durchschnittliche Zeit von 24:38 Minuten in 3D und von 24:57 Minuten in 2D.

Ähnlich verhielt es sich für die Fachärzte, von denen jeweils 36 an einem Endoskopieturm anfangen. Die, die in 2D starteten, waren im Mittel nach 26:04 Minuten in 2D und nach 22:31 in 3D fertig. Die, die in 3D begonnen haben, beendeten die Übung durchschnittlich nach 24:40 Minuten in 3D und 24:44 Minuten in 2D. Die Unterschiede der beiden Arztgruppen waren nach Beginn in 2D zugunsten der 3D-Endoskopie signifikant ( $p = 0,012$  für die Gruppe der Assistenzärzte;  $p = 0,001$  für die Gruppe der Fachärzte). Im umgekehrten Fall (zweiter Durchgang in zweidimensionaler Darstellung) ließ sich mathematisch kein Vorteil für die 2D-Endoskopie errechnen ( $p = 0,814$  in der Gruppe der Assistenzärzte bzw.  $p = 0,721$  in der der Fachärzte) (vgl. **Tabelle 18**, Anhang).

Alle 21 Studierenden, die mit 2D begonnen haben, konnten in 3D mehr „Materialdurchstechungen pro Zeit“ erzielen (100%). Von den 24 Studenten, die mit 3D anfangen, konnten sich 19 in 2D steigern (79,2%) und fünf (20,8%) fielen in ihrer Leistung ab. Es ließ sich kein signifikanter Unterschied in 2D und 3D ermitteln ( $p = 0,051$ ). Alle acht Assistenzärzte (100%), die in 2D starteten, erzielten in 3D bessere Werte. Umgekehrt konnten sich von den zwölf, die in 3D anfangen, sechs (50%) steigern, währenddessen sich sechs (50%) verschlechterten. Von den 36 Fachärzten, die zuerst in 2D arbeiteten, konnten 30 (83,4%) in 3D mehr „Materialdurchstechungen pro Zeit“ erreichen. Drei von ihnen erzielten ein identisches Ergebnis, drei weitere ein schlechteres (jeweils 8,3%). Von den 36 Fachärzten, die in 3D anfangen, konnten sich 14 (38,9%) steigern. 20 (55,5%) verschlechterten sich im zweiten Durchgang, zwei Personen (5,6%) erreichten das identische Ergebnis. Für die beiden medizinischen Ausbildungsgruppen der Assistenzärzte ( $p = 0,044$ ) und der Spezialisten ( $p < 0,001$ ) konnten signifikante Unterschiede zugunsten der 3D-Endoskopie statistisch errechnet werden (vgl. **Tabelle 19** und **Abbildung 23**, Anhang).

#### **4.4 Aufgabe 4: Sakrokolpopexie**

Jeweils vier Studenten erreichten im Mittel mit dem 2D-System eine Zeit von 23:17 Minuten, mit dem 3D-System eine von 18:47 Minuten. Von den Assistenzärzten waren im Durchschnitt je 13 Teilnehmer am 2D-Gerät nach 22:45 Minuten und am 3D-Gerät nach 19:53 Minuten mit der Aufgabe fertig. Dies ergab statistisch einen signifikanten Unterschied zugunsten der 3D-Endoskopie ( $p = 0,036$ ). 51 Fachärzte konnten die Übung in 2D nach durchschnittlich 24:44 Minuten und 53 in 3D nach 23:34 Minuten beenden (vgl. **Tabelle 20** und **Abbildung 23**, Anhang).

Ein Student hat mit dem 2D-Gerät begonnen. Hierbei erzielte er eine Zeit von 27:05 Minuten und anschließend mit dem 3D-Gerät eine Zeit von 15:13 Minuten. Drei Studierende sind in 3D gestartet und erreichten im Mittel eine Zeit von 19:58 Minuten, in 2D verschlechterten sie sich auf 22:01 Minuten. Jeweils fünf Assistenzärzte fingen mit einem der beiden Endoskopiesysteme an. Dies ergab für die Starter in 2D für die 2D-Laparoskopie eine durchschnittliche Zeit von 20:15 Minuten und für die 3D-Laparoskopie eine von 17:22 Minuten. Für die Beginner in 3D errechnete sich eine Zeit in 2D von 24:15 Minuten und in 3D von 21:15 Minuten. Bei den Fachärzten haben 27 in 2D angefangen und bewältigten die Aufgabe im Mittel in einer Zeit von 25:16 Minuten in 2D und 22:46 Minuten in 3D. Dies ergab statistisch einen signifikanten Unterschied zugunsten der 3D-Endoskopie ( $p = 0,002$ ). Von den 19 Startern in 3D waren die Fachärzte im Durchschnitt nach 22:26 Minuten in 3D und nach 23:44 Minuten in 2D fertig. Der errechnete Unterschied wurde hier statistisch nicht relevant ( $p = 0,187$ ) (vgl. **Tabelle 21**, Anhang).

Der Student, der am 2D anfing, konnte mit dem 3D-Gerät mehr „Knoten pro Zeit“ machen. Von den drei Studierenden, die mit dem 3D-System begonnen haben, verschlechterten sich zwei Personen, ein Proband verbesserte sich. Alle Assistenzärzte (100%), die in 2D starteten, konnten sich im zweiten Durchgang steigern. Von den fünf, die zuerst die 3D-Endoskopie benutzten, verbesserten und verschlechterten sich jeweils zwei (je 40%), während ein Teilnehmer ein identisches Ergebnis erreichte (20%). In der Gruppe der Fachärzte konnten 22 der Probanden (81,5%) nach Beginn in 2D in 3D mehr „Knoten pro Zeit“, ein Proband (3,7%) weniger und vier (14,8%) gleich viele erzielen. Von den 19 Fachärzten, die mit der 3D-Endoskopie anfangen, konnten sich elf (57,9%) in 2D verbessern, fünf (26,3%) verschlechterten sich und drei (15,8%) erreichten ein gleiches Resultat. Dies schlug sich in der statistischen Power nieder, die eine deutliche Verbesserung hinsichtlich der Aufgabendurchführung in 3D wiedergab ( $p = 0,036$ ) (vgl. **Tabelle 22** und **Abbildung 25**, Anhang).

#### **4.5 Einfluss operativer Kenntnisse auf die beiden Endoskopiesysteme**

Die erste Aufgabe wurde aufgrund der fehlenden operativen Erfahrung von Studenten aus dieser Analyse ausgeschlossen. Bei der zweiten Aufgabe erreichten die Spezialisten mit der Angabe „0-1“ Stunden OP-Praxis in der Woche im Mittel mit dem 2D-Gerät eine Zeit von 4:39 Minuten und in 3D eine von 4:30 Minuten. In 2D machten sie im Muster der Punkte durchschnittlich 1,429 und im Muster der Strichreihenfolge 0,429 Fehler. In 3D im Muster

der Punkte 1,0 und im Muster der Strichreihenfolge 0,286 Fehler. Die Zeit stieg bei den Probanden mit der Angabe „2-4“ Stunden pro Woche in 2D auf einen Wert von 5:54 Minuten, in 3D fiel er hingegen auf 3:56 Minuten. Die Fehler verteilten sich durchschnittlich wie folgt: In 2D waren es 1,0 für das Muster der Punkte und 0,813 für das Muster der Strichreihenfolge. In 3D waren es 0,8 für das Muster der Punkte und 1,0 für das Muster der Strichreihenfolge. Die Durchschnittszeit betrug bei der Angabe von „5-7“ Stunden in 2D 4:00 Minuten und in 3D 2:51 Minuten, die Anzahl der Fehler betrug im Mittel für das Muster der Punkte 0,25 in 2D und null in 3D sowie für das Muster der Strichreihenfolge 0,375 in 2D und null in 3D. Bei der Angabe von „>7“ Stunden wurde eine durchschnittliche Zeit in 2D von 3:18 Minuten und in 3D von 3:26 Minuten erzielt. Die Fehler betrugen im Mittel für das Muster der Punkte 0,286 in 2D und 0,857 in 3D sowie für das Muster der Strichreihenfolge 0,571 in 2D und 0,429 in 3D. Die Fallzahlen ließen für Aufgabe 2 keinen statistischen Vergleich zu (vgl. **Tabelle 23** und **Abbildungen 26** und **27**, Anhang).

In der dritten Aufgabe erzielten die Fachärzte bei der Angabe von „0-1“ Stunden Operationsdauer pro Woche im Durchschnitt in 2D eine Zeit von 31:51 Minuten und in 3D eine Zeit von 27:43 Minuten. Bei der Angabe von „2-4“ Stunden Operationsdauer pro Woche betrug die Zeit im Mittel in 2D 27:42 Minuten, in 3D 26:47 Minuten, bei „5-7“ Stunden in 2D 23:38 Minuten und in 3D 22:17 Minuten und bei „>7“ Stunden in 2D 21:29 Minuten und in 3D 20:29 Minuten (vgl. **Tabelle 24**, Anhang). Signifikante Unterschiede fielen hier bei den Teilnehmern auf, deren Operationszeiten deutlich divergierten: In 2D war dies bei dem Vergleich von „0-1“ und „5-7“ Stunden Operationspraxis pro Woche ( $p = 0,006$ ), von „0-1“ und „>7“ ( $p = 0,008$ ) sowie von „2-4“ und „>7“ ( $p = 0,022$ ) der Fall. In 3D konnten signifikante Unterschiede bei dem Vergleich von „0-1“ und „5-7“ Stunden Operationspraxis pro Woche ( $p = 0,037$ ), von „0-1“ und „>7“ ( $p = 0,041$ ), von „2-4“ und „5-7“ ( $p = 0,018$ ) sowie von „2-4“ und „>7“ ermittelt werden (vgl. **Tabelle 25** und **Abbildungen 28** und **29**, Anhang).

Für die vierte Aufgabe zeigte sich ein ähnliches Bild. Die Probanden mit der Angabe von „0-1“ Stunden Operationsdauer pro Woche beendeten die Übung durchschnittlich in 2D nach 25:49 Minuten und in 3D nach 23:21 Minuten. Für die Werte „2-4“ Stunden wurden im Mittel Zeiten von 27:28 Minuten in 2D und 26:26 Minuten in 3D, für „5-7“ Stunden 23:15 Minuten in 2D und 20:55 Minuten in 3D und für „>7“ Stunden 19:08 Minuten in 2D und 18:50 Minuten in 3D errechnet (vgl. **Tabelle 26** und **Abbildungen 30** und **31**, Anhang). Ein

statistischer Zusammenhang zur wöchentlichen OP-Praxis konnte jedoch weder hinsichtlich der Dauer der Übung 4 in 2D noch in 3D nachgewiesen werden ( $p = 0,073$  und  $p = 0,062$ ).

#### **4.6 Die hypothetische Entscheidung aller Teilnehmer für ein Endoskopiesystem**

Nach den endoskopischen Arbeiten entschieden 71,4% der Studenten, 77,1% der Assistenzärzte und 60,7% der Fachärzte, dass das 3D-System im Bereich der Schnelligkeit dem herkömmlichen 2D-System überlegen ist. Umgerechnet auf den Anteil der Abstimmungen in den einzelnen Gruppen ergab dies einen Gesamtwert von 66,5% ( $p = 0,13$  für den Einfluss der verschiedenen Berufsstände auf die Abstimmung) (vgl. **Tabelle 3** und **Abbildung 13**, Anhang).

78,6% der Studenten, 80,6% der Assistenzärzte und 61,6% der Fachärzte beurteilten den innovativen Arbeitsmodus als das System mit der größeren Effizienz, was sich in einer gesamten Befürwortung von 69,6% widerspiegelte ( $p = 0,023$  für den Einfluss der verschiedenen Berufsstände auf die Abstimmung) (vgl. **Tabelle 4** und **Abbildung 14**, Anhang).

Für eine bessere Optik am 3D-Gerät haben sich 71,4% der Studierenden, 69,4% der Ärzte in Weiterbildung und 73,2% der Fachärzte ausgesprochen. Auf die Abstimmung der Gruppen ergab dies umgerechnet 72,1% ( $p = 0,901$  für den Einfluss der verschiedenen Berufsstände auf die Abstimmung) (vgl. **Tabelle 5** und **Abbildung 15**, Anhang).

Hinsichtlich der Frage, welches Endoskopiesystem ein besseres Handling bietet, haben sich die Probanden folgendermaßen entschieden: 76,8% der Studenten, 77,8% der Assistenzärzte und 62,2% der Fachärzte sahen hier die Vorteile beim 3D-System, umgerechnet ergab dies genau 69% ( $p = 0,07$  für den Einfluss der verschiedenen Berufsstände auf die Abstimmung) (vgl. **Tabelle 6** und **Abbildung 16**, Anhang).

Die Frage, welches der beiden Endoskopiesysteme die Probanden insgesamt bevorzugen und mit welchem sie eher in ihrer Klinik arbeiten würden, ergab folgende Auswertung: 80,4% der Studenten und 75% der Assistenzärzte befürworteten die dreidimensionale Endoskopie. 61,1% der Spezialisten nahmen das 3D-System als das vorteilhaftere Operationsmedium wahr. Insgesamt haben sich über zwei Drittel (68,8%) der Teilnehmer für die 3D-Endoskopie ausgesprochen, wobei die Meinungen statistisch nicht signifikant auseinander wichen ( $p = 0,07$ ) (vgl. **Tabelle 27** und **Abbildung 32**, Anhang).

#### 4.7 Subjektive Verbesserungen der endoskopischen Fertigkeiten

Die Studenten entschieden sich im Punkt der Selbsteinschätzung ihrer Sicherheit als Kameraassistent wie folgt: Vor den Übungen haben 63,3% „gar nicht“, 11,7% „wenig“, 15% „teilweise“, 8,3% „größtenteils“ und 1,7% „sehr“ angekreuzt. Nachdem die Studenten die Aufgaben ausgeführt haben, entschieden sich 18,3% für „gar nicht“, 16,7% für „wenig“, 36,7% für „teilweise“, 15% für „größtenteils“ und 13,3% für „sehr“. Zur Selbsteinschätzung der Arbeit als „erster Assistent“ wählten 93,1% „gar nicht“ als Parameter und nur 5,2% „wenig“ und 1,7% „teilweise“. Nach den Übungen gaben die Studenten „gar nicht“ mit 46,6%, „wenig“ mit 34,5%, „teilweise“ mit 13,8%, „größtenteils“ mit 3,4% und „sehr“ mit 1,7% an. „Operator unter Aufsicht“ und „selbstständiger Operator“ traute sich niemand zu (98,3% bzw. 100% „gar nicht“). Nach den Übungen wählten 72,9% „Operator unter Aufsicht“ mit „gar nicht“, 15,3% mit „wenig“, 8,5% mit „teilweise“ und je 1,7% mit „größtenteils“ bzw. „sehr“. Bei der Frage nach „selbstständiger Operator“ gaben nach den Übungen immer noch 88,1% „gar nicht“ an.

25,7% der Assistenzärzte gaben die „Kameraassistenz“ vor den praktischen Übungen mit „größtenteils“ und 65,7% mit „sehr“ an. Die restlichen Prozente verteilten sich auf die Angaben „wenig“ und „teilweise“. Nach den Aufgaben kreuzten 8,6% „teilweise“, 22,9% „größtenteils“ und 68,6% „sehr“ an. Die Assistenzärzte schätzten ihre endoskopischen Fertigkeiten zum „ersten Assistenten“ vor den praktischen Übungen mit 5,4% für „wenig“, mit 10,8% für „teilweise“, mit 35,1% für „größtenteils“ und mit 48,6% für „sehr“ ein. Nachdem sie an den Pelvi-Trainern gearbeitet haben, verteilten sich die Angaben auf 2,7% für „wenig“, 10,8% für „teilweise“, 27% für „größtenteils“ und 59,5% für „sehr“. Die „Operation unter Aufsicht“ kreuzten im ersten Durchgang je 15,8% mit „gar nicht“ und „wenig“, 26,3% mit „teilweise“, 31,6% mit „größtenteils“ und 10,5% mit „sehr“ an. Im zweiten Durchgang nach den Übungen gaben 2,6% „gar nicht“, je 10,5% „wenig“ und „teilweise“, 50% „größtenteils“ und 26,3% „sehr“ an. Anfangs kreuzten 22,6% der Assistenzärzte zur Selbsteinschätzung zum „selbstständigen Operator“ „gar nicht“, 12,9% „wenig“, 19,4% „teilweise“ und 3,2% „größtenteils“ an. Nach den praktischen Aufgaben waren die Angaben wie folgt verteilt: 25,8% „gar nicht“, 16,1% „wenig“, 41,9% „teilweise“, 16,1% „größtenteils“.

Bei den Fachärzten wählten für den Punkt der „Kameraassistenz“ 2,1% „wenig“, 8,5% „teilweise“, 12,8% „größtenteils“ und 76,6% „sehr“ vor den praktischen Übungen und 1,1%

„gar nicht“, 7,4% „teilweise“, 12,8% „größtenteils“ und 78,7% „sehr“ nach den Aufgaben. Ähnlich verhielt es sich für den Punkt des „ersten Assistenten“. Hier gaben 2,1% „wenig“, 7,4% „teilweise“, 15,6% „größtenteils“ und 75% „sehr“ vor den Durchgängen und 2,1% „gar nicht“, 10,4% „teilweise“, 14,6% „größtenteils“ und 72,9% „sehr“ nach den Arbeiten an den Endoskopietürmen an. Bei der Frage nach der „Operation unter Aufsicht“ kreuzten jeweils 4,2% „gar nicht“ bzw. „wenig“, 22,9% „teilweise“, 21,9% „größtenteils“ und 46,9% „sehr“ vor den Übungen an. Nach den praktischen Aufgaben haben sich 2,1% für „wenig“, 17,7% für „teilweise“, 30,2% für „größtenteils“ und 50% für „sehr“ entschieden. Eine ähnliche Tendenz war für den Punkt „selbstständiger Operateur“ zu erkennen. Hier entschieden sich 4,1% für „gar nicht“, 12,4% für „wenig“, 21,6% für „teilweise“ und je 30,9% für „größtenteils“ und „sehr“ nach den Übungen. Zuvor hatten hier noch 16,5% „gar nicht“, 11,3% „wenig“, 28,9% „teilweise“ und nur 18,6% „größtenteils“ bzw. 24,7% „sehr“ angegeben (vgl. **Tabellen 28-31**, Anhang).

## **5. Diskussion**

### **5.1 Effizienz, Schnelligkeit, Bedienfreundlichkeit und Handling in 3D**

In der ersten Aufgabe, die nur von den Studenten ausgeführt wurde, zeigte sich die 2D-Endoskopie in der Schnelligkeit etwas überlegen. In allen anderen Aufgaben, die sich im Aufwand und Schwierigkeitsgrad steigerten, überzeugte hingegen das 3D-System in allen drei Ausbildungsgruppen. Ältere Studien zeigten zwar, dass es keine signifikanten Unterschiede in der Schnelligkeit zwischen dem 2D- und dem 3D-System wie bei der laparoskopischen Cholezystektomie gab (Hanna et al. 1998), hier wurden jedoch die ersten verfügbaren 3D-Systeme verwendet, sodass diese Daten auf Grund von technischen Neuerungen möglicherweise überholt sind. Auch wenn sich die erfahrenen Chirurgen in der laparoskopischen Cholezystektomie nicht signifikant verbessern konnten, bot die 3D-Endoskopie vor allem den jüngeren Chirurgen eine deutliche Verbesserung bezüglich der Tiefenwahrnehmung und ermöglichte so ein angenehmeres operatives Arbeiten und einen deutlichen Vorteil im Bereich der Operationszeit (Curro et al. 2015). In neueren vergleichbaren Studien erwies sich die 3D-Laparoskopie der 2D-Laparoskopie im Bereich der Schnelligkeit überlegen (Wagner et al. 2012; Cicione et al. 2013).

Unsere Untersuchungen konnten nachweisen, dass sich die Teilnehmer eher mit dem 3D-Gerät steigerten, nachdem sie zuvor mit dem 2D-Gerät arbeiteten, als umgekehrt. So machten die Studenten in der zweiten Aufgabe signifikant weniger Fehler, die Assistenzärzte verbesserten sich signifikant in den Aufgaben 2 sowie 3 und die Fachärzte verbesserten sich signifikant in den Aufgaben 3 und 4. Ghedi et al. stellten fest, dass die Effizienz durch die 3D-Laparoskopie nicht nur in einfachen Übungsaufgaben, sondern vor allem bei komplizierten Operationen verbessert wird. Lediglich für Chirurgen, die mehr als 15 Jahre laparoskopische Erfahrung haben, sei kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Endoskopiesystemen mehr ersichtlich (Ghedi et al. 2015). So kann neben der Zeit auch die Effektivität deutlich gesteigert werden (Fraser et al. 2009). Tang et al. kamen zu dem Entschluss, dass die 3D-Laparoskopie durch das stereoskopische Sehen eine bessere Sicht und genauere Bildaufteilung bietet (Tang et al. 2016), was in vorherigen Studien bereits festgestellt werden konnte (Storz et al. 2012; Wagner et al. 2012). Inoue et al. beschrieben, dass durch die bessere Optik mit der 3D-HD-Endoskopie eine einfachere Darstellung von Gefäß- und Knochenstrukturen ermöglicht wurde (Inoue et al. 2013). Becker et al. erkannten bereits vor über 20 Jahren, dass die 3D-Wiedergabe das Handling deutlich erleichtern kann.

So waren komplexe chirurgische Manöver wie die Mobilisierung von Organen, das Operieren in tiefen Räumen und die Nahttechniken deutlich einfacher zu handhaben (Becker et al. 1993). Die 3D-Technik vereinfacht komplexere Manöver wie das Vernähen (Zdichavsky et al. 2015), das Entnehmen von Gewebe (Gaudreau et al. 2016) oder das Operieren auf engstem Raum (Beer-Furlan et al. 2014). Sie bietet ein besseres Verständnis der Gegebenheiten und ermöglicht eine geschicktere Manövrierfähigkeit mit den Instrumenten (Bernardo et al. 2014), was die herkömmliche 2D-Endoskopie bisher nicht bieten konnte, weshalb sie der offenen Chirurgie unterlegen war (Hofmeister et al. 2001). Nichtsdestotrotz zeigen nicht alle Studien eine signifikante Überlegenheit der 3D-Laparoskopie gegenüber der 2D-Laparoskopie. Kari et al. konnten in der Hypophysenchirurgie keine signifikanten Unterschiede in den perioperativen und postoperativen Ergebnissen der beiden Endoskopiesysteme detektieren (Kari et al. 2012).

Einen weiteren Hinweis darauf, dass die 3D-Endoskopie in Bezug auf der Effizienz, der Optik und dem Handling der 2D-Darstellung überlegen ist, wurde durch die Anzahl der Fehler in Aufgabe 2 ersichtlich. Schließlich war der endoskopische Arbeitsbereich durch die Begrenzungen in der Tiefe des Einmachglases deutlich eingeschränkt. Mit der 3D-Endoskopie wurden in allen drei Ausbildungsgruppen in beiden Mustern durchschnittlich weniger Fehler gemacht. Signifikante Unterschiede wurden in der Gruppe der Studenten ersichtlich. Ähnliche Ergebnisse wurden bereits durch kleinere Studien belegt (Kong et al. 2010). Das räumliche Sehen verbessert die Genauigkeit der Anfänger während laparoskopischer Tätigkeiten, was zu einem schnelleren Lernvorgang und Verringerung operativer Ungenauigkeiten führt (Alaraimi et al. 2014). Nach einer kurzen Eingewöhnungszeit in der zuvor unbekanntem 3D-Endoskopie ermöglicht die realistischere Bildwiedergabe des Operationsfeldes ein genaueres und besseres Handling mit den Operationsinstrumenten (Bove et al. 2015). Feng et al. stellten ebenfalls fest, dass das 3D-Verfahren durch die Tiefenwahrnehmung die gesamte optische Darstellung in endoskopischen Arbeitsbereichen, die räumlich eingeschränkt sind, signifikant verbesserte (Feng et al. 2015b). Ein erfahrener Chirurg entwickelt im Lauf seiner Karriere zwar Kompensationsmechanismen wie durch die taktile Rückmeldung oder der steigenden anatomischen Kenntnisse, aber besonders im Bereich von veränderten anatomischen Strukturen kann die 3D-Endoskopie im Vergleich zur 2D-Darstellung deutliche Vorteile bieten. Visuelle Illusionen sind ein Hauptgrund für Fehler während der Operation und der daraus resultierenden Morbidität (Nassimizadeh et al. 2015).

## 5.2 Profiteure der 3D-Endoskopie

Die Fortschritte im Bereich der Schnelligkeit in 3D halfen den unerfahreneren Probanden die Zeitunterschiede zu ihren erfahreneren Kollegen zu minimieren oder gar zu übertreffen. In 3D glichen sich die Durchschnittszeiten der Aufgaben eher an als unter 2D. Chiu et al. kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Die neuere Technik ermöglichte chirurgischen Anfängern die Zeitunterschiede bei endoskopischen Arbeiten gegenüber ihren erfahreneren Kollegen möglichst gering zu halten (Chiu et al. 2015). Unter der herkömmlichen 2D-Ansicht ist es vor allem für unerfahrene Chirurgen schwierig den genauen Eintrittswinkel der Nadel zu visualisieren. Dies fällt mit Hilfe der 3D-Wiedergabe deutlich leichter und verkürzt dadurch die Betriebszeit. Diese Ergebnisse können auch auf die anderen hier durchgeführten Aufgaben der Koordination und des Handlings übertragen werden (Tang et al. 2016).

Zwar wies die erste und einfachste Aufgabe in der Untergruppe der Studenten eine leicht kürzere Durchschnittszeit in 2D auf, je komplexer die Übungen wurden, desto mehr zeichnete sich jedoch ab, dass in 3D schneller gearbeitet werden konnte. Dies wurde auch schon in weiteren Studien erörtert (Wagner et al. 2012). Außerdem zeigten Usta et al., dass auch einfache Übungen in der Gruppe unerfahrener Probanden in 3D schneller umgesetzt werden konnten (Usta et al. 2015b). So ist eine umfangreiche Lehre in 3D für operationsvorbereitende komplexe Übungen wichtig und kann für eine Verringerung der Arbeitszeit sorgen (Cologne et al. 2015).

Die Gesamtdurchschnittszeiten in Aufgabe 2, 3 und 4 aller Probanden ließen erkennen, dass nicht nur die Studenten, sondern ebenso die approbierten Ärzte insgesamt in 3D deutlich schneller agieren konnten und von der dreidimensionalen Wiedergabe profitierten. Im Scheidenverschluss mit Prolapsprophylaxe konnten die Probanden durchschnittlich mehr „Durchstechungen pro Zeit“ und in der Sakrokolpopexie mehr „Knoten pro Zeit“ durchführen. Die Studenten, die bisher wenig bis keine Erfahrung mit der Endoskopie hatten, konnten sich allerdings auch mit der 2D-Darstellung noch weitestgehend steigern. Bisher ist nachgewiesen, dass die subjektive Tiefenwahrnehmung und Raumorientierung deutlich mit der 3D-Technologie verbessert wird und insgesamt schneller und genauer endoskopiert werden kann (Zaidi et al. 2016), da die fehlende Tiefenwahrnehmung eine deutliche Schwäche der 2D-Endoskopie ist (Lee et al. 2013). Taffinder und dessen Koautoren kamen ebenso zu dem Ergebnis, dass neben den jungen Ärzten auch chirurgische Experten ihr „endoskopisches Handicap“ verbessern können (Taffinder et al. 1999). Im operativen Alltag –

wie bei der VATS (videoassistierte Thorakoskopie) mit Lobektomie, der elektiven laparoskopischen Leberresektion, der laparoskopischen Hysterektomie und Gastektomie bei adipösen Patienten oder der laparoskopischen radikalen Prostatektomie – konnte die Operationszeit signifikant verkürzt und die Profitabilität der 3D-Technik erwiesen werden (Bagan et al. 2015; Velayutham et al. 2016; Usta et al. 2014; Martinez-Ubieto et al. 2015; Aykan et al. 2014). Durch die bessere Tiefenwahrnehmung und das Umsetzen der Arbeiten in eine realistischere Umgebung kann die Präzision merklich gesteigert werden, wobei potenzielle Operateure jeglichen Ausbildungsstandes einen Nutzen ziehen (Lusch et al. 2014).

### **5.3 Einfluss der operativen Vorkenntnisse**

In der Gruppe der Fachärzte konnte statistisch gezeigt werden, dass es signifikante Unterschiede bezüglich der Durchschnittszeiten zwischen den einzelnen Probanden mit wenig zu denen mit vielen Operationsstunden pro Woche gab. Ebenso waren die Fachärzte den Assistenzärzten und den Studenten bezüglich der Durchschnittswerte in den Aufgaben größtenteils überlegen. Shepherd et al. zeigten zuvor an vergleichbaren Trainingsmodellen, dass erfahrene Chirurgen den jüngeren Kollegen bezüglich der Aufgabendurchführungen überlegen waren (Shepherd et al. 2015).

Die Studenten konnten sich unabhängig vom Endoskopiesystem bezüglich der Durchschnittszeiten in der Aufgabe 3 steigern, weshalb in dieser Gruppe mathematisch kein signifikanter Unterschied bezüglich der Veränderungen der Aufgabendurchführung im zweiten Durchgang in 2D und 3D ermittelt werden konnte. Den Fachärzten gelangen signifikante Steigerungen nur in 3D, wodurch sich rückschließen lässt, dass deren Fertigkeiten nicht allein auf den Vorkenntnissen der Endoskopie beruhen, sondern dass die innovative Technik einen bedeutenden Beitrag zur Verbesserung leistete. Schließlich gelang den beiden Gruppen der Ärzte in Aufgabe 3 eine signifikante Verbesserung mit der 3D- gegenüber der 2D-Endoskopie. Laparoskopische Studien in 2D mit wiederholten Trainingseinheiten belegen dies. Jüngere, unerfahrenere Probanden konnten ihre Leistungen in weiteren Versuchen deutlich steigern, der Unterschied in erfahreneren Gruppen war jedoch nicht derart ausgeprägt (Salkini et al. 2010; Eversbusch et al. 2004). Am 3D-System können die endoskopischen Fertigkeiten einfacher und schneller erlernt und verbessert werden (Ashraf et al. 2015).

#### **5.4 Entscheidung für ein Endoskopiesystem und subjektive Verbesserung**

Bei der subjektiven Einschätzung, welches der beiden Endoskopiesysteme die Probanden bezüglich der Schnelligkeit, der Effizienz, der Optik und der Handhabung bevorzugen, hat sich der Großteil für das 3D-System entschieden – die Wahl für die dreidimensionale Wiedergabe fiel unter den Teilnehmern mit weniger Berufserfahrung noch deutlicher aus. Insgesamt entschieden sich in dieser Studie 68,8% aller Probanden für das 3D-Endoskopiesystem. Der Grund lag in der sowohl subjektiven als auch objektiven Verbesserung der laparoskopischen Kenntnisse, was zu einer allgemeinen Bevorzugung dieser innovativen Technik führte. Ko et al. kamen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die Probanden die 3D-Endoskopie bevorzugten (Ko et al. 2015).

Die Verbesserungen der Durchschnittszeiten der jüngeren Probanden spiegelten sich auch in deren subjektiven Selbsteinschätzung wieder. Anfangs gaben sie auf Grund ihrer endoskopischen Unkenntnisse an, wenig bis keine Aufgaben während einer Operation übernehmen zu können. Vor den Aufgaben trauten sich lediglich 10% der Studenten die „Kameraassistenten“ zu („größtenteils“ und „sehr“). Nach den Übungen waren es 28,3%, was einer Steigerung um fast 200% entspricht. Auch die Assistenzärzte und teils die Fachärzte konnten sich im Bereich des Selbstvertrauens verbessern. Schoenthaler et al. kamen zu einem ähnlichen Ergebnis. Vor allem die junge Generation fühlt sich bei den Arbeiten in 3D sicherer und empfindet den Umgang mit dem Endoskopieset und den Materialien als umgangsfreundlicher (Schoenthaler et al. 2016). Nepomnayshy et al. stellten durch eine anonyme Online-Befragung (78% bariatrische Chirurgen) fest, dass viele Chirurgen sich nicht gänzlich sicher in ihren endoskopischen Handhabungen fühlen. Sie kamen zu dem Entschluss, dass ein laparoskopischer Lehrplan, der unter anderem das Vernähen, den Umgang mit der Anatomie und die Koordination während der Operation vorsieht, sinnvoll wäre (Nepomnayshy et al. 2015). Besonders junge Chirurgen mit wenig Erfahrung profitieren von spezifisch konzipierten Trainingsmodellen und Übungen zur Vorbereitung auf den operativen Alltag (Bellorin et al. 2015).

#### **5.5 Ein Vergleich der Operationssimulationen mit der Realität**

Diese Studie zeigte insgesamt eine signifikante Steigerung aller drei Ausbildungsgruppen bezüglich der Umsetzung der einzelnen Aufgaben mit Hilfe der 3D-Endoskopie im Vergleich zur 2D-Endoskopie. Sowohl die erhobenen Daten als auch die subjektive Beurteilung der Teilnehmer konnten die Vorteile der dreidimensionalen Darstellung darlegen. Dies galt

sowohl für kleinere Anfängerübungen als auch für größere operationsvorbereitende Aufgaben. Bereits im europäischen Trainingsprogramm der „European-Basic Laparoscopic Urological Skills (E-BLUS)“ konnte an einer kleineren Anzahl an jungen Chirurgen für einfachste endoskopische Übungen – wie die Nadel zu führen, einen Kreis aus einem ausgewählten Material auszuschneiden oder einen Knoten zu machen – nachgewiesen werden, dass das Erlernen der minimal-invasiven Operation durch 3D-Systeme deutlich erleichtert wird (Özsoy et al. 2015). Vergleichbare Vorteile haben sich auch bei einer kleineren Gruppe von Studenten gezeigt. In Anfängerübungen wie dem einfachen Transfer einer Stecknadel, einer kontinuierlichen Naht und der intrakorporalen Knotendurchführung war sowohl die Zeit als auch die Fehleranzahl in der dreidimensionalen Wiedergabe geringer (Nolan et al. 2015). Gomez-Gomez et al. kamen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass Studenten für das Transferieren von Objekten, für das Knoten, für das Festklemmen und Schneiden sowie für die Nadelführung subjektiv und objektiv im Mittel in 3D weniger Zeit benötigten als in 2D (Gomez-Gomez et al. 2015).

Für einen Vergleich der Operationssimulationen mit der Realität können vor allem die Aufgaben 3 und 4 als komplexe Operationssimulationen herangezogen werden. So konnten sowohl die Assistenzärzte als auch die Fachärzte den simulierten Scheidenverschluss in 3D nach dem ersten Durchgang in 2D signifikant schneller durchführen. Ebenso vollendeten die Spezialisten die simulierte Sakrokolpopexie signifikant schneller in 3D nach dem Start in 2D. An simulierten Operationen an Tieren konnten Vorteile der dreidimensionalen Darstellung bewiesen werden. Unerfahrenen Chirurgen der urologischen Abteilung fiel die Durchführung der Nierenbeckenplastik und der partiellen Nephrektomie an Schweinemodellen in 3D deutlich leichter (Cicione et al. 2015). Operative Simulationen an Kadavern von Kaninchen, die in der Größe dem der Neugeborenen ähneln, haben gezeigt, dass verschiedenste operative Eingriffe in 3D einen zeitlichen Vorteil aufwiesen und die minimal-invasive Chirurgie durch das 3D-System deutlich erleichtert wurde (Feng et al. 2015a). Ebenso konnte die 3D-Wiedergabe bereits bei Nasennebenhöhlen- und Schädelbasisübungseingriffen an Verstorbenen überzeugen. Die 3D-Endoskopie lieferte einen genaueren Überblick über die anatomischen Strukturen und Verhältnisse und ermöglichte einen präziseren Umgang mit den Geräten (Ogino-Nishimura et al. 2014).

## 5.6 Kosten

Das 3D-System ermöglicht eine deutliche Verbesserung der Durchschnittszeiten laparoskopischer Aufgaben sowohl für unerfahrene als auch fortgeschrittene Chirurgen. Laut Mashiach et al muss dieser Vorteil unter anderem mit den höheren Kosten der innovativen Technik abgewogen werden (Mashiach et al. 2014). Dickhoff et al. stellten hingegen fest, dass die Kosten der zweidimensionalen und dreidimensionalen Endoskopiesets bereits teils angeglichen sind, wie bei der VATS-Laparoskopie (Dickhoff et al. 2015). Ebenso sind die beiden Endoskopiegeräte, die während des Zeitraumes der Datenerhebung in der „Kiel School of Gynaecological Endoscopy“ zur Verfügung standen, von den Anschaffungskosten fast identisch. Die 3D-Apparatur ist lediglich 7644 Euro teurer (vgl. **Abbildung 33**, Anhang). Zudem muss bedacht werden, dass jede zusätzliche Minute eines laufenden Operationssaals sehr kostenaufwändig ist und ein schnelleres Operieren demnach von Vorteil wäre. Diese Rechnungen werden heute für alle innovativen Änderungen durchkalkuliert, so auch für die 3D-Technik und für die Roboterchirurgie (Reynisson et al. 2013).

## 5.7 Das weitere Entwicklungspotenzial der Endoskopie

Diese Studie zeigte, dass sich die Fachärzte vor allem in den operationssimulierenden Aufgaben in 3D signifikant verbessern konnten. Smith et al. verdeutlichten am Beispiel des relativ neuen 3D-Polarisationssystems – ein Verfahren zur Darstellung von stereoskopischen 3D-Bildern – wie stark bereits von dieser innovativen Technik profitiert wird: 62% weniger Fehler, 35% Verringerung der Arbeitszeit, Verbesserung der instrumentellen Bewegung und eine Minimierung der Greifhäufigkeiten mit den Endoskopiegeräten im Vergleich zur herkömmlichen 2D-Darstellung (Smith et al. 2014). Für viele medizinische Bereiche wie der Darmkrebsbehandlung ist bereits erwiesen, dass die 3D-Endoskopie deutliche Vorteile bietet und deswegen gerade in diesem Bereich ein Augenmerk auf den Fortschritt dieses Verfahrens gelegt werden sollte (Guerrieri et al. 2015). Ebenso wurden erste operative Eingriffe zur transnasalen endoskopischen Wirbelsäulenchirurgie unternommen, da die Wiedergabe in 3D überzeugte (Zenga et al. 2015).

Den unaufhaltsamen Aufstieg der minimal-invasiven Chirurgie hat bereits das Vereinigte Königreich erkannt und aus diesem Grund ein nationales Lehrprogramm der endoskopischen Arbeiten, inklusive der 3D-Laparoskopie, eingeführt (Coleman et al. 2011). Yamaguchi et al. deuteten schon vor fast 30 Jahren an, dass die dreidimensionale Wiedergabe im Bereich des Gastrointestinaltraktes dazu beitragen wird, dass Veränderungen im Körper wie Tumore neu

klassifiziert, aufbauend hierauf neue Bewertungsindexe erstellt und neue Kriterien für die Heilung entwickelt werden können (Yamaguchi et al. 1988).

Während der laparoskopischen Arbeiten der 277 Probanden gaben nur wenige Teilnehmer an, dass sie das Tragen der 3D-Brille störte und nur ein Bruchteil beklagte sich bezüglich einer eingeschränkten oder verschwommenen Sicht oder dass bei ihnen Schwindel auftrat. Auf eine statistische Auswertung wurde verzichtet. Nur eine Studentin konnte nicht an der Studie teilnehmen, da sie in der Kindheit eine Augenoperation auf Grund eines angeborenen Strabismus hatte, was verhinderte, dass sie die Sicht unter 3D ohne Übelkeit tolerieren konnte. Teilweise ist das subjektive Gefühl der 3D-Endoskopie immer noch gewöhnungsbedürftig. So werden beim Arbeiten in 3D zwar teils noch Nebenwirkungen wie Schwindel angegeben (Ko et al. 2015), es existieren jedoch auch Studien, die belegen, dass die dreidimensionale Wiedergabe keine Nachteile wie die visuelle Ermüdung oder Augen- und Kopfschmerzen mehr im Vergleich zur 2D-Bildgebung aufzeigt (Zhou et al. 2015; Tanagho et al. 2012; Tabaei et al. 2009). Auch der Punkt der Müdigkeit wurde bereits durch neuere Technologien beseitigt und in der Studie von Kinoshita et al. widerlegt (Kinoshita et al. 2015).

Nachteilig ist, dass bisher nicht alle Chirurgen in 3D stereoskopisch sehen können (Fergo et al. 2016) weitere Forschungen und Innovationen könnten die letzten Nachteile, wie zum Beispiel die auf einen bestimmten Bereich des Monitors begrenzte abgebildete dreidimensionale Wiedergabe, jedoch beheben (Kyriazis et al. 2015). Darüber hinaus wurde schon vor mehr als 20 Jahren postuliert, dass diese Nachteile nicht den Ausschlag geben sollten, diese neue Technik nicht zu verwenden (Pietrabissa et al. 1994). Es sind noch nicht alle Erwartungshaltungen erfüllt, die 3D-Endoskopie stellt allerdings eine Revolution in der minimal-invasiven Chirurgie dar und wird einen großen Beitrag für den Fortschritt der Endoskopie leisten und eine neue Ära einläuten (Hyun et al. 2012), zumal sich auch die Patienten bei einer Operationsindikation zunehmend einen minimal-invasiven Eingriff (Laparoskopie, Robotertechnik) wünschen (Schroek et al. 2008).

## **5.8 Limitationen der Studie**

Diese Promotionsarbeit bot durch die sehr große Anzahl an Teilnehmern ein Probandenfeld mit breit gefächertem Ausbildungsstand. Jeder Proband betätigte mindestens eine Aufgabe an einem Endoskopiesystem, sodass eine große Anzahl für die Durchschnittswerte der einzelnen Aufgaben generiert werden konnte. Dies stellte jedoch gleichzeitig die stärkste Limitation

dieser Studie dar. Denn nicht alle Probanden konnten jede Aufgabe sowohl am 2D- als auch am 3D-System durchführen, wodurch eine Anzahl an Probanden für die jeweilige Aufgabe und Auswertung wegfiel, was eine noch stärkere Power für die Datenerhebung verhinderte. Dies sollte als Grundlage und Anregung zukünftiger Studien in diesem Themengebiet dienen, um weitere Erkenntnisse speziell in einzelnen Aufgaben – entweder einfache Anfängerübungen oder komplexe Operationssimulationen – zu erlangen und repräsentative, signifikante Ergebnisse zu erzielen.

## **5.9 Fazit**

Die 3D-Endoskopie bietet bereits deutliche Verbesserungen gegenüber der herkömmlichen Endoskopie. Insgesamt war ein schnellerer Lernfortschritt bemerkbar (vor allem bei den jüngeren Studenten und Assistenzärzten), zudem fühlte sich der Großteil der Teilnehmer beim Arbeiten am 3D-Monitor sicherer und die Handhabung der laparoskopischen Arbeiten fiel leichter. Dies zeigte, dass derartige Kurse bzw. Übungen eine große Chance darstellen, um Berufsanfängern einen guten Start in den operativen Alltag zu ermöglichen, aber auch, dass die erfahreneren Kollegen sich nochmals in ihren Fertigkeiten steigern können.

Letztendlich bietet die 3D-Endoskopie operative Vorteile, die erfolgreiche Eingriffe ermöglichen. Darüber hinaus zeigte diese Studie durch ihre Aufgabenstellungen mit steigendem Schwierigkeitsgrad, dass sich vor allem angehende bzw. junge Ärzte in den Handhabungen und Kenntnissen der Laparoskopie in der Endoskopieschule in Kiel deutlich verbesserten. Das Üben an den Pelvi-Trainern bot eine ausgezeichnete Plattform die Grundkenntnisse der Endoskopie zu erlernen und sich bestmöglich auf den operativen Alltag vorzubereiten bzw. die Weiterbildung optimal zu unterstützen und förderte zudem sichtlich das Selbstvertrauen, im operativen Geschäft mehr Verantwortung übernehmen zu können. So ist neben einer optimalen technischen Ausstattung der Klinik auch die präklinische Vorschulung wie an Pelvi-Trainern ein wichtiges Medium, das in das Curriculum der Zukunft Einzug finden wird. Eine strukturierte Grundausbildung ist einer reinen klinischen Ausbildung bzw. einer klinischen Ausbildung verbunden mit Laborarbeiten deutlich überlegen (De Win et al. 2013). Letztendlich konnten auch die Fachärzte stark profitieren und ihre endoskopischen Fertigkeiten perfektionieren. Zudem wurde den Teilnehmern mit der 3D-Darstellung ein ihnen meist noch nicht bekanntes, innovatives Operationsmodul vorgestellt.

Angesichts der schnellen Verbreitung der 3D-Endoskopie ist es möglich, dass diese die herkömmliche zweidimensionale Bildwiedergabe ersetzen wird (Silvestri et al. 2011).

## II. Zusammenfassung

Die Fortschritte im Bereich der operativen Medizin haben in den letzten Jahren deutliche Errungenschaften hervorgebracht. Patientenschonendere Eingriffe, reduzierte Anästhesie, geringere Operationsrisiken und kürzere Krankenhausaufenthalte sind ein zu nennender Teil. In dieser Studie sollten die Fragestellungen, ob das Arbeiten mittels 3D effizienter, schneller, umgangsfreundlicher und einfacher zu bedienen ist als die herkömmliche 2D-Technik in Korrelation zur operativen Erfahrung und der Selbsteinschätzung beantwortet werden. Zudem: Operateure welchen Ausbildungsgrades profitieren am meisten von einem 3D-System?

277 Probanden arbeiteten an einem Operationssystem von KARL STORZ, sowohl im 2D-HD- als auch im 3D-Modus und einem Endoskopiebasissatz (Präparier- und Fasszangen, Schere und Makronadelhaltern). Als Inlays der Pelvi-Trainer wurden selbst erarbeitete objektivierbare Modelle verwendet. Vier Übungen wurden herausgearbeitet: (1) Einfaches Greifen und Übergeben von Nadeln, (2) Schneiden vorgegebener Markierungen, (3) Scheidenverschluss mit Prolapsprophylaxe, (4) Sakrokolpopexie. Die Fortschritte wurden anhand eines Pre-Tests und eines Post-Tests gemessen. Die Randomisierung der Reihenfolge (2D-HD oder 3D) erfolgte anhand eines Zufallsgenerators. Ausgewertet wurde zudem ein Fragebogen, der die Selbsteinschätzung der Probanden bezüglich ihrer Arbeiten in 2D und 3D klassifizierte.

Das 3D-System ermöglichte insgesamt ein schnelleres Arbeiten, eine bessere optische Darstellung der Gegebenheiten und ein einfacheres Handhaben der endoskopischen Geräte. So konnten alle Studenten ihre Ergebnisse in der ersten Übung in der 3D-Wiedergabe gegenüber der 2D-Darstellung steigern. Darüber hinaus machten sie signifikant weniger Fehler in der Aufgabe 2 in 3D ( $p = 0,001$  und  $p = 0,015$ ). Die Ärzte konnten ihre Ergebnisse signifikant in den komplexen Operationssimulationen in 3D steigern. Die Assistenzärzte verbesserten sich signifikant in dem Scheidenverschluss mit Prolapsprophylaxe ( $p = 0,044$ ), ebenso wie die Fachärzte ( $p < 0,001$ ), die sich zudem in der Sakrokolpopexy signifikant steigerten ( $p = 0,036$ ). So war nicht verwunderlich, dass sich der Großteil der Teilnehmer für das 3D-System als das überlegenere Endoskopiesystem entschied (Studenten=80,4%, Assistenzärzte=75% und Fachärzte=61,1%).

Die Studie zeigte, dass systematische Trainingsprogramme die Lernkurve von Berufsanfängern verkürzen können aber auch Fortgeschrittenen und Experten schnelleres und sicheres Erlernen komplexer Operationen am Modell erlauben.

## V. Literaturverzeichnis

- Abd-El-Barr, M. M., Cohen, A. R. (2013): The origin and evolution of neuroendoscopy. *Childs Nerv Syst*, 29, 727-737
- Agrusa, A., di Buono, G., Chianetta, D., Sorce, V., Citarrella, R., Galia, M., Vernuccio, L., Romano, G., Gulotta, G. (2016): Three-dimensional (3D) versus two-dimensional (2D) laparoscopic adrenalectomy: A case-control study. *Int J Surg*, 28 Suppl 1, 114-117
- Alaraimi, B., El Bakbak, W., Sarker, S., Makkiyah, S., Al-Marzouq, A., Goriparthi, R., Bouhelal, A., Quan, V., Patel, B. (2014): A randomized prospective study comparing acquisition of laparoscopic skills in three-dimensional (3D) vs. two-dimensional (2D) laparoscopy. *World J Surg*, 38, 2746-2752
- Alkatout, I., Mettler, L., Peters, G., Noe, G., Holthaus, B., Jonat, W., Schollmeyer, T. (2014): Laparoscopic hysterectomy and prolapse: a multiprocedural concept. *JSLs*, 18, 89-101
- Alkatout, I., Nicolai, M., Egberts, J.-H., Jünemann, K.-P., Ackermann, J., Rainer, K. (2016): Roboterchirurgie in der Gynäkologie – Status quo. *Der Gynäkologe*, 49, 470-476
- Alkatout, I., Stuhlmann-Laeisz, C., Mettler, L., Jonat, W., Schollmeyer, T. (2011): Organ-preserving management of ovarian pregnancies by laparoscopic approach. *Fertil Steril*, 95, 2467-2470 e2461-2462
- Antoniou, S. A., Antoniou, G. A., Antoniou, A. I., Granderath, F. A. (2015): Past, Present, and Future of Minimally Invasive Abdominal Surgery. *JSLs*, Jul-Sep; 19(3) doi: 10.4293/JSLs.2015.00052. Available from: <http://dx.doi.org/10.4293/JSLs.2015.00052>.
- Antoniou, S. A., Antoniou, G. A., Koutras, C., Antoniou, A. I. (2012): Endoscopy and laparoscopy: a historical aspect of medical terminology. *Surg Endosc*, 26, 3650-3654
- Ashraf, A., Collins, D., Whelan, M., O'Sullivan, R., Balfe, P. (2015): Three-dimensional (3D) simulation versus two-dimensional (2D) enhances surgical skills acquisition in standardised laparoscopic tasks: a before and after study. *Int J Surg*, 14, 12-16
- Aykan, S., Singhal, P., Nguyen, D. P., Yigit, A., Tuken, M., Yakut, E., Colakerol, A., Sulejman, S., Semercioz, A. (2014): Perioperative, pathologic, and early continence outcomes comparing three-dimensional and two-dimensional display systems for

laparoscopic radical prostatectomy--a retrospective, single-surgeon study. *J Endourol*, 28, 539-543

- Bagan, P., De Dominicis, F., Hernigou, J., Dakhil, B., Zaimi, R., Pricopi, C., Le Pimpec Barthes, F., Berna, P. (2015): Complete thoracoscopic lobectomy for cancer: comparative study of three-dimensional high-definition with two-dimensional high-definition video systems dagger. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 20, 820-823
- Becker, H., Melzer, A., Schurr, M. O., Buess, G. (1993): 3-D video techniques in endoscopic surgery. *Endosc Surg Allied Technol*, 1, 40-46
- Beer-Furlan, A., Evins, A. I., Rigante, L., Anichini, G., Stieg, P. E., Bernardo, A. (2014): Dual-Port 2D and 3D Endoscopy: Expanding the Limits of the Endonasal Approaches to Midline Skull Base Lesions with Lateral Extension. *J Neurol Surg B Skull Base*, 75, 187-197
- Bellorin, O., Kundel, A., Sharma, S., Ramirez-Valderrama, A., Lee, P. (2015): Training model for laparoscopic Heller and Dor fundoplication: a tool for laparoscopic skills training and assessment-construct validity using the GOALS score. *Surg Endosc*, 1-7
- Bernardo, A., Boeris, D., Evins, A. I., Anichini, G., Stieg, P. E. (2014): A combined dual-port endoscope-assisted pre- and retrosigmoid approach to the cerebellopontine angle: an extensive anatomic-surgical study. *Neurosurg Rev*, 37, 597-608
- Bove, P., Iacovelli, V., Celestino, F., De Carlo, F., Vespasiani, G., Finazzi Agro, E. (2015): 3D vs 2D laparoscopic radical prostatectomy in organ-confined prostate cancer: comparison of operative data and pentafecta rates: a single cohort study. *BMC Urol*, 15, 12
- Buchs, N. C., Morel, P. (2013a): Three-dimensional laparoscopy: a new tool in the surgeon's armamentarium. *Surg Technol Int*, 23, 19-22
- Buchs, N. C., Volonte, F., Pugin, F., Toso, C., Morel, P. (2013b): Three-dimensional laparoscopy: a step toward advanced surgical navigation. *Surg Endosc*, 27, 692-693
- Chiu, C. J., Lobo Prabhu, K., Tan-Tam, C. C., Panton, O. N., Meneghetti, A. (2015): Using three-dimensional laparoscopy as a novel training tool for novice trainees compared with two-dimensional laparoscopy. *Am J Surg*, 209, 824-827
- Cicione, A., Autorino, R., Breda, A., De Sio, M., Damiano, R., Fusco, F., Greco, F., Carvalho-Dias, E., Mota, P., Nogueira, C., Pinho, P., Mirone, V., Correia-Pinto, J., Rassweiler, J., Lima, E. (2013): Three-dimensional vs standard laparoscopy:

comparative assessment using a validated program for laparoscopic urologic skills. *Urology*, 82, 1444-1450

- Cicione, A., Autorino, R., Laguna, M. P., De Sio, M., Micali, S., Turna, B., Sanchez-Salas, R., Quattrone, C., Dias, E., Mota, P., Bianchi, G., Damano, R., Rassweiler, J., Lima, E. (2015): Three-dimensional Technology Facilitates Surgical Performance of Novice Laparoscopy Surgeons: A Quantitative Assessment on a Porcine Kidney Model. *Urology*, 85, 1252-1256
- Coleman, M. G., Hanna, G. B., Kennedy, R. (2011): The National Training Programme for Laparoscopic Colorectal Surgery in England: a new training paradigm. *Colorectal Dis*, 13, 614-616
- Cologne, K. G., Zehetner, J., Liwanag, L., Cash, C., Senagore, A. J., Lipham, J. C. (2015): Three-dimensional Laparoscopy: Does Improved Visualization Decrease the Learning Curve Among Trainees in Advanced Procedures? *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*, 25, 321-323
- Curro, G., La Malfa, G., Lazzara, S., Caizzone, A., Fortugno, A., Navarra, G. (2015): Three-Dimensional Versus Two-Dimensional Laparoscopic Cholecystectomy: Is Surgeon Experience Relevant? *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 25, 566-570
- De Gouveia De Sa, M., Claydon, L. S., Whitlow, B., Dolcet Artahona, M. A. (2016): Laparoscopic versus open sacrocolpopexy for treatment of prolapse of the apical segment of the vagina: a systematic review and meta-analysis. *Int Urogynecol J*, 27, 3-17
- De Win, G., Van Bruwaene, S., Aggarwal, R., Crea, N., Zhang, Z., De Ridder, D., Miserez, M. (2013): Laparoscopy training in surgical education: the utility of incorporating a structured preclinical laparoscopy course into the traditional apprenticeship method. *J Surg Educ*, 70, 596-605
- Dickhoff, C., Li, W. W., Symersky, P., Hartemink, K. J. (2015): Feasibility of 3-dimensional video-assisted thoracic surgery (3D-VATS) for pulmonary resection. *Ann Surg Innov Res*, 9, 8
- Eversbusch, A., Grantcharov, T. P. (2004): Learning curves and impact of psychomotor training on performance in simulated colonoscopy: a randomized trial using a virtual reality endoscopy trainer. *Surg Endosc*, 18, 1514-1518
- Feng, X., Morandi, A., Boehne, M., Imvised, T., Ure, B. M., Kuebler, J. F., Lacher, M. (2015a): 3-Dimensional (3D) laparoscopy improves operating time in small spaces

without impact on hemodynamics and psychomental stress parameters of the surgeon. *Surg Endosc.* 29: 1231-1239.

- Feng, X., Morandi, A., Imvised, T., Ure, B. M., Kuebler, J. F., Lacher, M. (2015b): Three-Dimensional Versus Two-Dimensional Imaging in Adult Versus Pediatric Laparoscopy: A Simulator Box Study. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 25, 1051-1056
- Fergo, C., Burcharth, J., Pommergaard, H. C., Rosenberg, J. (2016): Age is highly associated with stereo blindness among surgeons: a cross-sectional study. *Surg Endosc*, 30, 4889-4894
- Field, M., Clarke, D., Strup, S., Seales, W. B. (2009): Stereo endoscopy as a 3-D measurement tool. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2009, 5748-5751
- Fraser, J. F., Allen, B., Anand, V. K., Schwartz, T. H. (2009): Three-dimensional neurostereoscopy: subjective and objective comparison to 2D. *Minim Invasive Neurosurg*, 52, 25-31
- Gaudreau, P., Fordham, M. T., Dong, T., Liu, X., Kang, S., Preciado, D., Reilly, B. K. (2016): Visualization of the Supraglottis in Laryngomalacia With 3-Dimensional Pediatric Endoscopy. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*, 142, 258-262
- Ghedi, A., Donarini, E., Lamera, R., Sgroi, G., Turati, L., Ercole, C. (2015): 3D vs 2D laparoscopic systems: Development of a performance quantitative validation model. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2015, 6884-6887
- Gomez-Gomez, E., Carrasco-Valiente, J., Valero-Rosa, J., Campos-Hernandez, J. P., Anglada-Curado, F. J., Carazo-Carazo, J. L., Font-Ugalde, P., Requena-Tapia, M. J. (2015): Impact of 3D vision on mental workload and laparoscopic performance in inexperienced subjects. *Actas Urol Esp*, 39, 229-235
- Guerrieri, M., Campagnacci, R., Sperti, P., Belfiori, G., Gesuita, R., Ghiselli, R. (2015): Totally robotic vs 3D laparoscopic colectomy: A single centers preliminary experience. *World J Gastroenterol*, 21, 13152-13159
- Hanna, G. B., Shimi, S. M., Cuschieri, A. (1998): Randomised study of influence of two-dimensional versus three-dimensional imaging on performance of laparoscopic cholecystectomy. *Lancet*, 351, 248-251
- Hofmeister, J., Frank, T. G., Cuschieri, A., Wade, N. J. (2001): Perceptual aspects of two-dimensional and stereoscopic display techniques in endoscopic surgery: review and current problems. *Semin Laparosc Surg*, 8, 12-24

- Hyun, J. J., Chun, H. J., Keum, B., Seo, Y. S., Kim, Y. S., Jeon, Y. T., Lee, H. S., Um, S. H., Kim, C. D., Ryu, H. S., Lim, J. W., Woo, D. G., Kim, Y. J., Lim, M. T. (2012): Feasibility of obtaining quantitative 3-dimensional information using conventional endoscope: a pilot study. *Clin Endosc*, 45, 182-188
- Inoue, D., Yoshimoto, K., Uemura, M., Yoshida, M., Ohuchida, K., Kenmotsu, H., Tomikawa, M., Sasaki, T., Hashizume, M. (2013): Three-dimensional high-definition neuroendoscopic surgery: a controlled comparative laboratory study with two-dimensional endoscopy and clinical application. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 74, 357-365
- Kari, E., Oyesiku, N. M., Dadashev, V., Wise, S. K. (2012): Comparison of traditional 2-dimensional endoscopic pituitary surgery with new 3-dimensional endoscopic technology: intraoperative and early postoperative factors. *Int Forum Allergy Rhinol*, 2, 2-8
- Khoshabeh, R., Juang, J., Talamini, M. A., Nguyen, T. Q. (2012): Multiview glasses-free 3-D laparoscopy. *IEEE Trans Biomed Eng*, 59, 2859-2865
- Kinoshita, H., Nakagawa, K., Usui, Y., Iwamura, M., Ito, A., Miyajima, A., Hoshi, A., Arai, Y., Baba, S., Matsuda, T. (2015): High-definition resolution three-dimensional imaging systems in laparoscopic radical prostatectomy: randomized comparative study with high-definition resolution two-dimensional systems. *Surg Endosc*, 29, 2203-2209
- Ko, J. K., Li, R. H., Cheung, V. Y. (2015): Two-dimensional versus three-dimensional laparoscopy: evaluation of physicians' performance and preference using a pelvic trainer. *J Minim Invasive Gynecol*, 22, 421-427
- Kong, S. H., Oh, B. M., Yoon, H., Ahn, H. S., Lee, H. J., Chung, S. G., Shiraishi, N., Kitano, S., Yang, H. K. (2010): Comparison of two- and three-dimensional camera systems in laparoscopic performance: a novel 3D system with one camera. *Surg Endosc*, 24, 1132-1143
- Kunert, W., Storz, P., Kirschniak, A. (2013): For 3D laparoscopy: a step toward advanced surgical navigation: how to get maximum benefit from 3D vision. *Surg Endosc*, 27, 696-699
- Kyriazis, I., Ozsoy, M., Kallidonis, P., Vasilas, M., Panagopoulos, V., Liatsikos, E. (2015): Integrating Three-Dimensional Vision in Laparoscopy: The Learning Curve of an Expert. *J Endourol*, 29, 657-660

- Lee, C. S., Chui, C. K., Chang, S. K. (2013): Influence of dynamic shadowing on 2D and 3D laparoscopic visualization under visible light and infrared light. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 23, 561-569
- Leite, M., Carvalho, A. F., Costa, P., Pereira, R., Moreira, A., Rodrigues, N., Laureano, S., Correia-Pinto, J., Vilaca, J. L., Leao, P. (2016): Assessment of Laparoscopic Skills Performance: 2D Versus 3D Vision and Classic Instrument Versus New Hand-Held Robotic Device for Laparoscopy. *Surg Innov*, 23, 52-61
- Litynski, G. S. (1997): Laparoscopy between the world wars: the barriers to transatlantic exchange. Spotlighting Heinz Kalk and John C. Ruddock. *JLS*, 1, 185-188
- Lusch, A., Bucur, P. L., Menhadji, A. D., Okhunov, Z., Liss, M. A., Perez-Lanzac, A., McDougall, E. M., Landman, J. (2014): Evaluation of the impact of three-dimensional vision on laparoscopic performance. *J Endourol*, 28, 261-266
- Martinez-Ubieto, F., Jimenez-Bernado, T., Martinez-Ubieto, J., Cabrerizo, A., Pascual-Bellosta, A., Munoz-Rodriguez, L., Jimenez-Bernado, A. (2015): Three-Dimensional Laparoscopic Sleeve Gastrectomy: Improved Patient Safety and Surgeon Convenience. *Int Surg*, 100, 1134-1137
- Mashiach, R., Mezhybovsky, V., Nevler, A., Gutman, M., Ziv, A., Khaikin, M. (2014): Three-dimensional imaging improves surgical skill performance in a laparoscopic test model for both experienced and novice laparoscopic surgeons. *Surg Endosc*, 28, 3489-3493
- 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, 210-226
- Mettler, L., Sammur, W., Alkatout, I., Schollmeyer, T. (2011): Imaging in gynecologic surgery. *Womens Health (Lond Engl)*, 7, 239-248; quiz 249-250
- Nassimizadeh, A., Muzaffar, S. J., Nassimizadeh, M., Beech, T., Ahmed, S. K. (2015): Three-Dimensional Hand-to-Gland Combat: The Future of Endoscopic Surgery? *J Neurol Surg Rep*, 76, 200-204
- Nepomnayshy, D., Alseidi, A. A., Fitzgibbons, S. C., Stefanidis, D. (2015): Identifying the need for and content of an advanced laparoscopic skills curriculum: results of a national survey. *Am J Surg*, 211, 421-425
- Nickel, F., Brzoska, J. A., Gondan, M., Rangnick, H. M., Chu, J., Kenngott, H. G., Linke, G. R., Kadmon, M., Fischer, L., Muller-Stich, B. P. (2015): Virtual reality

training versus blended learning of laparoscopic cholecystectomy: a randomized controlled trial with laparoscopic novices. *Medicine (Baltimore)*, 94, e764

- Nolan, G. J., Howell, S., Hewett, P. (2015): Impact of three-dimensional imaging in acquisition of laparoscopic skills in novice operators. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 25, 301-304
- Ogino-Nishimura, E., Nakagawa, T., Sakamoto, T., Ito, J. (2014): Efficacy of three-dimensional endoscopy in endonasal surgery. *Auris Nasus Larynx*, 42, 203-207
- Özsoy, M., Kallidonis, P., Kyriazis, I., Panagopoulos, V., Vasilas, M., Sakellaropoulos, G. C., Liatsikos, E. (2015): Novice surgeons: do they benefit from 3D laparoscopy? *Lasers Med Sci*, 30, 1325-1333
- Pietrabissa, A., Scarcello, E., Carobbi, A., Mosca, F. (1994): Three-dimensional versus two-dimensional video system for the trained endoscopic surgeon and the beginner. *Endosc Surg Allied Technol*, 2, 315-317
- Reynisson, P., Persson, J. (2013): Hospital costs for robot-assisted laparoscopic radical hysterectomy and pelvic lymphadenectomy. *Gynecol Oncol*, 130, 95-99
- Salkini, M. W., Hamilton, A. J. (2010): The effect of age on acquiring laparoscopic skills. *J Endourol*, 24, 377-379
- Sargent, R. G. (2013): Verification and validation of simulation models. *Journal of Simulation*, 7, 12-24
- Schoenthaler, M., Schnell, D., Wilhelm, K., Schlager, D., Adams, F., Hein, S., Wetterauer, U., Miernik, A. (2016): Stereoscopic (3D) versus monoscopic (2D) laparoscopy: comparative study of performance using advanced HD optical systems in a surgical simulator model. *World J Urol*, 34, 471-477
- Schollmeyer, T., Soyinka, A. S., Schollmeyer, M., Meinhold-Heerlein, I. (2007): Georg Kelling (1866-1945): the root of modern day minimal invasive surgery. A forgotten legend? *Arch Gynecol Obstet*, 276, 505-509
- Schroeck, F. R., Krupski, T. L., Sun, L., Albala, D. M., Price, M. M., Polascik, T. J., Robertson, C. N., Tewari, A. K., Moul, J. W. (2008): Satisfaction and regret after open retropubic or robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *Eur Urol*, 54, 785-793
- Shepherd, G., von Delft, D., Truck, J., Kubiak, R., Ashour, K., Grant, H. (2015): A simple scoring system to train surgeons in basic laparoscopic skills. *Pediatr Surg Int*, 32, 245-252

- Silvestri, M., Simi, M., Cavallotti, C., Vatteroni, M., Ferrari, V., Freschi, C., Valdastrì, P., Menciassi, A., Dario, P. (2011): Autostereoscopic three-dimensional viewer evaluation through comparison with conventional interfaces in laparoscopic surgery. *Surg Innov*, 18, 223-230
- Smith, R., Schwab, K., Day, A., Rockall, T., Ballard, K., Bailey, M., Jourdan, I. (2014): Effect of passive polarizing three-dimensional displays on surgical performance for experienced laparoscopic surgeons. *Br J Surg*, 101, 1453-1459
- Sorensen, S. M., Savran, M. M., Konge, L., Bjerrum, F. (2016): Three-dimensional versus two-dimensional vision in laparoscopy: a systematic review. *Surg Endosc*, 30, 11-23
- Storz, P., Buess, G. F., Kunert, W., Kirschniak, A. (2012): 3D HD versus 2D HD: surgical task efficiency in standardised phantom tasks. *Surg Endosc*, 26, 1454-1460
- Tabaei, A., Anand, V. K., Fraser, J. F., Brown, S. M., Singh, A., Schwartz, T. H. (2009): Three-dimensional endoscopic pituitary surgery. *Neurosurgery*, 64, 288-293
- Taffinder, N., Smith, S. G., Huber, J., Russell, R. C., Darzi, A. (1999): The effect of a second-generation 3D endoscope on the laparoscopic precision of novices and experienced surgeons. *Surg Endosc*, 13, 1087-1092
- Tanagho, Y. S., Andriole, G. L., Paradis, A. G., Madison, K. M., Sandhu, G. S., Varela, J. E., Benway, B. M. (2012): 2D versus 3D visualization: impact on laparoscopic proficiency using the fundamentals of laparoscopic surgery skill set. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 22, 865-870
- Tang, F. J., Qi, L., Jiang, H. C., Tong, S. Y., Li, Y. (2016): Comparison of the clinical effectiveness of 3D and 2D imaging systems for laparoscopic radical cystectomy with pelvic lymph node dissection. *J Int Med Res*, 44, 613-619
- Uemura, M., Kenmotsu, H., Tomikawa, M., Kumashiro, R., Yamashita, M., Ikeda, T., Yamashita, H., Chiba, T., Hayashi, K., Sakae, E., Eguchi, M., Fukuyo, T., Chittmittrapap, S., Navicharern, P., Chotiwan, P., Pattana-Arum, J., Hashizume, M. (2015): Novel, high-definition 3-D endoscopy system with real-time compression communication system to aid diagnoses and treatment between hospitals in Thailand. *Asian J Endosc Surg*, 8, 139-147
- Undre, S., Darzi, A. (2007): Laparoscopy simulators. *J Endourol*, 21, 274-279
- Usta, T. A., Gundogdu, E. C. (2015a): The role of three-dimensional high-definition laparoscopic surgery for gynaecology. *Curr Opin Obstet Gynecol*, 27, 297-301

- Usta, T. A., Karacan, T., Naki, M. M., Calik, A., Turkgeldi, L., Kasimogullari, V. (2014): Comparison of 3-dimensional versus 2-dimensional laparoscopic vision system in total laparoscopic hysterectomy: a retrospective study. *Arch Gynecol Obstet*, 290, 705-709
- Usta, T. A., Ozkaynak, A., Kovalak, E., Ergul, E., Naki, M. M., Kaya, E. (2015b): An assessment of the new generation three-dimensional high definition laparoscopic vision system on surgical skills: a randomized prospective study. *Surg Endosc*, 29, 2305-2313
- Velayutham, V., Fuks, D., Nomi, T., Kawaguchi, Y., Gayet, B. (2016): 3D visualization reduces operating time when compared to high-definition 2D in laparoscopic liver resection: a case-matched study. *Surg Endosc*, 30, 147-153
- Votanopoulos, K., Brunicardi, F. C., Thornby, J., Bellows, C. F. (2008): Impact of three-dimensional vision in laparoscopic training. *World J Surg*, 32, 110-118
- Wagner, O. J., Hagen, M., Kurmann, A., Horgan, S., Candinas, D., Vorburger, S. A. (2012): Three-dimensional vision enhances task performance independently of the surgical method. *Surg Endosc*, 26, 2961-2968
- Wilhelm, D., Reiser, S., Kohn, N., Witte, M., Leiner, U., Muhlbach, L., Ruschin, D., Reiner, W., Feussner, H. (2014): Comparative evaluation of HD 2D/3D laparoscopic monitors and benchmarking to a theoretically ideal 3D pseudodisplay: even well-experienced laparoscopists perform better with 3D. *Surg Endosc*, 28, 2387-2397
- Yamaguchi, M., Okazaki, Y., Yanai, H., Takemoto, T. (1988): Three-dimensional determination of gastric ulcer size with laser endoscopy. *Endoscopy*, 20, 263-266
- Zaidi, H. A., Zehri, A., Smith, T. R., Nakaji, P., Laws, E. R., Jr. (2016): Efficacy of Three-Dimensional Endoscopy for Ventral Skull Base Pathology: A Systematic Review of the Literature. *World Neurosurg*, 86, 419-431
- Zdichavsky, M., Schmidt, A., Luithle, T., Manneke, S., Fuchs, J. (2015): Three-dimensional laparoscopy and thoracoscopy in children and adults: A prospective clinical trial. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 24, 154-160
- Zenga, F., Marengo, N., Pacca, P., Pecorari, G., Ducati, A. (2015): C1 anterior arch preservation in transnasal odontoidectomy using three-dimensional endoscope: A case report. *Surg Neurol Int*, 6, 192

- Zhou, J., Xu, H. J., Liang, C. Z., Zhang, L., Hao, Z. Y., Feng, L. X. (2015): A Comparative Study of Distinct Ocular Symptoms After Performing Laparoscopic Surgical Tasks Using a Three-Dimensional Surgical Imaging System and a Conventional Two-Dimensional Surgical Imaging System. *J Endourol*, 29, 816-820

#### IV. Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Verteilung der Probanden in Bezug auf deren Geschlecht und Alter .....	54
<b>Tabelle 2:</b> Verteilung der Probanden in Bezug auf das Geschlecht, das Alter und den Anzahl der Stunden endoskopischer Operationen pro Woche .....	54
<b>Tabelle 3:</b> Subjektive Einschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen und in der Gesamtheit, ob die Arbeit in 3D schneller ist als in 2D. Angabe des p-Wertes, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den Abstimmungen der einzelnen Gruppen gibt.....	55
<b>Tabelle 4:</b> Subjektive Einschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen und in der Gesamtheit, ob die Arbeit in 3D effizienter ist als in 2D. Angabe des p-Wertes, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den Abstimmungen der einzelnen Gruppen gibt.....	55
<b>Tabelle 5:</b> Subjektive Einschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen und in der Gesamtheit, ob die Arbeit in 3D eine bessere Optik bietet als in 2D. Angabe des p-Wertes, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den Abstimmungen der einzelnen Gruppen gibt.....	56
<b>Tabelle 6:</b> Subjektive Einschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen und in der Gesamtheit, ob die Arbeit in 3D ein besseres Handling bietet als in 2D. Angabe des p-Wertes, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den Abstimmungen der einzelnen Gruppen gibt. ....	56
<b>Tabelle 7:</b> Durchschnittszeiten der Studenten in Aufgabe 1 aller gemessenen Zeiten. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe des p-Wertes, ob ein signifikanter Unterschied in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System vorliegt.....	57
<b>Tabelle 8:</b> Durchschnittszeiten in Aufgabe 1 der Studenten, die sowohl in 2D als auch in 3D gearbeitet haben. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe des p-Wertes, ob ein signifikanter Unterschied in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System vorliegt. ....	57
<b>Tabelle 9:</b> Veränderung zum anderen Endoskopiesystem der Studenten im zweiten Durchgang der Aufgabe 1. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe des p-Wertes, ob ein signifikanter Unterschied in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System vorliegt. ....	58

**Table 10:** *Durchschnittswerte aller gemessenen Werte der Aufgabe 2 der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen. Aufgelistet sind sowohl die Zeiten und die Fehler in den jeweiligen beiden Mustern sowohl für das 2D- als auch das 3D-System. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Ergebnissen zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen..... 59*

**Table 11:** *Durchschnittswerte der Aufgabe 2 in der Gruppe der Studenten derjenigen Probanden, die sowohl in 2D als auch in 3D gearbeitet haben. Aufgelistet sind sowohl die Zeiten und die Fehler in den jeweiligen beiden Mustern sowohl für das 2D- als auch das 3D-System. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Ergebnissen zwischen dem 2D- und 3D-System in der Gruppe der Studenten vorliegen..... 60*

**Table 12:** *Durchschnittswerte der Aufgabe 2 in der Gruppe der Assistenzärzte derjenigen Probanden, die sowohl in 2D als auch in 3D gearbeitet haben. Aufgelistet sind sowohl die Zeiten und die Fehler in den jeweiligen beiden Mustern sowohl für das 2D- als auch das 3D-System. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Ergebnissen zwischen dem 2D- und 3D-System in der Gruppe der Assistenzärzte vorliegen. 61*

**Table 13:** *Durchschnittswerte der Aufgabe 2 in der Gruppe der Fachärzte derjenigen Probanden, die sowohl in 2D als auch in 3D gearbeitet haben. Aufgelistet sind sowohl die Zeiten und die Fehler in den jeweiligen beiden Mustern sowohl für das 2D- als auch das 3D-System. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Ergebnissen zwischen dem 2D- und 3D-System in der Gruppe der Fachärzte vorliegen. .... 62*

**Table 14:** *Veränderung der Zeiten der Aufgabe 2 im Vergleich zum anderen Endoskopiesystem der Probanden in der jeweiligen medizinischen Ausbildungsgruppe nach dem zweiten Durchgang. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen..... 63*

**Table 15:** *Veränderung der Anzahl der Fehler im Muster der Punkte der Aufgabe 2 im Vergleich zum anderen Endoskopiesystem der Probanden in der jeweiligen medizinischen Ausbildungsgruppe nach dem zweiten Durchgang. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in der Anzahl der Fehler im Muster der Punkte zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen..... 64*

**Tabelle 16:** Veränderung der Anzahl der Fehler im Muster der Strichreihenfolge der Aufgabe 2 im Vergleich zum anderen Endoskopiesystem der Probanden in der jeweiligen medizinischen Ausbildungsgruppe nach dem zweiten Durchgang. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in der Anzahl der Fehler im Muster der Strichreihenfolge zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen..... 65

**Tabelle 17:** Durchschnittszeiten aller gemessener Zeiten der Aufgabe 3 der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System vorliegen. .... 66

**Tabelle 18:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 3 in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen derjenigen Probanden, die sowohl in 2D als auch in 3D gearbeitet haben. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen..... 67

**Tabelle 19:** Veränderung der Anzahl der „Materialdurchstechungen“ pro Zeit der Aufgabe 3 im Vergleich zum anderen Endoskopiesystem der Probanden in der jeweiligen medizinischen Ausbildungsgruppe nach dem zweiten Durchgang. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in der Anzahl der „Materialdurchstechungen“ pro Zeit zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen..... 68

**Tabelle 20:** Durchschnittszeiten aller gemessenen Zeiten der Aufgabe 4 der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System vorliegen. .... 69

**Tabelle 21:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 4 in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen derjenigen Probanden, die sowohl in 2D als auch in 3D gearbeitet haben. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen..... 70

- Tabelle 22:** Veränderung der Anzahl der Knoten pro Zeit der Aufgabe 4 im Vergleich zum anderen Endoskopiesystem der Probanden in der jeweiligen medizinischen Ausbildungsgruppe nach dem zweiten Durchgang. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in der Anzahl der Knoten pro Zeit zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen..... 71
- Tabelle 23:** Durchschnittswerte aller gemessenen Werte der Aufgabe 2 der Fachärzte in Abhängigkeit der Operationspraxis in Stunden pro Woche. Aufgelistet sind sowohl die Zeiten und die Fehler in den jeweiligen beiden Mustern sowohl für das 2D- als auch das 3D-System. Angaben in Dezimalzahlen..... 72
- Tabelle 24:** Durchschnittszeiten der Fachärzte in Aufgabe 3 aller gemessenen Zeiten in Abhängigkeit der Operationspraxis in Stunden pro Woche. Angaben in Dezimalzahlen..... 74
- Tabelle 25:** Angaben von p-Werten mittels Paarvergleichen, ob signifikante Unterschiede in den Durchschnittszeiten der Fächärzte in Aufgabe 3 in Abhängigkeit der Operationspraxis in Stunden pro Woche vorliegen. .... 74
- Tabelle 26:** Durchschnittszeiten der Fachärzte in Aufgabe 4 aller gemessenen Zeiten in Abhängigkeit der Operationspraxis in Stunden pro Woche. Angaben in Dezimalzahlen..... 75
- Tabelle 27:** Angaben zur finalen Entscheidung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen und der Gesamtheit, welches Endoskopiesystem (2D oder 3D) die Probanden in ihrer Klinik bevorzugen würden..... 76
- Tabelle 28:** Selbsteinschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen zur Frage der subjektiven Sicherheit als Kameraassistent. Angaben konnten mit „gar nicht“, „wenig“, „teilweise“, „größtenteils“ und „sehr“ gemacht werden. Auf der linken, vertikalen Seite sind die Einschätzungen der Probanden vor den praktischen Aufgaben und oben, horizontal die Einschätzungen der Probanden nach den praktischen Aufgaben aufgeführt. .... 77
- Tabelle 29:** Selbsteinschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen zur Frage der subjektiven Sicherheit als erster Assistent. Angaben konnten mit „gar nicht“, „wenig“, „teilweise“, „größtenteils“ und „sehr“ gemacht werden. Auf der linken, vertikalen Seite sind die Einschätzungen der Probanden vor den praktischen Aufgaben und oben, horizontal die Einschätzungen der Probanden nach den praktischen Aufgaben aufgeführt. .... 78

**Table 30:** *Selbsteinschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen zur Frage der subjektiven Sicherheit als Operateur unter Aufsicht. Angaben konnten mit „gar nicht“, „wenig“, „teilweise“, „größtenteils“ und „sehr“ gemacht werden. Auf der linken, vertikalen Seite sind die Einschätzungen der Probanden vor den praktischen Aufgaben und oben, horizontal die Einschätzungen der Probanden nach den praktischen Aufgaben aufgeführt. .. 79*

**Table 31:** *Selbsteinschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen zur Frage der subjektiven Sicherheit als selbstständiger Operateur. Angaben konnten mit „gar nicht“, „wenig“, „teilweise“, „größtenteils“ und „sehr“ gemacht werden. Auf der linken, vertikalen Seite sind die Einschätzungen der Probanden vor den praktischen Aufgaben und oben, horizontal die Einschätzungen der Probanden nach den praktischen Aufgaben aufgeführt. .. 80*

## VI. Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Präparier- und Faszange nach Kelly (beide Maulteile beweglich, lang).....</i>	<i>81</i>
<i>Abbildung 2: Faszange nach Manhes.....</i>	<i>81</i>
<i>Abbildung 3: Faszange, gefenstert.....</i>	<i>81</i>
<i>Abbildung 4: Schere nach Metzenbaum.....</i>	<i>82</i>
<i>Abbildung 5: Jeweils ein Makro-Nadelhalter nach Koh mit dem Maulteil nach links bzw. rechts gebogen (mit Hartmetalleinsatz und ergonomischen Pistolengriff mit abschaltbarer Raste, Rastenposition links bzw. rechts).....</i>	<i>82</i>
<i>Abbildung 6: Pelvi-Trainer (Laparoskopie-Trainer nach Szabo-Berci-Sackier).....</i>	<i>83</i>
<i>Abbildung 7: 2-Full-HD-System.....</i>	<i>83</i>
<i>Abbildung 8: 3D-SPIES-System.....</i>	<i>84</i>
<i>Abbildung 9: Aufgabe 1.....</i>	<i>84</i>
<i>Abbildung 10: Aufgabe 2.....</i>	<i>85</i>
<i>Abbildung 11: Aufgabe 3.....</i>	<i>85</i>
<i>Abbildung 12: Aufgabe 4.....</i>	<i>85</i>
<i>Abbildung 13: Subjektive Beurteilung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen, ob die Arbeit in 3D schneller war als in 2D.....</i>	<i>86</i>
<i>Abbildung 14: Subjektive Beurteilung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen, ob die Arbeit in 3D effizienter war als in 2D.....</i>	<i>86</i>
<i>Abbildung 15: Subjektive Beurteilung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen, ob die Arbeit in 3D eine bessere Optik bot als in 2D.....</i>	<i>87</i>
<i>Abbildung 16: Subjektive Beurteilung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen, ob die Arbeit in 3D ein besseres Handling bot als in 2D.....</i>	<i>87</i>

**Abbildung 17:** Durchschnittszeiten aller gemessenen Zeiten der Aufgabe 1 von den Studenten, die an beiden Endoskopiesystemen gearbeitet haben. In der linken Hälfte dieser Abbildung sind die Zeiten der Probanden, die mit dem 3D begonnen haben, in 2D und 3D dargestellt. In der rechten Hälfte dieser Abbildung sind die Zeiten in 2D und 3D aufgeführt, die nach dem Start in 2D erzielt werden konnten. Der Median ist als schwarze Linie hervorgehoben, die Kreise deuten Ausreißer an. .... 88

**Abbildung 18:** Angaben der Aufgabe 1 in Prozent, ob sich die Studenten, die an beiden Endoskopiesystemen gearbeitet haben, im zweiten Durchgang mit dem anderen Endoskopiegerät im Bereich der Schnelligkeit verbessert oder verschlechtert haben oder gleich geblieben sind. In der linken Hälfte dieser Abbildung sind die Probanden nach dem Start in 3D aufgelistet und deren Veränderung in 2D dargestellt. In der rechten Hälfte dieser Abbildung sind äquivalent hierzu die Studenten nach dem Start in 2D aufgeführt und deren Veränderung in 3D beschrieben. .... 89

**Abbildung 19:** Veränderung der Anzahl der Fehler im Muster der Punkte in Aufgabe 2 im zweiten Durchgang mit dem anderen Endoskopiesystem aller Probanden, die an beiden Systemen gearbeitet haben. Für alle drei medizinischen Ausbildungsgruppen ist der Anteil der Teilnehmer, ob sie weniger, gleich oder mehr Fehler machten, in Prozent dargestellt. In der linken Hälfte dieser Abbildung sind die Probanden nach dem Start in 3D und deren Veränderungen in 2D dargestellt. In der rechten Hälfte dieser Abbildung sind die Probanden nach dem Start in 2D und deren Veränderungen in 3D aufgeführt. .... 90

**Abbildung 20:** Veränderung der Anzahl der Fehler im Muster der Strichreihenfolge in Aufgabe 2 im zweiten Durchgang mit dem anderen Endoskopiesystem aller Probanden, die an beiden Systemen gearbeitet haben. Für alle drei medizinischen Ausbildungsgruppen ist der Anteil der Teilnehmer, ob sie weniger, gleich oder mehr Fehler machten, in Prozent dargestellt. In der linken Hälfte dieser Abbildung sind die Probanden nach dem Start in 3D und deren Veränderungen in 2D dargestellt. In der rechten Hälfte dieser Abbildung sind die Probanden nach dem Start in 2D und deren Veränderungen in 3D aufgeführt. .... 91

**Abbildung 21:** Angaben der Aufgabe 2 in Prozent, ob sich die Probanden, die an beiden Endoskopiesystemen gearbeitet haben, im zweiten Durchgang mit dem anderen Endoskopiegerät im Bereich der Schnelligkeit verbessert oder verschlechtert haben oder gleich geblieben sind. In der linken Hälfte dieser Abbildung sind die Teilnehmer nach dem Start in 3D aufgelistet und deren Veränderung in 2D dargestellt. In der rechten Hälfte dieser Abbildung sind äquivalent hierzu die Probanden nach dem Start in 2D aufgeführt und deren Veränderung in 3D beschrieben. .... 92

**Abbildung 22:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 3 aller gemessenen Zeiten für das jeweilige Endoskopiesystem (2D bzw. 3D) für alle drei medizinischen Ausbildungsgruppen. Die Kreise und die Sterne stellen Ausreißer, der schwarze Strich im blauen Zeitfenster den Median dar. .... 93

**Abbildung 23:** Angaben der Aufgabe 3 in Prozent, ob sich die Probanden, die an beiden Endoskopiesystemen gearbeitet haben, im zweiten Durchgang mit dem anderen Endoskopiegerät im Bereich der Anzahl der „Materialdurchstechungen pro Zeit“ verbessert oder verschlechtert haben oder gleich geblieben sind. In der linken Hälfte dieser Abbildung sind die Teilnehmer nach dem Start in 3D aufgelistet und deren Veränderung in 2D dargestellt. In der rechten Hälfte dieser Abbildung sind äquivalent hierzu die Probanden nach dem Start in 2D aufgeführt und deren Veränderung in 3D beschrieben. .... 94

**Abbildung 24:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 4 aller gemessenen Zeiten für das jeweilige Endoskopiesystem (2D bzw. 3D) für alle drei medizinischen Ausbildungsgruppen. Der Kreis und der Stern stellen Ausreißer, der schwarze Strich im blauen Zeitfenster den Median dar. 95

**Abbildung 25:** Angaben der Aufgabe 4 in Prozent, ob sich die Probanden, die an beiden Endoskopiesystemen gearbeitet haben, im zweiten Durchgang mit dem anderen Endoskopiegerät im Bereich der Anzahl der „Knoten pro Zeit“ verbessert oder verschlechtert haben oder gleich geblieben sind. In der linken Hälfte dieser Abbildung sind die Teilnehmer nach dem Start in 3D aufgelistet und deren Veränderung in 2D dargestellt. In der rechten Hälfte dieser Abbildung sind äquivalent hierzu die Probanden nach dem Start in 2D aufgeführt und deren Veränderung in 3D beschrieben. .... 96

**Abbildung 26:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 2 aller gemessenen Zeiten der Fachärzte für das 2D-Endoskopiesystem. Diese sind in Abhängigkeit der jeweiligen Anzahl der endoskopischen Operationsstunden pro Woche. .... 97

- Abbildung 27:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 2 aller gemessenen Zeiten der Fachärzte für das 3D-Endoskopiesystem. Diese sind in Abhängigkeit der jeweiligen Anzahl der endoskopischen Operationsstunden pro Woche..... 97
- Abbildung 28:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 3 aller gemessenen Zeiten der Fachärzte für das 2D-Endoskopiesystem. Diese sind in Abhängigkeit der jeweiligen Anzahl der endoskopischen Operationsstunden pro Woche..... 98
- Abbildung 29:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 3 aller gemessenen Zeiten der Fachärzte für das 3D-Endoskopiesystem. Diese sind in Abhängigkeit der jeweiligen Anzahl der endoskopischen Operationsstunden pro Woche..... 98
- Abbildung 30:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 4 aller gemessenen Zeiten der Fachärzte für das 2D-Endoskopiesystem. Diese sind in Abhängigkeit der jeweiligen Anzahl der endoskopischen Operationsstunden pro Woche..... 99
- Abbildung 31:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 4 aller gemessenen Zeiten der Fachärzte für das 3D-Endoskopiesystem. Diese sind in Abhängigkeit der jeweiligen Anzahl der endoskopischen Operationsstunden pro Woche..... 99
- Abbildung 32:** Subjektive Abstimmung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen, ob sie das 3D-Endoskopiesystem dem 2D-Endoskopiesystem bevorzugten..... 100
- Abbildung 33:** Kosten der beiden Endoskopiesysteme (2D und 3D), die während des Zeitraumes der Datenerhebung in der „Kiel School of Gynaecological Endoscopy“ zur Verfügung standen. Im Preis inbegriffen sind sowohl die beiden Systeme, als auch die dazugehörigen Instrumente und der Pelvi-Trainer..... 101

## VI. Anhang

### 1. Tabellen

**Tabelle 1:** Verteilung der Probanden in Bezug auf deren Geschlecht und Alter.

Alter in Jahren	Geschlecht	
	Mann	Frau
20-30	46	97
31-40	23	53
41-50	19	30
>50	6	3

**Tabelle 2:** Verteilung der Probanden in Bezug auf das Geschlecht, das Alter und den Anzahl der Stunden endoskopischer Operationen pro Woche.

Geschlecht und Alter in Jahren	Anzahl der Operationsstunden pro Woche			
	0-1	2-4	5-7	>7
Mann 20-30	34	7	3	2
Frau 20-30	85	5	4	3
Mann 31-40	6	7	4	5
Frau 31-40	15	15	14	9
Mann 41-50	3	10	4	2
Frau 41-50	5	13	6	6
Mann >50	2	3	0	1
Frau >50	0	2	1	0

**Tabelle 3:** Subjektive Einschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen und in der Gesamtheit, ob die Arbeit in 3D schneller ist als in 2D. Angabe des p-Wertes, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den Abstimmungen der einzelnen Gruppen gibt.

		Beruflicher Stand			Gesamt
		Student	Assistenzarzt	Facharzt	
Beurteilung: 3D schneller als 2D	nein	16 (28,6%)	8 (22,9%)	44 (39,3%)	68 (33,5%)
	ja	40 (71,4%)	27 (77,1%)	68 (60,7%)	135 (66,5%)
Gesamt		56 (100%)	35 (100%)	112 (100%)	203 (100%)
Chi-Quadrat-Test: p = 0,130					

**Tabelle 4:** Subjektive Einschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen und in der Gesamtheit, ob die Arbeit in 3D effizienter ist als in 2D. Angabe des p-Wertes, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den Abstimmungen der einzelnen Gruppen gibt.

		Beruflicher Stand			Gesamt
		Student	Assistenzarzt	Facharzt	
Beurteilung: 3D effizienter als 2D	nein	12 (21,4%)	7 (19,4%)	43 (38,4%)	62 (30,4%)
	ja	44 (78,6%)	29 (80,6%)	69 (61,6%)	142 (69,6%)
Gesamt		56 (100%)	56 (100%)	36 (100%)	112 (100%)
Chi-Quadrat-Test: p = 0,023					

**Tabelle 5:** Subjektive Einschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen und in der Gesamtheit, ob die Arbeit in 3D eine bessere Optik bietet als in 2D. Angabe des p-Wertes, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den Abstimmungen der einzelnen Gruppen gibt.

		Beruflicher Stand			Gesamt
		Student	Assistenzarzt	Facharzt	
Beurteilung: 3D bessere Optik als 2D	nein	16 (28,6%)	11 (30,6%)	30 (26,8%)	57 (27,9%)
	ja	40 (71,4%)	25 (69,4%)	82 (73,2%)	147 (72,1%)
Gesamt		56 (100%)	36 (100%)	112 (100%)	204 (100%)
Chi-Quadrat-Test: p = 0,901					

**Tabelle 6:** Subjektive Einschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen und in der Gesamtheit, ob die Arbeit in 3D ein besseres Handling bietet als in 2D. Angabe des p-Wertes, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den Abstimmungen der einzelnen Gruppen gibt.

		Beruflicher Stand			Gesamt
		Student	Assistenzarzt	Facharzt	
Beurteilung: 3D besseres Handling als 2D	nein	13 (23,2%)	8 (22,2%)	42 (37,8%)	63 (31,0%)
	ja	43 (76,8%)	28 (77,8%)	69 (62,2%)	140 (69,0%)
Gesamt		56 (100%)	36 (100%)	111 (100%)	203 (100%)
Chi-Quadrat-Test: p = 0,070					

**Tabelle 7:** Durchschnittszeiten der Studenten in Aufgabe 1 aller gemessenen Zeiten. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe des p-Wertes, ob ein signifikanter Unterschied in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System vorliegt.

Endoskopiesystem	Anzahl	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum	Median
Dauer Übung 1 2D [Min]	59	2,121	1,3438	0,6	7,9	1,767
Dauer Übung 1 3D [Min]	88	2,545	1,8733	0,5	11,2	2,083
Wilcoxon-Test: p = 0,424						

**Tabelle 8:** Durchschnittszeiten in Aufgabe 1 der Studenten, die sowohl in 2D als auch in 3D gearbeitet haben. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe des p-Wertes, ob ein signifikanter Unterschied in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System vorliegt.

Übung 1 Beginn		Anzahl	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum	Median
3D	Dauer Übung 1 2D [Min]	27	1,473	0,5787	0,6	3,0	1,333
	Dauer Übung 1 3D [Min]	27	2,151	0,7458	1,0	4,2	2,067
2D	Dauer Übung 1 2D [Min]	20	2,693	1,6305	1,0	7,9	2,117
	Dauer Übung 1 3D [Min]	20	1,118	0,3428	0,5	1,9	1,033
Wilcoxon-Test in beiden Situationen (Start mit 3D bzw. 2D): p < 0,001							

**Tabelle 9:** Veränderung zum anderen Endoskopiesystem der Studenten im zweiten Durchgang der Aufgabe 1. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe des p-Wertes, ob ein signifikanter Unterschied in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System vorliegt.

Beruflicher Stand: Studenten		Übung 1 Beginn		Gesamt
		3D	2D	
Veränderung Dauer Übung 1	schneller	22 (81,5%)	20 (100,0%)	42 (89,4%)
	gleich	1 (3,7%)	0 (0,0%)	1 (2,1%)
	langsamer	4 (14,8%)	0 (0,0%)	4 (8,5%)
Gesamt		27 (100%)	20 (100%)	47 (100%)
Chi-Quadrat-Test: $p = 0,080$				

**Tabelle 10:** Durchschnittswerte aller gemessenen Werte der Aufgabe 2 der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen. Aufgelistet sind sowohl die Zeiten und die Fehler in den jeweiligen beiden Mustern sowohl für das 2D- als auch das 3D-System. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Ergebnissen zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen.

Beruflicher Stand	Endoskopiesystem	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Wilcoxon-Test
Student	Dauer Übung 2 2D [Min]	95	6,287	2,6795	6,000	p = 0,035
	Dauer Übung 2 3D [Min]	54	4,553	2,3428	3,825	
	Übung 2: Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 2D	95	0,926	1,1872	1,000	p = 0,001
	Übung 2: Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 3D	54	0,389	1,1229	0,000	
	Übung 2: Anzahl der Fehler Punkte 2D	95	1,653	1,9393	1,000	p = 0,015
	Übung 2: Anzahl der Fehler Punkte 3D	54	0,593	1,1078	0,000	
Assistenz- arzt	Dauer Übung 2 2D [Min]	15	4,990	2,0912	4,167	p = 0,066
	Dauer Übung 2 3D [Min]	16	3,900	1,6500	3,950	
	Übung 2: Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 2D	15	0,333	0,7237	0,000	p = 0,194
	Übung 2: Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 3D	16	0,125	0,3416	0,000	
	Übung 2: Anzahl der Fehler Punkte 2D	15	0,933	0,9612	1,000	p = 1
	Übung 2: Anzahl der Fehler Punkte 3D	16	0,750	1,0000	0,000	
Facharzt	Dauer Übung 2 2D [Min]	38	4,794	2,9222	4,100	p = 0,002
	Dauer Übung 2 3D [Min]	37	3,709	2,0364	3,233	
	Übung 2: Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 2D	38	0,605	1,1280	0,000	p = 0,2
	Übung 2: Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 3D	37	0,541	1,4452	0,000	
	Übung 2: Anzahl der Fehler Punkte 2D	38	0,789	1,1891	0,000	p = 0,18
	Übung 2: Anzahl der Fehler Punkte 3D	37	0,676	1,1069	0,000	

**Tabelle 11:** Durchschnittswerte der Aufgabe 2 in der Gruppe der Studenten derjenigen Probanden, die sowohl in 2D als auch in 3D gearbeitet haben. Aufgelistet sind sowohl die Zeiten und die Fehler in den jeweiligen beiden Mustern sowohl für das 2D- als auch das 3D-System. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Ergebnissen zwischen dem 2D- und 3D-System in der Gruppe der Studenten vorliegen.

Beruflicher Stand	Übung 2 Beginn	Endoskopiesystem	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Wilcoxon-Test
Student	3D	Dauer Übung 2 2D [Min]	25	4,118	1,7892	3,933	p = 0,007
		Dauer Übung 2 3D [Min]	25	5,103	1,9168	4,383	
		Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 2D	25	0,920	1,2557	0,000	p = 0,002
		Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 3D	25	0,000	0,0000	0,000	
		Anzahl der Fehler Punkte 2D	25	0,960	0,7895	1,000	p = 0,109
		Anzahl der Fehler Punkte 3D	25	0,680	1,3140	0,000	
	2D	Dauer Übung 2 2D [Min]	23	6,322	2,0848	6,267	p < 0,001
		Dauer Übung 2 3D [Min]	23	3,189	1,3852	2,817	
		Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 2D	23	1,217	1,3469	1,000	p = 0,097
		Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 3D	23	0,652	1,3351	0,000	
		Anzahl der Fehler Punkte 2D	23	1,565	2,0632	1,000	p = 0,049
		Anzahl der Fehler Punkte 3D	23	0,522	0,9472	0,000	

**Tabelle 12:** Durchschnittswerte der Aufgabe 2 in der Gruppe der Assistenzärzte derjenigen Probanden, die sowohl in 2D als auch in 3D gearbeitet haben. Aufgelistet sind sowohl die Zeiten und die Fehler in den jeweiligen beiden Mustern sowohl für das 2D- als auch das 3D-System. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Ergebnissen zwischen dem 2D- und 3D-System in der Gruppe der Assistenzärzte vorliegen.

Beruflicher Stand	Übung 2 Beginn	Endoskopiesystem	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Wilcoxon-Test
Assistenz- arzt	3D	Dauer Übung 2 2D [Min]	5	4,463	1,0819	4,167	p = 0,465
		Dauer Übung 2 3D [Min]	5	4,210	0,2917	4,150	
		Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 2D	5	0,200	0,4472	0,000	p = 0,317
		Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 3D	5	0,000	0,0000	0,000	
		Anzahl der Fehler Punkte 2D	5	0,600	0,8944	0,000	p = 1
		Anzahl der Fehler Punkte 3D	5	0,600	0,8944	0,000	
	2D	Dauer Übung 2 2D [Min]	5	4,677	2,5681	3,150	p = 0,043
		Dauer Übung 2 3D [Min]	5	3,190	2,3487	2,417	
		Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 2D	5	0,800	1,0954	0,000	p = 0,276
		Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 3D	5	0,200	0,4472	0,000	
		Anzahl der Fehler Punkte 2D	5	0,800	0,8367	1,000	p = 1
		Anzahl der Fehler Punkte 3D	5	1,000	1,4142	0,000	

**Tabelle 13:** Durchschnittswerte der Aufgabe 2 in der Gruppe der Fachärzte derjenigen Probanden, die sowohl in 2D als auch in 3D gearbeitet haben. Aufgelistet sind sowohl die Zeiten und die Fehler in den jeweiligen beiden Mustern sowohl für das 2D- als auch das 3D-System. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Ergebnissen zwischen dem 2D- und 3D-System in der Gruppe der Fachärzte vorliegen.

Beruflicher Stand	Übung 2 Beginn	Endoskopiesystem	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Wilcoxon-Test
Facharzt	3D	Dauer Übung 2 2D [Min]	10	3,518	1,1674	3,950	p = 0,333
		Dauer Übung 2 3D [Min]	10	4,108	2,1155	3,500	
		Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 2D	10	1,000	1,6330	0,000	p = 0,236
		Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 3D	10	0,300	0,4830	0,000	
		Anzahl der Fehler Punkte 2D	10	0,900	0,9944	1,000	p = 0,655
		Anzahl der Fehler Punkte 3D	10	0,800	1,2293	0,000	
	2D	Dauer Übung 2 2D [Min]	21	5,187	3,3740	4,100	p < 0,001
		Dauer Übung 2 3D [Min]	21	3,014	1,3948	2,650	
		Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 2D	21	0,524	0,9808	0,000	p = 0,546
		Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 3D	21	0,333	0,7958	0,000	
		Anzahl der Fehler Punkte 2D	21	0,619	1,0235	0,000	p = 0,207
		Anzahl der Fehler Punkte 3D	21	0,333	0,6583	0,000	

**Tabelle 14:** Veränderung der Zeiten der Aufgabe 2 im Vergleich zum anderen Endoskopiesystem der Probanden in der jeweiligen medizinischen Ausbildungsgruppe nach dem zweiten Durchgang. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen.

Beruflicher Stand			Übung 2 Beginn		Gesamt	Chi-Quadrat
			3D	2D		
Student	Veränderung Dauer Übung 2	schneller	20 (80,0%)	23 (100%)	43 (89,6%)	p = 0,051
		langsamer	5 (20,0%)	0 (0,0%)	5 (10,4%)	
	Gesamt		25 (100%)	23 (100%)	48 (100%)	
Assistenz- arzt	Veränderung Dauer Übung 2	schneller	1 (20,0%)	5 (100,0%)	6 (60,0%)	p = 0,048
		gleich	1 (20,0%)	0 (0,0%)	1 (10,0%)	
		langsamer	3 (60,0%)	0 (0,0%)	3 (30,0%)	
	Gesamt		5 (100%)	5 (100%)	10 (100%)	
Facharzt	Veränderung Dauer Übung 2	schneller	7 (70,0%)	20 (95,2%)	27 (87,1%)	p = 0,087
		langsamer	3 (30,0%)	1 (4,8%)	4 (12,9%)	
	Gesamt		10 (100%)	21 (100%)	31 (100%)	

**Tabelle 15:** Veränderung der Anzahl der Fehler im Muster der Punkte der Aufgabe 2 im Vergleich zum anderen Endoskopiesystem der Probanden in der jeweiligen medizinischen Ausbildungsgruppe nach dem zweiten Durchgang. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in der Anzahl der Fehler im Muster der Punkte zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen.

Beruflicher Stand			Übung 2 Beginn		Gesamt	Chi-Quadrat
			3D	2D		
Student	Veränderung Fehlerzahl Punkte Übung 2	weniger	5 (20,0%)	10 (43,5%)	15 (31,3%)	p < 0,001
		gleich	9 (36,0%)	10 (43,5%)	19 (39,6%)	
		mehr	11 (44,0%)	3 (13,0%)	14 (29,2%)	
	Gesamt	25 (100%)	23 (100%)	48 (100%)		
Assistenz- arzt	Veränderung Fehlerzahl Punkte Übung 2	weniger	1 (20,0%)	2 (40,0%)	3 (30,0%)	p = 0,635
		gleich	3 (60,0%)	2 (40,0%)	5 (50,0%)	
		mehr	1 (20,0%)	1 (20,0%)	2 (20,0%)	
	Gesamt	5 (100%)	5 (100%)	10 (100%)		
Facharzt	Veränderung Fehlerzahl Punkte Übung 2	weniger	2 (20,0%)	7 (33,3%)	9 (29,0%)	p = 0,279
		gleich	5 (50,0%)	11 (52,4%)	16 (51,6%)	
		mehr	3 (30,0%)	3 (14,3%)	6 (19,4%)	
	Gesamt	10 (100%)	21 (100%)	31 (100%)		

**Tabelle 16:** Veränderung der Anzahl der Fehler im Muster der Strichreihenfolge der Aufgabe 2 im Vergleich zum anderen Endoskopiesystem der Probanden in der jeweiligen medizinischen Ausbildungsgruppe nach dem zweiten Durchgang. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in der Anzahl der Fehler im Muster der Strichreihenfolge zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen.

Beruflicher Stand			Übung 2 Beginn		Gesamt	Chi-Quadrat
			3D	2D		
Student	Veränderung Fehlerzahl Strichreihenfolge Übung 2	weniger	0 (0,0%)	8 (34,8%)	8 (16,7%)	p = 0,017
		gleich	13 (52,0%)	12 (52,2%)	25 (52,1%)	
		mehr	12 (48,0%)	3 (13,0%)	15 (31,3%)	
	Gesamt	25 (100%)	23 (100%)	48 (100%)		
Assistenz- arzt	Veränderung Fehlerzahl Strichreihenfolge Übung 2	weniger	0 (0,0%)	2 (40,0%)	2 (20,0%)	p = 1
		gleich	4 (80,0%)	2 (40,0%)	6 (60,0%)	
		mehr	1 (20,0%)	1 (20,0%)	2 (20,0%)	
	Gesamt	5 (100%)	5 (100%)	10 (100%)		
Facharzt	Veränderung Fehlerzahl Strichreihenfolge Übung 2	weniger	2 (20,0%)	6 (28,6%)	8 (25,8%)	p = 0,412
		gleich	4 (40,0%)	12 (57,1%)	16 (51,6%)	
		mehr	4 (40,0%)	3 (14,3%)	7 (51,6%)	
	Gesamt	10 (100%)	21 (100%)	31 (100%)		

**Tabelle 17:** Durchschnittszeiten aller gemessenen Zeiten der Aufgabe 3 der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System vorliegen.

Beruflicher Stand	Endoskopiesystem	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Wilcoxon-Test
Student	Dauer Übung 3 2D [Min]	80	37,464	4,9643	40,000	p = 0,145
	Dauer Übung 3 3D [Min]	51	35,272	5,4524	37,200	
Assistenzarzt	Dauer Übung 3 2D [Min]	25	28,228	9,3262	25,433	p = 0,021
	Dauer Übung 3 3D [Min]	26	24,745	9,8160	23,100	
Facharzt	Dauer Übung 3 2D [Min]	85	26,286	9,4020	24,017	p = 0,016
	Dauer Übung 3 3D [Min]	81	24,610	8,9018	22,300	

**Tabelle 18:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 3 in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen derjenigen Probanden, die sowohl in 2D als auch in 3D gearbeitet haben. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen.

Beruflicher Stand	Übung 3 Beginn	Endoskopiesystem	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Wilcoxon-Test
Student	3D	Dauer Übung 3 2D [Min]	24	34,954	6,2564	38,775	p = 0,02
		Dauer Übung 3 3D [Min]	24	38,134	2,7564	40,000	
	2D	Dauer Übung 3 2D [Min]	21	38,931	2,9982	40,000	p < 0,001
		Dauer Übung 3 3D [Min]	21	31,157	5,7038	30,900	
Assistenz- arzt	3D	Dauer Übung 3 2D [Min]	12	24,954	9,6798	24,017	p = 0,814
		Dauer Übung 3 3D [Min]	12	24,635	10,6147	25,500	
	2D	Dauer Übung 3 2D [Min]	8	30,779	6,9185	30,467	p = 0,012
		Dauer Übung 3 3D [Min]	8	20,321	7,2990	18,608	
Facharzt	3D	Dauer Übung 3 2D [Min]	36	24,734	8,1973	23,600	p = 0,721
		Dauer Übung 3 3D [Min]	36	24,670	9,4101	22,500	
	2D	Dauer Übung 3 2D [Min]	36	26,069	9,4636	21,383	p = 0,001
		Dauer Übung 3 3D [Min]	36	22,516	7,8272	20,117	

**Tabelle 19:** Veränderung der Anzahl der „Materialdurchstechungen“ pro Zeit der Aufgabe 3 im Vergleich zum anderen Endoskopiesystem der Probanden in der jeweiligen medizinischen Ausbildungsgruppe nach dem zweiten Durchgang. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in der Anzahl der „Materialdurchstechungen“ pro Zeit zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen.

Beruflicher Stand			Übung 3 Beginn			Chi- Quadrat
			3D	2D	Gesamt	
Student	Veränderung Material durchstochen pro Zeit Übung 3	weniger	5 (20,8%)	0 (0,0%)	5 (11,1%)	p = 0,051
		mehr	19 (79,2%)	21 (100%)	40 (88,9%)	
	Gesamt	24 (100%)	21 (100%)	45 (100%)		
Assistenzarzt	Veränderung Material durchstochen pro Zeit Übung 3	weniger	6 (50,0%)	0 (0,0%)	6 (31,6%)	p = 0,044
		mehr	6 (50,0%)	7 (100%)	13 (68,4%)	
	Gesamt	12 (100%)	7 (100%)	19 (100%)		
Facharzt	Veränderung Material durchstochen pro Zeit Übung 3	weniger	20 (55,6%)	3 (8,3%)	23 (31,9%)	p < 0,001
		gleich	2 (5,6%)	3 (8,3%)	5 (6,9%)	
		mehr	14 (38,9%)	30 (83,3%)	44 (61,1%)	
	Gesamt	36 (100%)	36 (100%)	72 (100%)		

**Tabelle 20:** Durchschnittszeiten aller gemessenen Zeiten der Aufgabe 4 der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System vorliegen.

Beruflicher Stand		Anzahl	Mittelwert	Standard- abweichung	Median	Wilcoxon- Test
Student	Dauer Übung 4 2D [Min]	4	23,279	2,9052	22,992	p = 0,144
	Dauer Übung 4 3D [Min]	4	18,779	3,4774	18,217	
Assistenz- arzt	Dauer Übung 4 2D [Min]	13	22,746	7,4620	20,000	p = 0,036
	Dauer Übung 4 3D [Min]	13	19,887	7,4642	18,367	
Facharzt	Dauer Übung 4 2D [Min]	51	24,731	8,7520	20,000	p = 0,052
	Dauer Übung 4 3D [Min]	53	23,560	8,4179	20,000	

**Tabelle 21:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 4 in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen derjenigen Probanden, die sowohl in 2D als auch in 3D gearbeitet haben. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in den Zeiten zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen.

Beruflicher Stand	Übung 4 Beginn	Endoskopiesystem	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Wilcoxon-Test
Student	3D	Dauer Übung 4 2D [Min]	3	22,011	1,7358	22,633	p = 0,285
		Dauer Übung 4 3D [Min]	3	19,967	3,1109	18,917	
	2D	Dauer Übung 4 2D [Min]	1	27,083			
		Dauer Übung 4 3D [Min]	1	15,217			
Assistenz- arzt	3D	Dauer Übung 4 2D [Min]	5	24,247	11,6621	23,167	p = 0,465
		Dauer Übung 4 3D [Min]	5	21,250	11,7276	18,367	
	2D	Dauer Übung 4 2D [Min]	5	20,247	2,4171	19,917	p = 0,068
		Dauer Übung 4 3D [Min]	5	17,370	2,3209	17,400	
Facharzt	3D	Dauer Übung 4 2D [Min]	19	22,768	8,1934	20,000	p = 0,187
		Dauer Übung 4 3D [Min]	19	23,741	8,4292	20,000	
	2D	Dauer Übung 4 2D [Min]	27	25,264	9,0488	20,000	p = 0,002
		Dauer Übung 4 3D [Min]	27	22,432	8,2850	20,000	

**Tabelle 22:** Veränderung der Anzahl der Knoten pro Zeit der Aufgabe 4 im Vergleich zum anderen Endoskopiesystem der Probanden in der jeweiligen medizinischen Ausbildungsgruppe nach dem zweiten Durchgang. Angaben in Dezimalzahlen. Angabe der p-Werte, ob signifikante Unterschiede in der Anzahl der Knoten pro Zeit zwischen dem 2D- und 3D-System in den einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen vorliegen.

Beruflicher Stand			Übung 4 Beginn		Gesamt	Chi- Quadrat
			3D	2D		
Student	Veränderung Anzahl Knoten pro Zeit Übung 4	weniger	2 (66,7%)	0 (0,0%)	2 (50,0%)	p = 1,0
		mehr	1 (33,3%)	1 (100%)	2 (50,0%)	
	Gesamt	3 (100%)	1 (100%)	4 (100%)		
Assistenz- arzt	Veränderung Anzahl Knoten pro Zeit Übung 4	weniger	2 (40,0%)	0 (0,0%)	2 (20,0%)	p = 0,167
		gleich	1 (20,0%)	0 (0,0%)	1 (10,0%)	
		mehr	2 (40,0%)	5 (100%)	7 (70,0%)	
Gesamt	5 (100%)	5 (100%)	10 (100%)			
Facharzt	Veränderung Anzahl Knoten pro Zeit Übung 4	weniger	5 (26,3%)	1 (3,7%)	6 (13,0%)	p = 0,036
		gleich	3 (15,8%)	4 (14,8%)	7 (15,2%)	
		mehr	11 (57,9%)	22 (81,5%)	33 (71,7%)	
Gesamt	19 (100%)	27 (100%)	46 (100%)			

**Tabelle 23:** Durchschnittswerte aller gemessenen Werte der Aufgabe 2 der Fachärzte in Abhängigkeit der Operationspraxis in Stunden pro Woche. Aufgelistet sind sowohl die Zeiten und die Fehler in den jeweiligen beiden Mustern sowohl für das 2D- als auch das 3D-System. Angaben in Dezimalzahlen.

OP-Praxis Std. pro Woche	Endoskopiesystem	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Median
0-1	Dauer Übung 2 2D [Min]	7	4,652	1,7947	2,4	7,8	4,100
	Dauer Übung 2 3D [Min]	7	4,493	2,6012	1,9	9,5	3,817
	Übung 2: Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 2D	7	0,429	0,5345	0,0	1,0	0,000
	Übung 2: Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 3D	7	0,286	0,7559	0,0	2,0	0,000
	Übung 2: Anzahl der Fehler Punkte 2D	7	1,429	1,3973	0,0	4,0	1,000
	Übung 2: Anzahl der Fehler Punkte 3D	7	1,000	1,1547	0,0	3,0	1,000
2-4	Dauer Übung 2 2D [Min]	16	5,904	3,9052	1,7	16,4	4,800
	Dauer Übung 2 3D [Min]	15	3,934	2,1128	1,6	10,3	3,267
	Übung 2: Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 2D	16	0,813	1,3276	0,0	4,0	0,000
	Übung 2: Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 3D	15	1,000	2,1044	0,0	8,0	0,000
	Übung 2: Anzahl der Fehler Punkte 2D	16	1,000	1,3663	0,0	5,0	1,000
	Übung 2: Anzahl der Fehler Punkte 3D	15	0,800	1,2649	0,0	4,0	0,000

OP-Praxis Std. pro Woche	Endoskopiesystem	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Median
5-7	Dauer Übung 2 2D [Min]	8	4,002	1,2101	2,4	6,4	3,900
	Dauer Übung 2 3D [Min]	8	2,848	0,8953	1,6	4,0	2,967
	Übung 2: Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 2D	8	0,375	0,7440	0,0	2,0	0,000
	Übung 2: Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 3D	8	0,000	0,0000	0,0	0,0	0,000
	Übung 2: Anzahl der Fehler Punkte 2D	8	0,250	0,7071	0,0	2,0	0,000
	Übung 2: Anzahl der Fehler Punkte 3D	8	0,000	0,0000	0,0	0,0	0,000
>7	Dauer Übung 2 2D [Min]	7	3,305	1,6939	1,4	6,4	2,633
	Dauer Übung 2 3D [Min]	7	3,429	2,2000	1,4	7,5	2,633
	Übung 2: Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 2D	7	0,571	1,5119	0,0	4,0	0,000
	Übung 2: Anzahl der Fehler Strichreihenfolge 3D	7	0,429	0,7868	0,0	2,0	0,000
	Übung 2: Anzahl der Fehler Punkte 2D	7	0,286	0,4880	0,0	1,0	0,000
	Übung 2: Anzahl der Fehler Punkte 3D	7	0,857	1,2150	0,0	3,0	0,000

**Tabelle 24:** Durchschnittszeiten der Fachärzte in Aufgabe 3 aller gemessenen Zeiten in Abhängigkeit der Operationspraxis in Stunden pro Woche. Angaben in Dezimalzahlen.

Beruflicher Stand	OP-Praxis Std. pro Woche	Endoskopiesystem	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Median
Facharzt	0-1	Dauer Übung 3 2D [Min]	15	31,846	8,9238	37,867
		Dauer Übung 3 3D [Min]	14	27,711	8,1973	27,067
	2-4	Dauer Übung 3 2D [Min]	33	27,705	9,0293	25,000
		Dauer Übung 3 3D [Min]	31	26,784	8,1759	25,000
	5-7	Dauer Übung 3 2D [Min]	22	23,638	7,2080	20,000
		Dauer Übung 3 3D [Min]	21	22,276	7,8203	20,000
	>7	Dauer Übung 3 2D [Min]	15	21,489	10,6267	15,700
		Dauer Übung 3 3D [Min]	15	20,489	10,6472	17,483

**Tabelle 25:** Angaben von p-Werten mittels Paarvergleichen, ob signifikante Unterschiede in den Durchschnittszeiten der Fächärzte in Aufgabe 3 in Abhängigkeit der Operationspraxis in Stunden pro Woche vorliegen.

Paarvergleich Op-Praxis Std. pro Woche	Dauer Übung 3 2D [Min]	Dauer Übung 3 3D [Min]
0-1/2-4	p = 0,108	p = 0,658
0-1/5-7	p = 0,006	p = 0,037
0-1/>7	p = 0,008	p = 0,041
2-4/5-7	p = 0,157	p = 0,018
2-4/>7	p = 0,022	p = 0,018
5-7/>7	p = 0,191	p = 0,252

**Tabelle 26:** Durchschnittszeiten der Fachärzte in Aufgabe 4 aller gemessenen Zeiten in Abhängigkeit der Operationspraxis in Stunden pro Woche. Angaben in Dezimalzahlen.

Beruflicher Stand	OP-Praxis Std. pro Woche	Endoskopiesystem	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Median
Facharzt	0-1	Dauer Übung 4 2D [Min]	11	25,82	8,393	20,93
		Dauer Übung 4 3D [Min]	10	23,35	6,408	20,73
	2-4	Dauer Übung 4 2D [Min]	20	27,46	9,804	23,93
		Dauer Übung 4 3D [Min]	24	26,44	9,381	24,88
	5-7	Dauer Übung 4 2D [Min]	11	23,25	7,072	20,00
		Dauer Übung 4 3D [Min]	11	20,91	5,467	20,00
	>7	Dauer Übung 4 2D [Min]	9	19,14	6,440	18,73
		Dauer Übung 4 3D [Min]	8	18,83	8,752	16,69

**Tabelle 27:** Angaben zur finalen Entscheidung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen und der Gesamtheit, welches Endoskopiesystem (2D oder 3D) die Probanden in ihrer Klinik bevorzugen würden.

		Beruflicher Stand			Gesamt
		Student	Assistenzarzt	Facharzt	
Beurteilung: Systembevorzugung	2D	11 (19,6%)	9 (25,0%)	44 (38,9%)	64 (31,2%)
	3D	45 (80,4%)	27 (75,0%)	69 (61,1%)	141 (68,8%)
Gesamt		56 (100,0%)	36 (100,0%)	113 (100,0%)	205 (100,0%)
Chi-Quadrat-Test: $p = 0,070$					

**Tabelle 28:** Selbsteinschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen zur Frage der subjektiven Sicherheit als Kameraassistent. Angaben konnten mit „gar nicht“, „wenig“, „teilweise“, „größtenteils“ und „sehr“ gemacht werden. Auf der linken, vertikalen Seite sind die Einschätzungen der Probanden vor den praktischen Aufgaben und oben, horizontal die Einschätzungen der Probanden nach den praktischen Aufgaben aufgeführt.

Beruflicher Stand			Selbsteinschätzung Sicherheit: Kameraassistent					Gesamt
			gar nicht	wenig	teilweise	größtenteils	sehr	
Student	Selbsteinschätzung Sicherheit: Kameraassistent	gar nicht	10 (16,7%)	9 (15,0%)	12 (20,0%)	2 (3,3%)	5 (8,3%)	38 (63,3%)
		wenig	0 (0,0%)	1 (1,7%)	5 (8,3%)	1 (1,7%)	0 (0,0%)	7 (11,7%)
		teilweise	1 (1,7%)	0 (0,0%)	4 (6,7%)	3 (5,0%)	1 (1,7%)	9 (15,0%)
		größtenteils	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (1,7%)	3 (5,0%)	1 (1,7%)	5 (8,3%)
		sehr	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (1,7%)	1 (1,7%)
	Gesamt		11 (18,3%)	10 (16,7%)	22 (36,7%)	9 (15,0%)	8 (13,3%)	60 (100,0%)
Assistent- arzt	Selbsteinschätzung Sicherheit: Kameraassistent	wenig	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (5,7%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (5,7%)
		teilweise	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,9%)	0 (0,0%)	1 (2,9%)
		größtenteils	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	5 (14,3%)	4 (11,4%)	9 (25,7%)
		sehr	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,9%)	2 (5,7%)	20 (57,1%)	23 (65,7%)
	Gesamt		0 (0,0%)	0 (0,0%)	3 (8,6%)	8 (22,9%)	24 (68,6%)	35 (100,0%)
Facharzt	Selbsteinschätzung Sicherheit: Kameraassistent	gar nicht	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (2,1%)	2 (2,1%)
		teilweise	0 (0,0%)	0 (0,0%)	3 (3,2%)	1 (1,1%)	4 (4,3%)	8 (8,5%)
		größtenteils	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	7 (7,4%)	5 (5,3%)	12 (12,8%)
		sehr	1 (1,1%)	0 (0,0%)	4 (4,3%)	4 (4,3%)	63 (67,0%)	72 (76,6%)
	Gesamt		1 (1,1%)	0 (0,0%)	7 (7,4%)	12 (12,8%)	74 (78,7%)	94 (100,0%)

**Tabelle 29:** Selbsteinschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen zur Frage der subjektiven Sicherheit als erster Assistent. Angaben konnten mit „gar nicht“, „wenig“, „teilweise“, „größtenteils“ und „sehr“ gemacht werden. Auf der linken, vertikalen Seite sind die Einschätzungen der Probanden vor den praktischen Aufgaben und oben, horizontal die Einschätzungen der Probanden nach den praktischen Aufgaben aufgeführt.

Beruflicher Stand			Selbsteinschätzung Sicherheit: Erster Assistent					
			gar nicht	wenig	teilweise	größtenteils	sehr	Gesamt
Student	Selbsteinschätzung Sicherheit: Erster Assistent	gar nicht	26 (44,8%)	18 (31,0%)	7 (12,1%)	2 (3,4%)	1 (1,7%)	54 (93,1%)
		wenig	1 (1,7%)	2 (3,4%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	3 (5,2%)
		teilweise	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (1,7%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (1,7%)
		Gesamt	27 (46,6%)	20 (34,5%)	8 (13,8%)	2 (3,4%)	1 (1,7%)	58 (100%)
Assistenz- arzt	Selbsteinschätzung Sicherheit: Erster Assistent	wenig	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (5,4%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (5,4%)
		teilweise	0 (0,0%)	1 (2,7%)	0 (0,0%)	2 (5,4%)	1 (2,7%)	4 (10,8%)
		größtenteils	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,7%)	6 (16,2%)	6 (16,2%)	13 (35,1%)
		sehr	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,7%)	2 (5,4%)	15 (40,5%)	18 (48,6%)
		Gesamt	0 (0,0%)	1 (2,7%)	4 (10,8%)	10 (27,0%)	22 (59,5%)	37 (100%)
Facharzt	Selbsteinschätzung Sicherheit: Erster Assistent	gar nicht	1 (1,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (1,0%)	2 (2,1%)
		teilweise	0 (0,0%)	0 (0,0%)	3 (3,1%)	1 (1,0%)	3 (3,1%)	7 (7,3%)
		größtenteils	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (2,1%)	5 (5,2%)	8 (8,3%)	15 (15,6%)
		sehr	1 (1,0%)	0 (0,0%)	5 (5,2%)	8 (8,3%)	58 (60,4%)	72 (75,0%)
		Gesamt	2 (2,1%)	0 (0,0%)	10 (10,4%)	14 (14,6%)	70 (72,9%)	96 (100%)

**Tabelle 30:** Selbsteinschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen zur Frage der subjektiven Sicherheit als Operateur unter Aufsicht. Angaben konnten mit „gar nicht“, „wenig“, „teilweise“, „größtenteils“ und „sehr“ gemacht werden. Auf der linken, vertikalen Seite sind die Einschätzungen der Probanden vor den praktischen Aufgaben und oben, horizontal die Einschätzungen der Probanden nach den praktischen Aufgaben aufgeführt.

Berufliche Stand			Selbsteinschätzung Sicherheit: Operateur unter Aufsicht					
			gar nicht	wenig	teilweise	größtenteils	sehr	Gesamt
Student	Selbsteinschätzung Sicherheit: Operateur unter Aufsicht	gar nicht	43 (72,9%)	9 (15,3%)	4 (6,8%)	1 (1,7%)	1 (1,7%)	58 (98,3%)
		wenig	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (1,7%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (1,7%)
		Gesamt	43 (72,9%)	9 (15,3%)	5 (8,5%)	1 (1,7%)	1 (1,7%)	59 (100%)
Assistenz- arzt	Selbsteinschätzung Sicherheit: Operateur unter Aufsicht	gar nicht	0 (0,0%)	1 (2,6%)	2 (5,3%)	2 (5,3%)	1 (2,6%)	6 (15,8%)
		wenig	1 (2,6%)	1 (2,6%)	1 (2,6%)	3 (7,9%)	0 (0,0%)	6 (15,8%)
		teilweise	0 (0,0%)	1 (2,6%)	1 (2,6%)	5 (13,2%)	3 (7,9%)	10 (26,3%)
		größtenteils	0 (0,0%)	1 (2,6%)	0 (0,0%)	8 (21,1%)	3 (7,9%)	12 (31,6%)
		sehr	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,6%)	3 (7,9%)	4 (10,5%)
		Gesamt	1 (2,6%)	4 (10,5%)	4 (10,5%)	19 (50,0%)	10 (26,3%)	38 (100%)
Facharzt	Selbsteinschätzung Sicherheit: Operateur unter Aufsicht	gar nicht	0 (0,0%)	1 (1,0%)	1 (1,0%)	2 (2,1%)	0 (0,0%)	4 (4,2%)
		wenig	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (2,1%)	1 (1,0%)	1 (1,0%)	4 (4,2%)
		teilweise	0 (0,0%)	1 (1,0%)	6 (6,3%)	10 (10,4%)	5 (5,2%)	22 (22,9%)
		größtenteils	0 (0,0%)	0 (0,0%)	5 (5,2%)	9 (9,4%)	7 (7,3%)	21 (21,9%)
		sehr	0 (0,0%)	0 (0,0%)	3 (3,1%)	7 (7,3%)	35 (36,5%)	45 (46,9%)
		Gesamt	0 (0,0%)	2 (2,1%)	17 (17,7%)	29 (30,2%)	48 (50,0%)	96 (100%)

**Tabelle 31:** Selbsteinschätzung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen zur Frage der subjektiven Sicherheit als selbstständiger Operateur. Angaben konnten mit „gar nicht“, „wenig“, „teilweise“, „größtenteils“ und „sehr“ gemacht werden. Auf der linken, vertikalen Seite sind die Einschätzungen der Probanden vor den praktischen Aufgaben und oben, horizontal die Einschätzungen der Probanden nach den praktischen Aufgaben aufgeführt.

Beruflicher Stand			Selbsteinschätzung Sicherheit: Selbstständiger Operateur					
			gar nicht	wenig	teilweise	größtenteils	sehr	Gesamt
Student	Selbsteinschätzung Sicherheit: Selbstständiger Operateur	gar nicht	52 (88,1%)	3 (5,1%)	2 (3,4%)	1 (1,7%)	1 (1,7%)	59 (100%)
	Gesamt		52 (88,1%)	3 (5,1%)	2 (3,4%)	1 (1,7%)	1 (1,7%)	59 (100%)
Assistenzarzt	Selbsteinschätzung Sicherheit: Selbstständiger Operateur	gar nicht	7 (22,6%)	4 (12,9%)	6 (19,4%)	1 (3,2%)	0 (0,0%)	18 (58,1%)
		wenig	1 (3,2%)	1 (3,2%)	4 (12,9%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	6 (19,4%)
		teilweise	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (6,5%)	3 (9,7%)	0 (0,0%)	5 (16,1%)
		größtenteils	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (3,2%)	1 (3,2%)	0 (0,0%)	2 (6,5%)
		Gesamt	8 (25,8%)	5 (16,1%)	13 (41,9%)	5 (16,1%)	0 (0,0%)	31 (100%)
Facharzt	Selbsteinschätzung Sicherheit: Selbstständiger Operateur	gar nicht	3 (3,1%)	5 (5,2%)	6 (6,2%)	2 (2,1%)	0 (0,0%)	16 (16,5%)
		wenig	1 (1,0%)	4 (4,1%)	4 (4,1%)	2 (2,1%)	0 (0,0%)	11 (11,3%)
		teilweise	0 (0,0%)	2 (2,1%)	8 (8,2%)	13 (13,4%)	5 (5,2%)	28 (28,9%)
		größtenteils	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (2,1%)	9 (9,3%)	7 (7,2%)	18 (18,6%)
		sehr	0 (0,0%)	1 (1,0%)	1 (1,0%)	4 (4,1%)	18 (18,6%)	24 (24,7%)
		Gesamt	4 (4,1%)	12 (12,4%)	21 (21,6%)	30 (30,9%)	30 (30,9%)	97 (100%)

## 2. Abbildungen



**Abbildung 1:** Präparier- und Fasszange nach Kelly (beide Maulteile beweglich, lang)



**Abbildung 2:** Fasszange nach Manhes



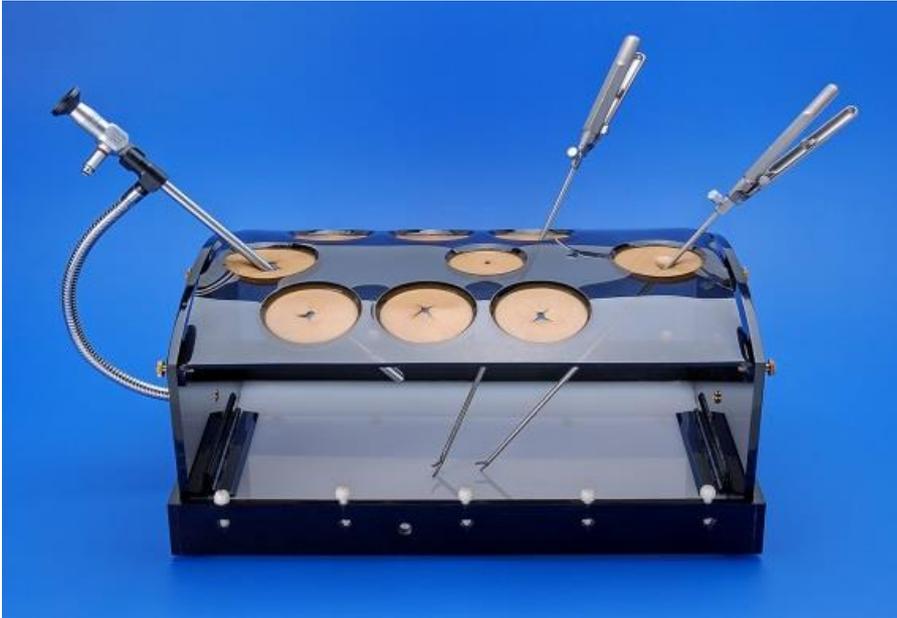
**Abbildung 3:** Fasszange, gefenstert



**Abbildung 4:** Schere nach Metzenbaum



**Abbildung 5:** Jeweils ein Makro-Nadelhalter nach Koh mit dem Maulteil nach links bzw. rechts gebogen (mit Hartmetalleinsatz und ergonomischen Pistolenhandgriff mit abschaltbarer Raste, Rastenposition links bzw. rechts)



**Abbildung 6:** Pelvi-Trainer (Laparoskopie-Trainer nach Szabo-Berci-Sackier)



**Abbildung 7:** 2-Full-HD-System



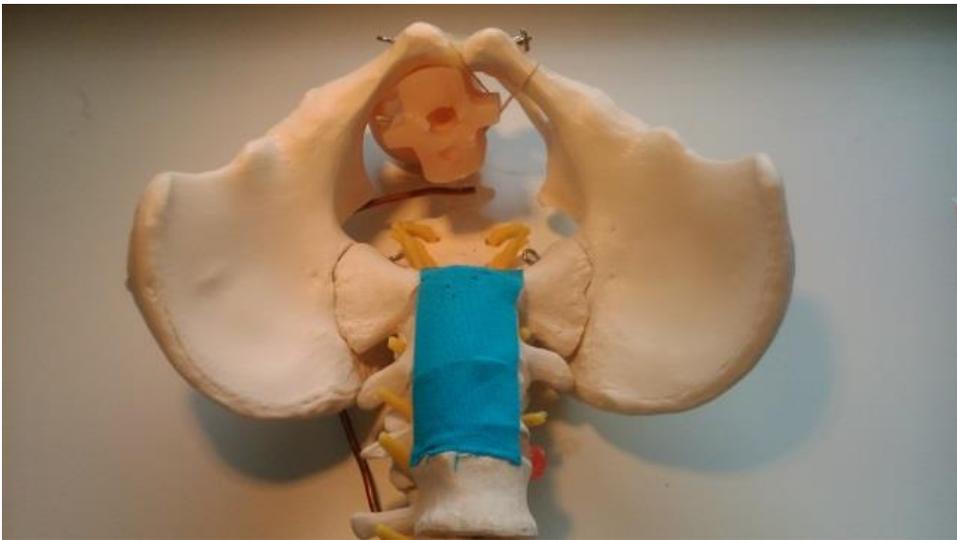
**Abbildung 8:** 3D-SPIES-System



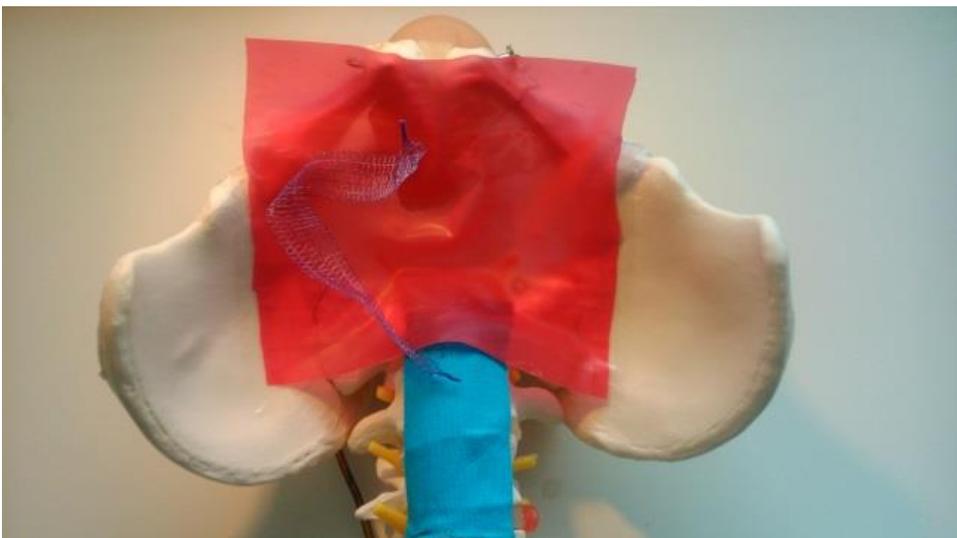
**Abbildung 9:** Aufgabe 1



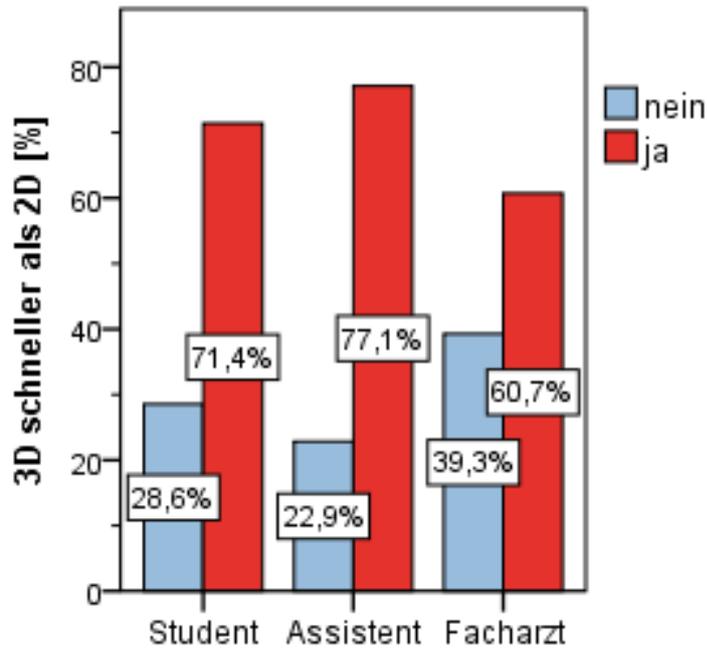
**Abbildung 10:** Aufgabe 2



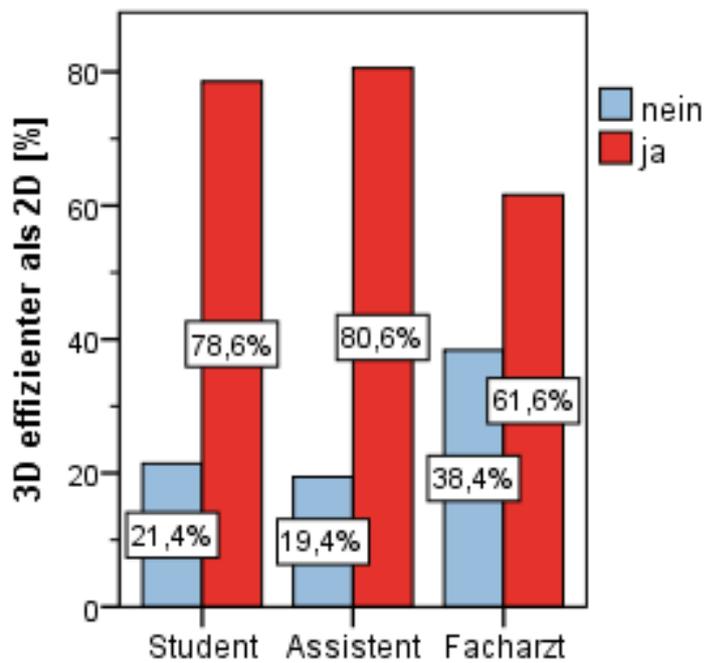
**Abbildung 11:** Aufgabe 3



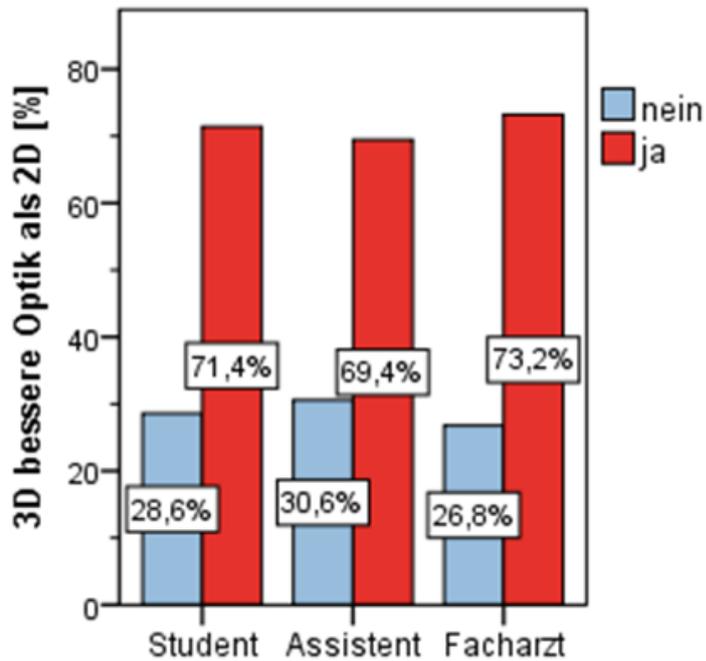
**Abbildung 12:** Aufgabe 4



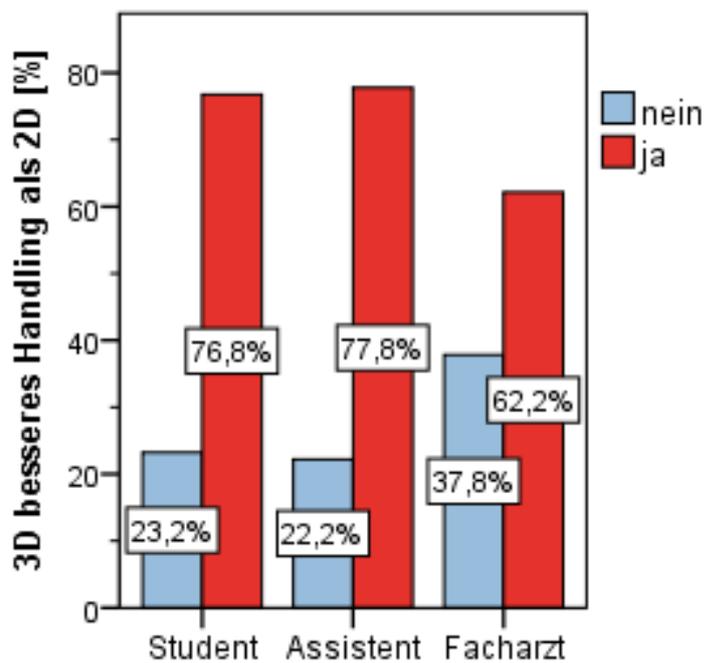
**Abbildung 13:** Subjektive Beurteilung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen, ob die Arbeit in 3D schneller war als in 2D



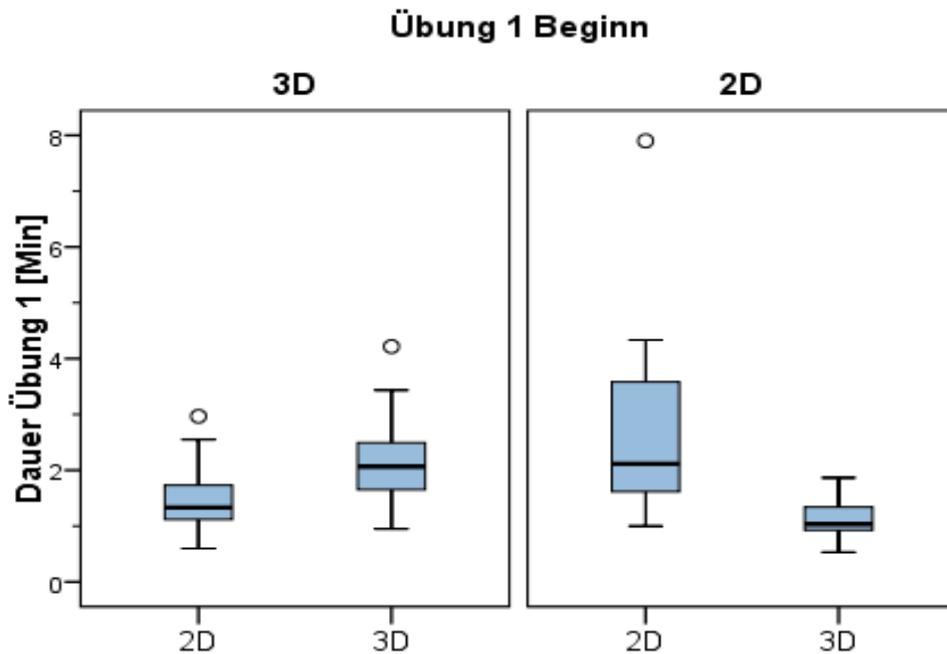
**Abbildung 14:** Subjektive Beurteilung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen, ob die Arbeit in 3D effizienter war als in 2D



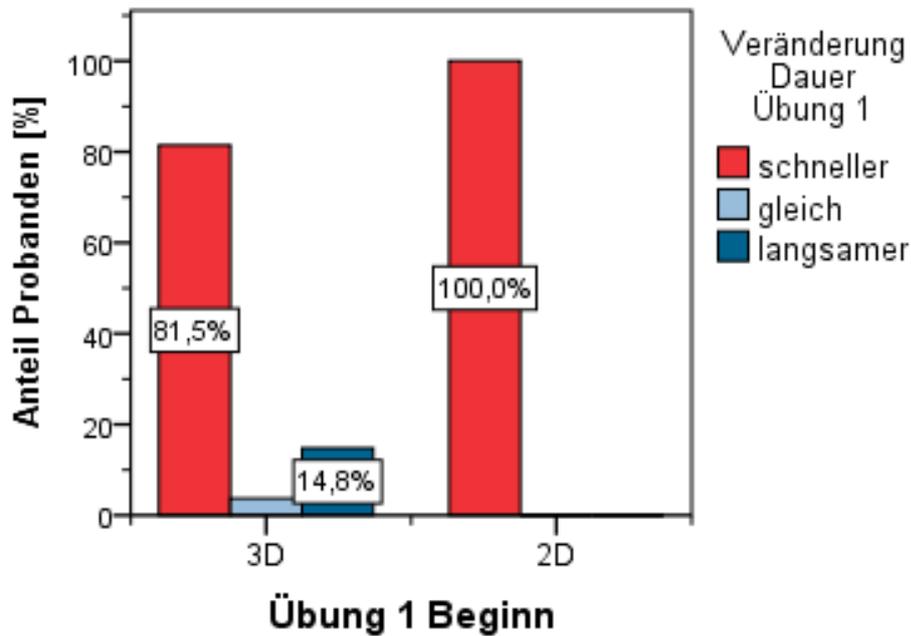
**Abbildung 15:** Subjektive Beurteilung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen, ob die Arbeit in 3D eine bessere Optik bot als in 2D



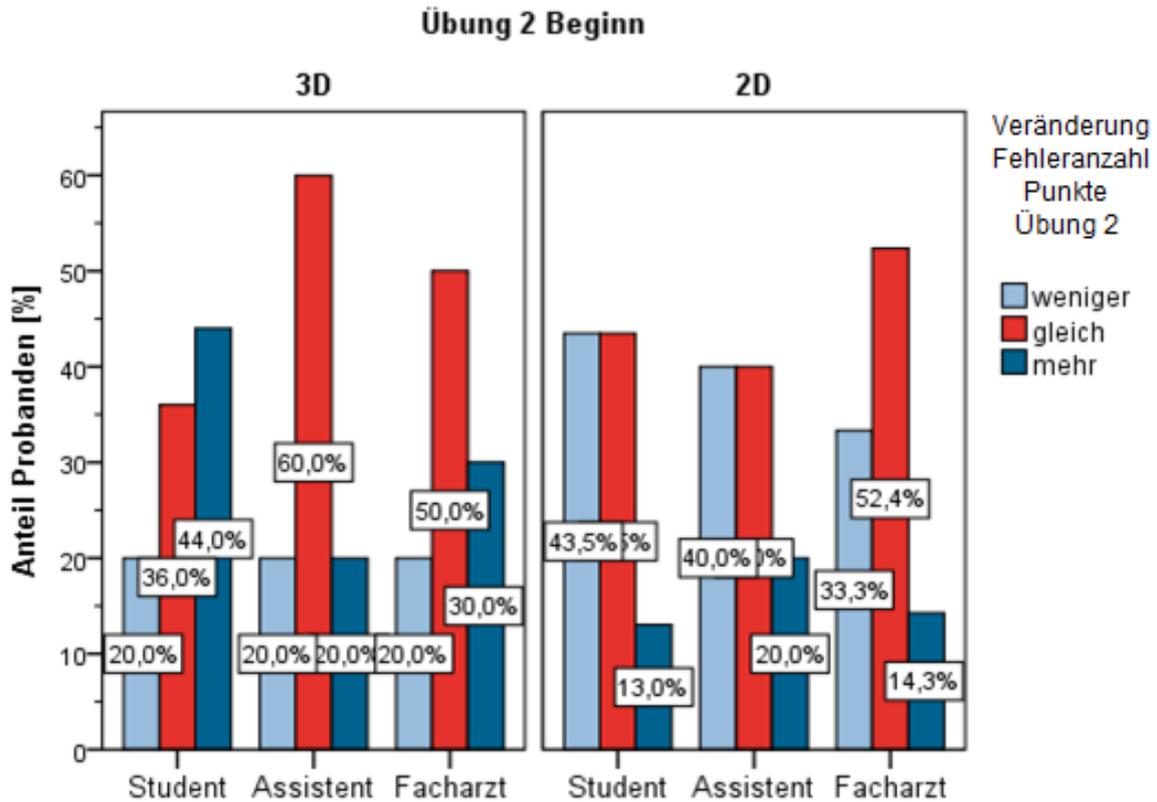
**Abbildung 16:** Subjektive Beurteilung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen, ob die Arbeit in 3D ein besseres Handling bot als in 2D



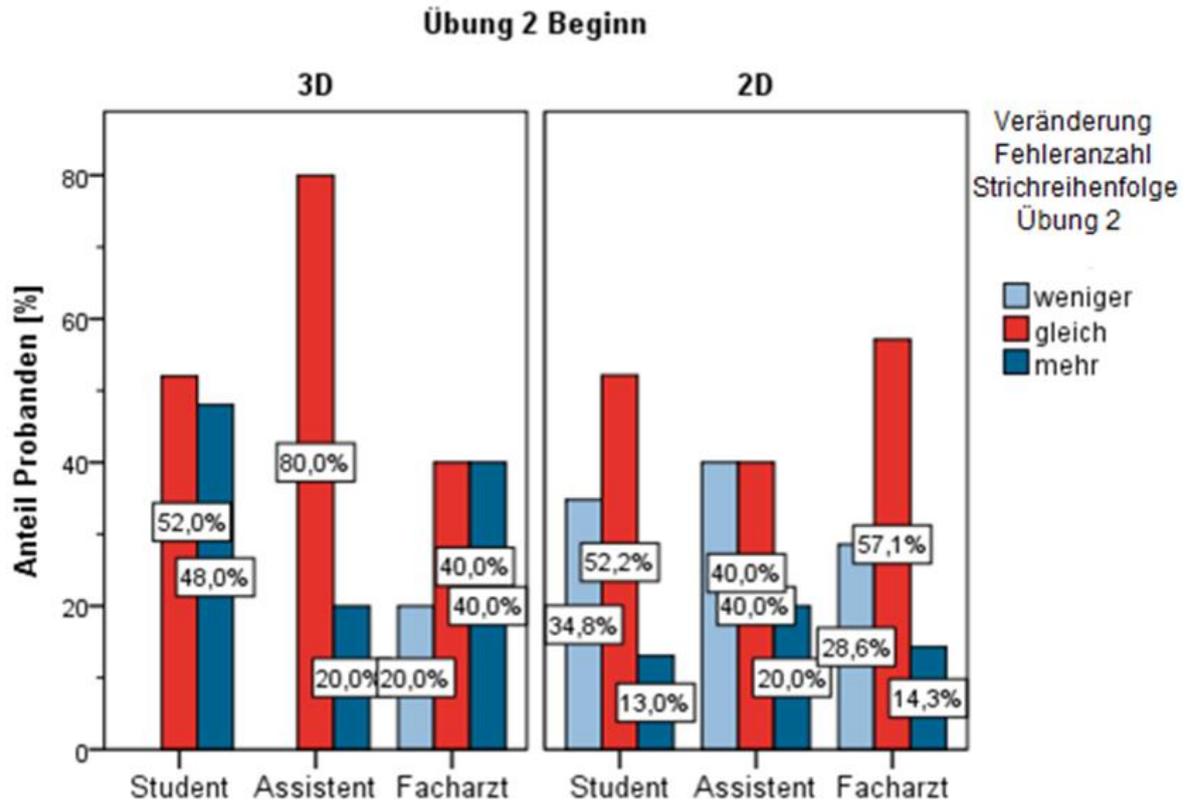
**Abbildung 17:** Durchschnittszeiten aller gemessenen Zeiten der Aufgabe 1 von den Studenten, die an beiden Endoskopiesystemen gearbeitet haben. In der linken Hälfte dieser Abbildung sind die Zeiten der Probanden, die mit dem 3D begonnen haben, in 2D und 3D dargestellt. In der rechten Hälfte dieser Abbildung sind die Zeiten in 2D und 3D aufgeführt, die nach dem Start in 2D erzielt werden konnten. Der Median ist als schwarze Linie hervorgehoben, die Kreise deuten Ausreißer an.



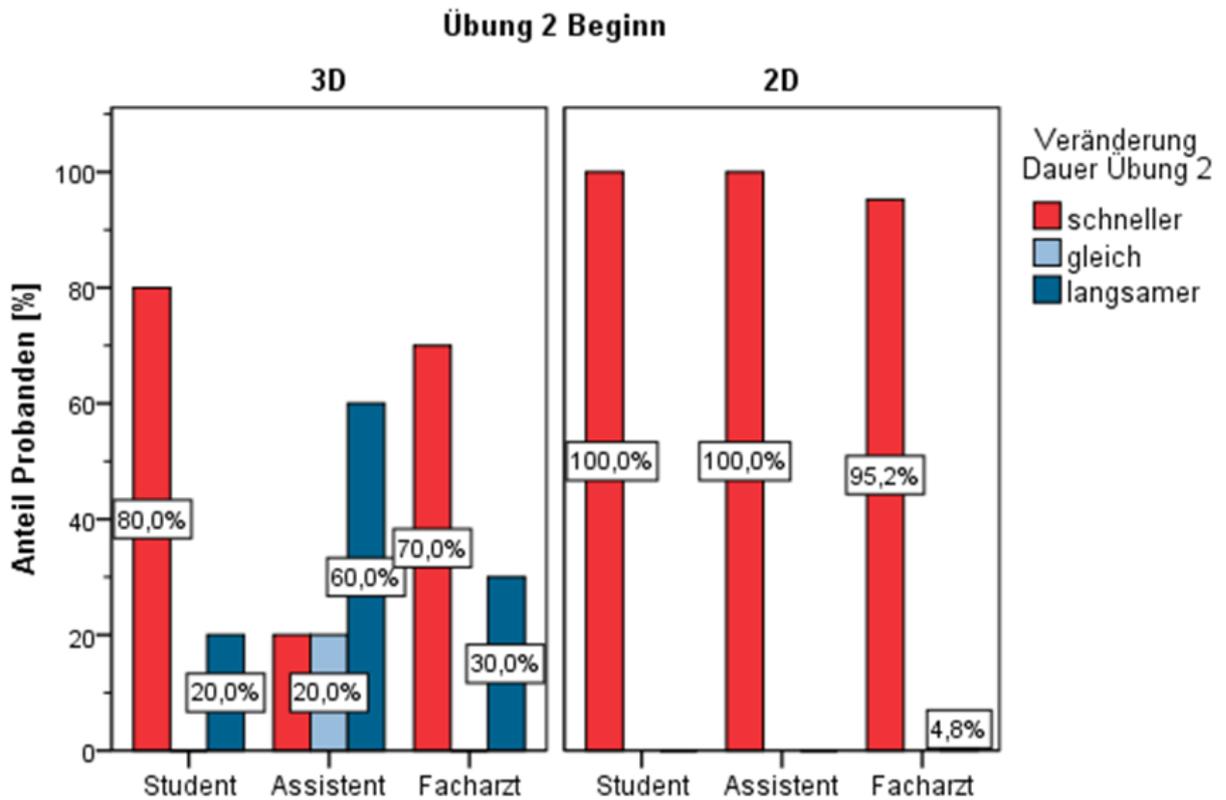
**Abbildung 18:** Angaben der Aufgabe 1 in Prozent, ob sich die Studenten, die an beiden Endoskopiesystemen gearbeitet haben, im zweiten Durchgang mit dem anderen Endoskopiegerät im Bereich der Schnelligkeit verbessert oder verschlechtert haben oder gleich geblieben sind. In der linken Hälfte dieser Abbildung sind die Probanden nach dem Start in 3D aufgelistet und deren Veränderung in 2D dargestellt. In der rechten Hälfte dieser Abbildung sind äquivalent hierzu die Studenten nach dem Start in 2D aufgeführt und deren Veränderung in 3D beschrieben.



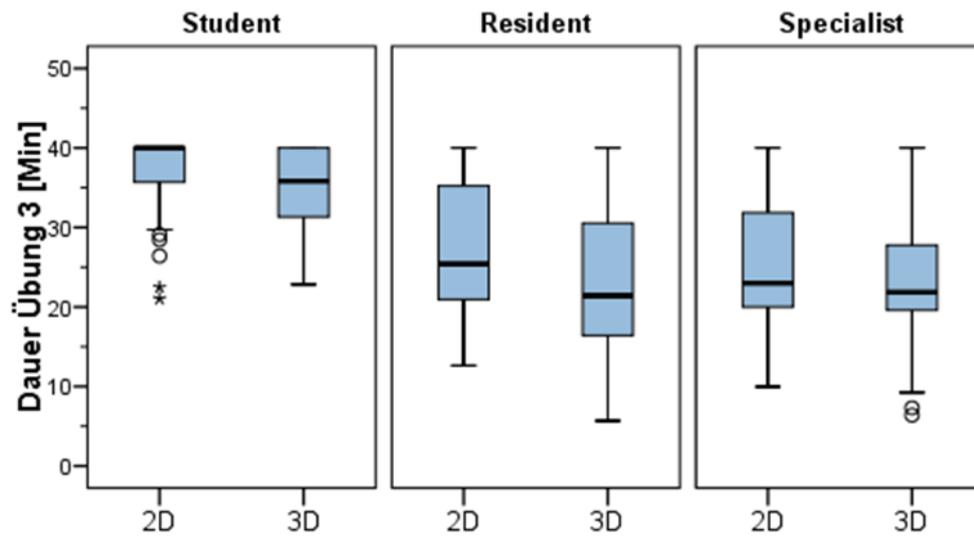
**Abbildung 19:** Veränderung der Anzahl der Fehler im Muster der Punkte in Aufgabe 2 im zweiten Durchgang mit dem anderen Endoskopiesystem aller Probanden, die an beiden Systemen gearbeitet haben. Für alle drei medizinischen Ausbildungsgruppen ist der Anteil der Teilnehmer, ob sie weniger, gleich oder mehr Fehler machten, in Prozent dargestellt. In der linken Hälfte dieser Abbildung sind die Probanden nach dem Start in 3D und deren Veränderungen in 2D dargestellt. In der rechten Hälfte dieser Abbildung sind die Probanden nach dem Start in 2D und deren Veränderungen in 3D aufgeführt.



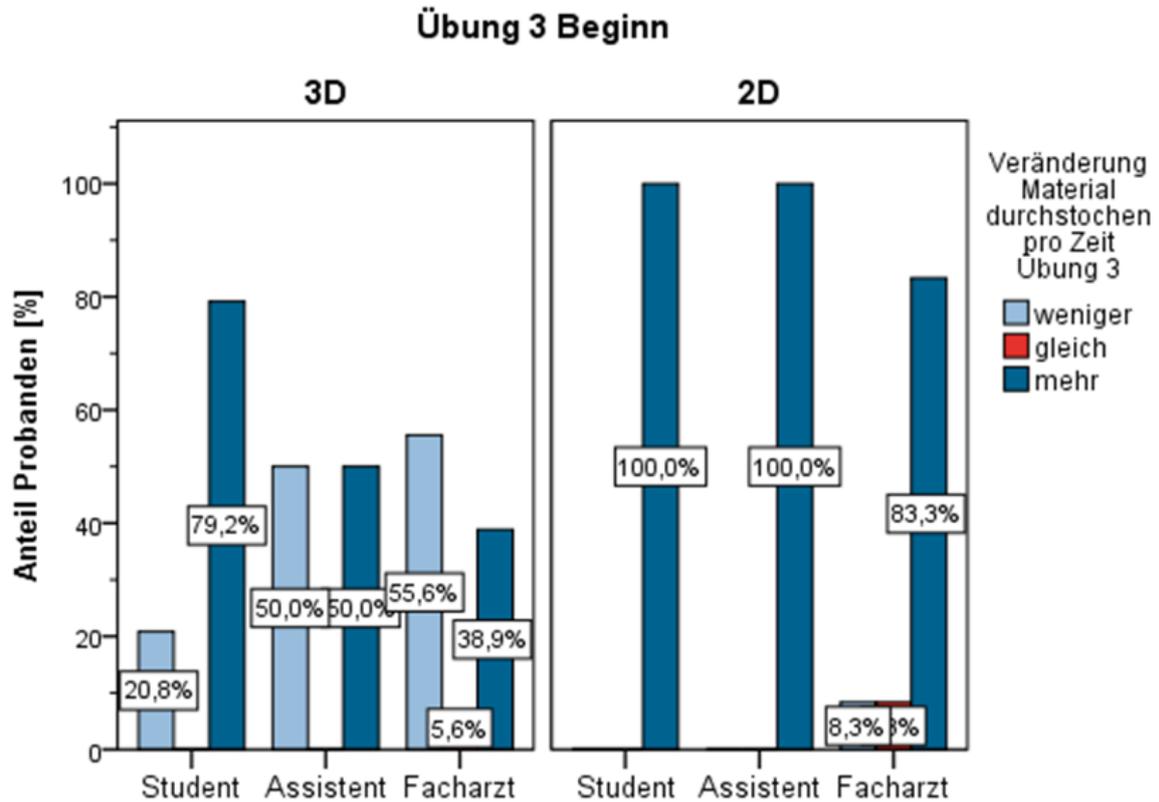
**Abbildung 20:** Veränderung der Anzahl der Fehler im Muster der Strichreihenfolge in Aufgabe 2 im zweiten Durchgang mit dem anderen Endoskopiesystem aller Probanden, die an beiden Systemen gearbeitet haben. Für alle drei medizinischen Ausbildungsgruppen ist der Anteil der Teilnehmer, ob sie weniger, gleich oder mehr Fehler machten, in Prozent dargestellt. In der linken Hälfte dieser Abbildung sind die Probanden nach dem Start in 3D und deren Veränderungen in 2D dargestellt. In der rechten Hälfte dieser Abbildung sind die Probanden nach dem Start in 2D und deren Veränderungen in 3D aufgeführt.



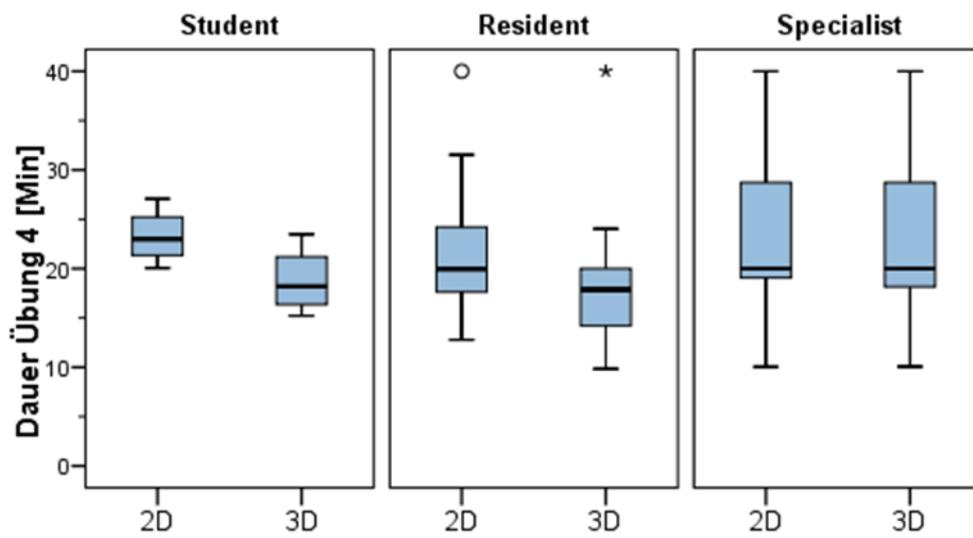
**Abbildung 21:** Angaben der Aufgabe 2 in Prozent, ob sich die Probanden, die an beiden Endoskopiesystemen gearbeitet haben, im zweiten Durchgang mit dem anderen Endoskopiegerät im Bereich der Schnelligkeit verbessert oder verschlechtert haben oder gleich geblieben sind. In der linken Hälfte dieser Abbildung sind die Teilnehmer nach dem Start in 3D aufgelistet und deren Veränderung in 2D dargestellt. In der rechten Hälfte dieser Abbildung sind äquivalent hierzu die Probanden nach dem Start in 2D aufgeführt und deren Veränderung in 3D beschrieben.



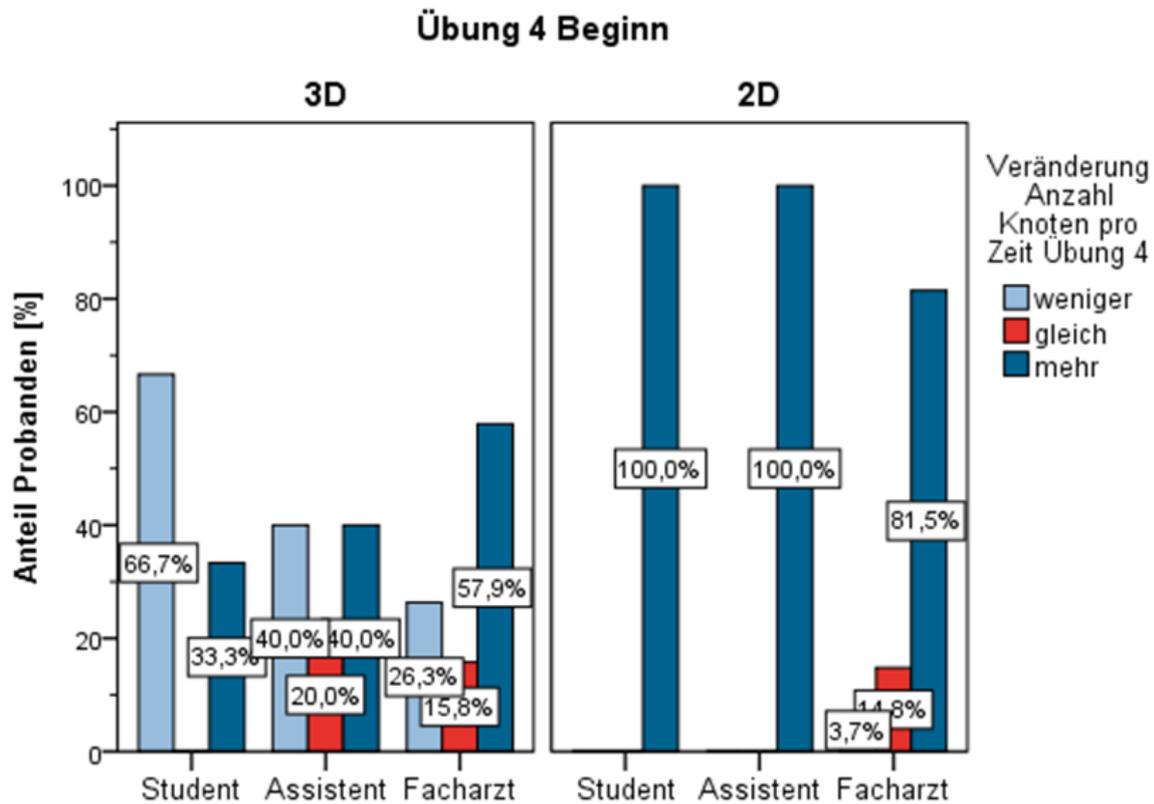
**Abbildung 22:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 3 aller gemessenen Zeiten für das jeweilige Endoskopiesystem (2D bzw. 3D) für alle drei medizinischen Ausbildungsgruppen. Die Kreise und die Sterne stellen Ausreißer, der schwarze Strich im blauen Zeitfenster den Median dar.



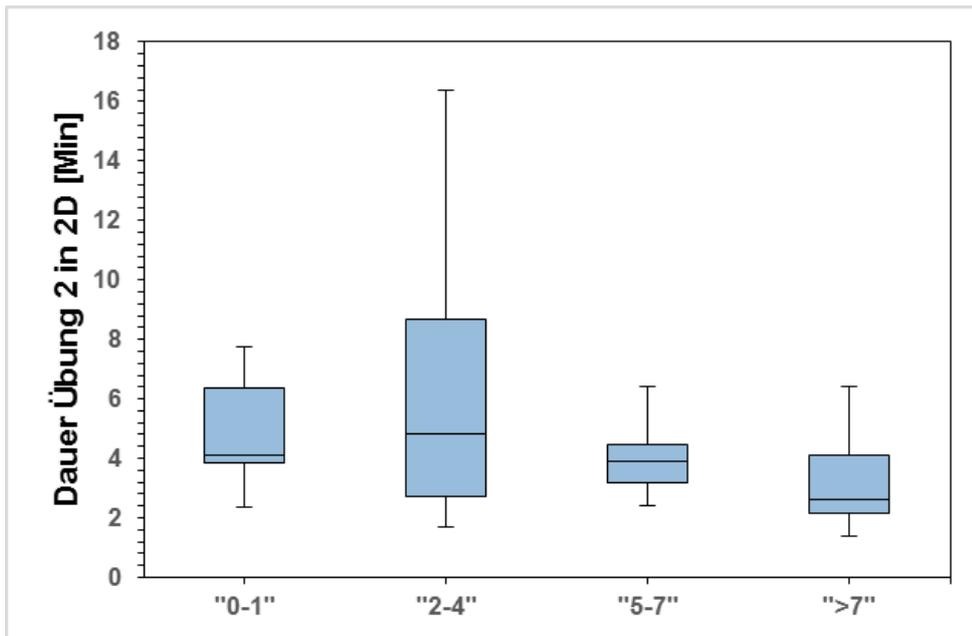
**Abbildung 23:** Angaben der Aufgabe 3 in Prozent, ob sich die Probanden, die an beiden Endoskopiesystemen gearbeitet haben, im zweiten Durchgang mit dem anderen Endoskopiegerät im Bereich der „Materialdurchstechungen pro Zeit“ verbessert oder verschlechtert haben oder gleich geblieben sind. In der linken Hälfte dieser Abbildung sind die Teilnehmer nach dem Start in 3D aufgelistet und deren Veränderung in 2D dargestellt. In der rechten Hälfte dieser Abbildung sind äquivalent hierzu die Probanden nach dem Start in 2D aufgeführt und deren Veränderung in 3D beschrieben.



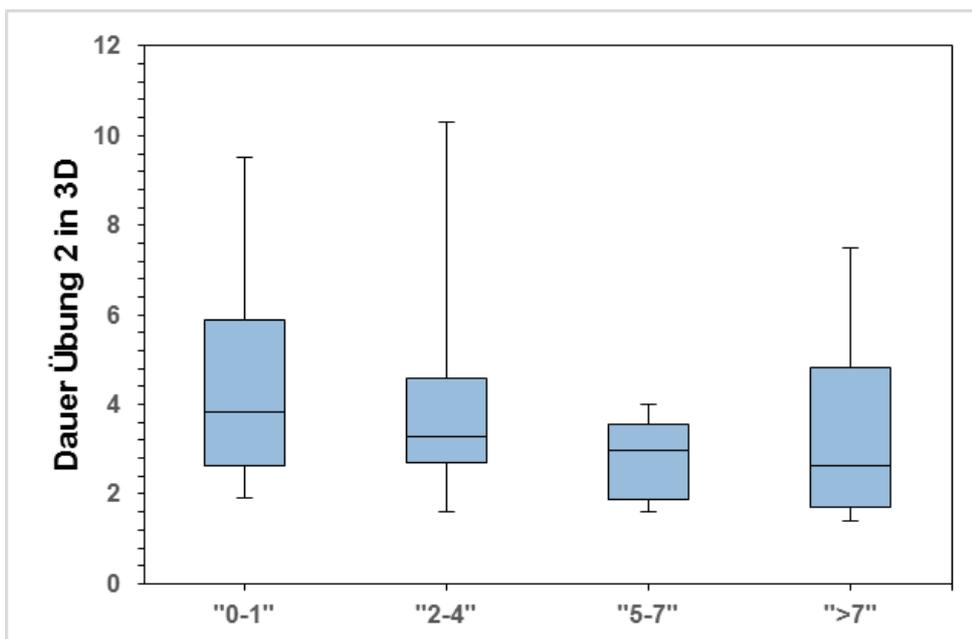
**Abbildung 24:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 4 aller gemessenen Zeiten für das jeweilige Endoskopiesystem (2D bzw. 3D) für alle drei medizinischen Ausbildungsgruppen. Der Kreis und der Stern stellen Ausreißer, der schwarze Strich im blauen Zeitfenster den Median dar.



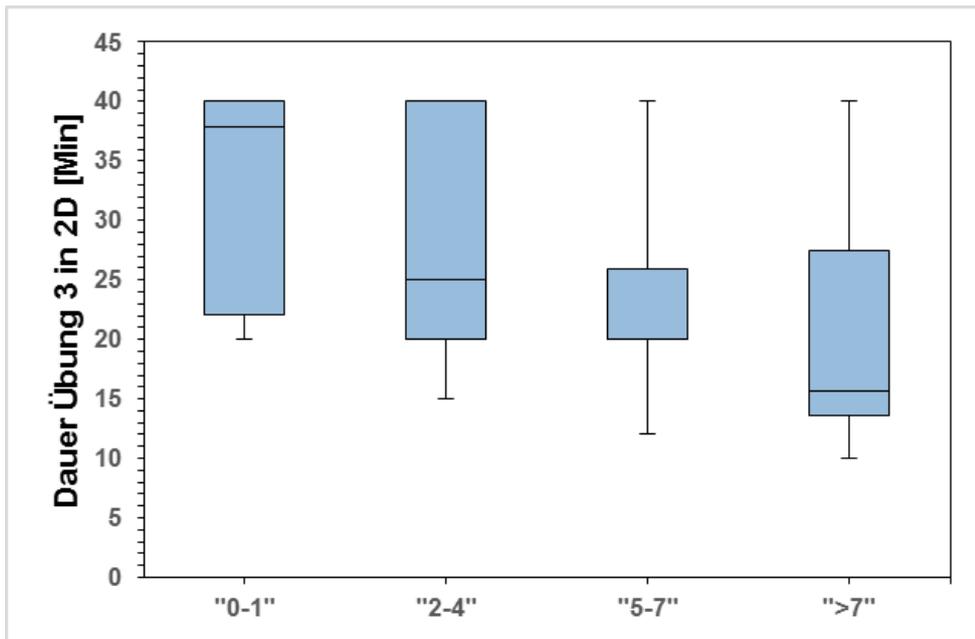
**Abbildung 25:** Angaben der Aufgabe 4 in Prozent, ob sich die Probanden, die an beiden Endoskopiesystemen gearbeitet haben, im zweiten Durchgang mit dem anderen Endoskopiegerät im Bereich der „Knoten pro Zeit“ verbessert oder verschlechtert haben oder gleich geblieben sind. In der linken Hälfte dieser Abbildung sind die Teilnehmer nach dem Start in 3D aufgelistet und deren Veränderung in 2D dargestellt. In der rechten Hälfte dieser Abbildung sind äquivalent hierzu die Probanden nach dem Start in 2D aufgeführt und deren Veränderung in 3D beschrieben.



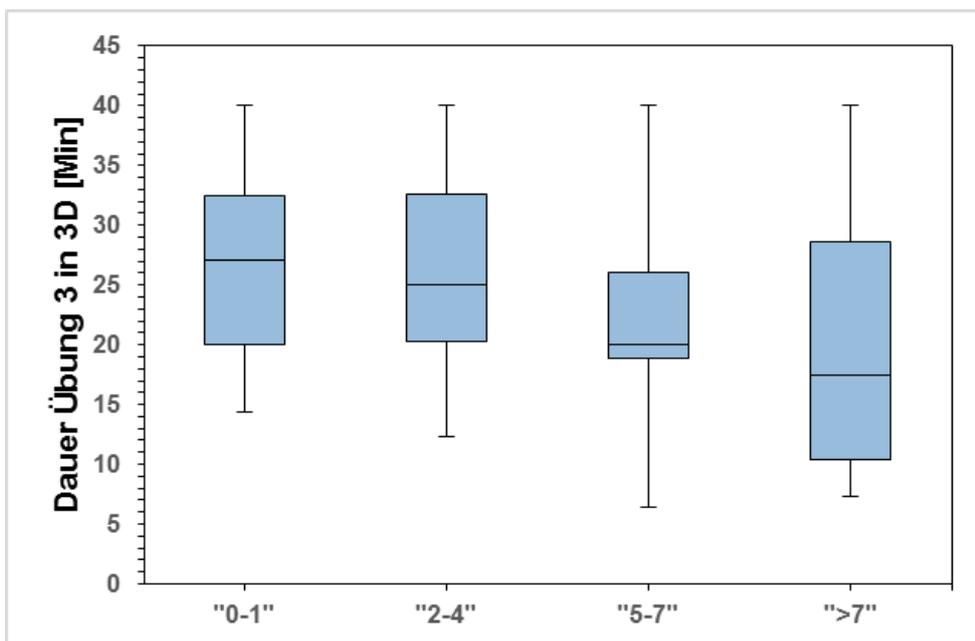
**Abbildung 26:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 2 aller gemessenen Zeiten der Fachärzte für das 2D-Endoskopiesystem. Diese sind in Abhängigkeit der jeweiligen Anzahl der endoskopischen Operationsstunden pro Woche.



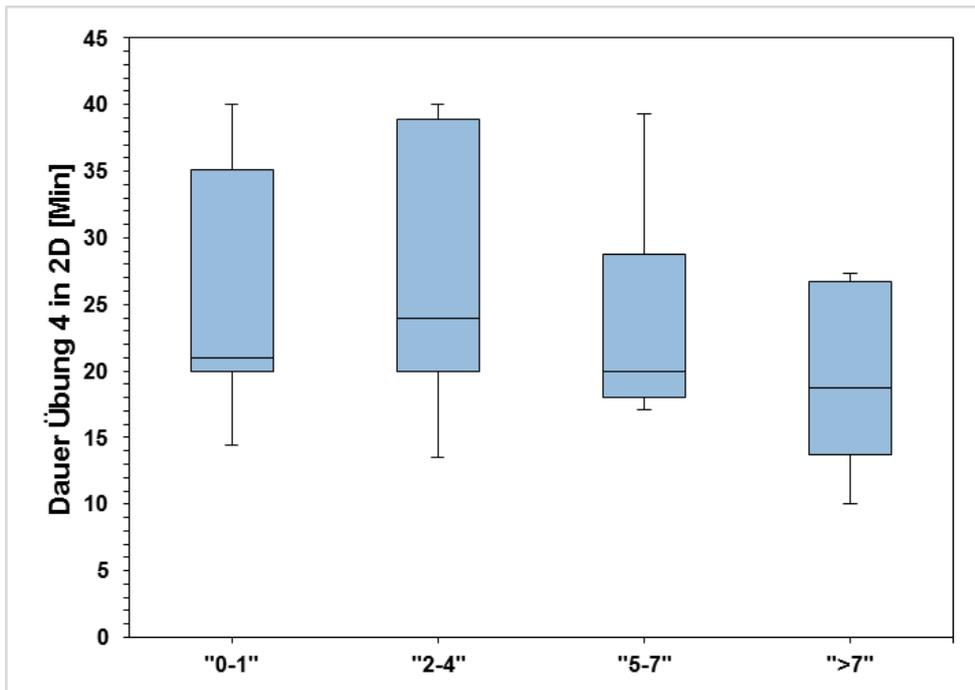
**Abbildung 27:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 2 aller gemessenen Zeiten der Fachärzte für das 3D-Endoskopiesystem. Diese sind in Abhängigkeit der jeweiligen Anzahl der endoskopischen Operationsstunden pro Woche.



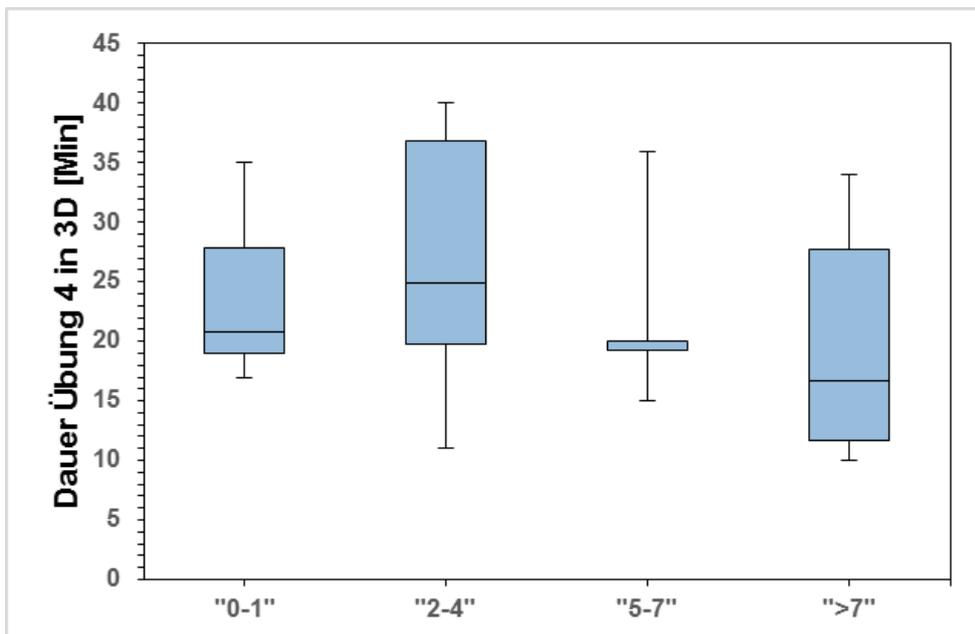
**Abbildung 28:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 3 aller gemessenen Zeiten der Fachärzte für das 2D-Endoskopiesystem. Diese sind in Abhängigkeit der jeweiligen Anzahl der endoskopischen Operationsstunden pro Woche.



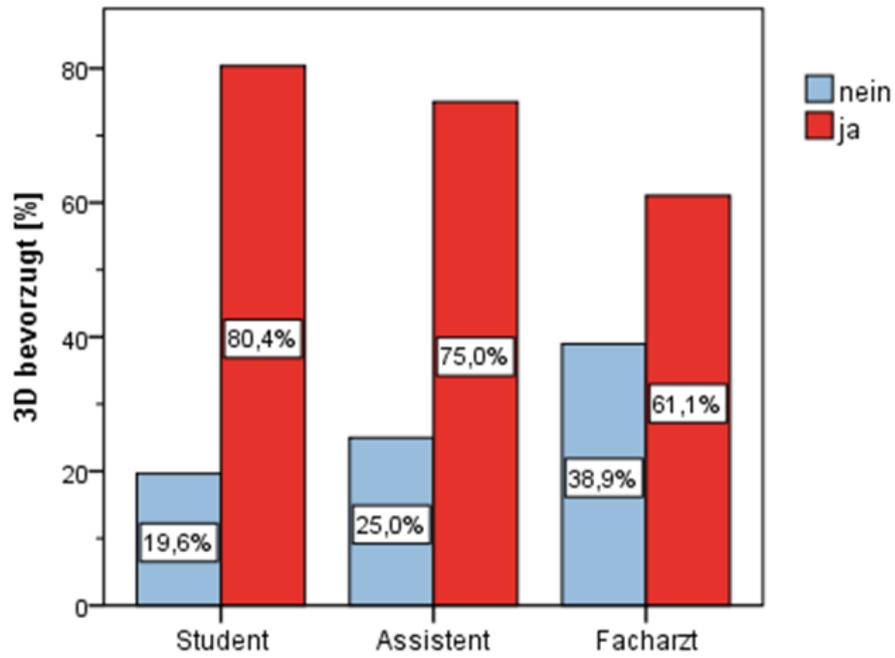
**Abbildung 29:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 3 aller gemessenen Zeiten der Fachärzte für das 3D-Endoskopiesystem. Diese sind in Abhängigkeit der jeweiligen Anzahl der endoskopischen Operationsstunden pro Woche.



**Abbildung 30:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 4 aller gemessenen Zeiten der Fachärzte für das 2D-Endoskopiesystem. Diese sind in Abhängigkeit der jeweiligen Anzahl der endoskopischen Operationsstunden pro Woche.



**Abbildung 31:** Durchschnittszeiten der Aufgabe 4 aller gemessenen Zeiten der Fachärzte für das 3D-Endoskopiesystem. Diese sind in Abhängigkeit der jeweiligen Anzahl der endoskopischen Operationsstunden pro Woche.



**Abbildung 32:** Subjektive Abstimmung der einzelnen medizinischen Ausbildungsgruppen, ob sie das 3D-Endoskopiesystem dem 2D-Endoskopiesystem bevorzugten

	2D	3D
<b>GERÄTE</b>	<b>39773</b>	<b>50517</b>
Kamera Image 1 Hub	11290	
Kamera Image 1S 3D Hub (2 Module)		12250
Kamerakopf H3Z	12920	
Kamerakopf TIPCAM 3D mit Optik		18500
Lichtquelle Xenon 300	5535	5535
Monitor 26 "	4496	
32 " 3D Monitor		8700
Lichtkabel	437	437
Gerätewagen	5095	5095
<b>INSTRUMENTE</b>	<b>7350</b>	<b>4250</b>
Optik	3100	
Dissector	436	436
Fasszange	461	461
Schere	461	461
ROBI Fasszange	861	861
Knotenschieber	83	83
Nadelhalter	708	708
Nadelhalter	708	708
Trokar 11 mm	240	240
Trokar 6 mm	146	146
Trokar 6 mm	146	146
<b>TRAINER</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>
Trainer	1800	1800
<b>TOTAL</b>	<b>48923</b>	<b>56567</b>

Preise in €, zzgl. mwst.

**Abbildung 33:** Kosten der beiden Endoskopiesysteme (2D und 3D), die während des Zeitraumes der Datenerhebung in der „Kiel School of Gynaecological Endoscopy“ zur Verfügung standen. Im Preis inbegriffen sind sowohl die beiden Systeme, als auch die dazugehörigen Instrumente und der Pelvi-Trainer.

### 3. Fragebogen

**ID:**

## Subjektive endoskopische Beurteilung:

(Seite 1-2 vor den praktischen Übungen beantworten, Seite 3-4 nach den Übungen)

Alter:			<b>Beruflicher Stand:</b>		<b>Händigkeit:</b>		<b>Geschlecht:</b>	
			Student	<input type="checkbox"/>	Rechts	<input type="checkbox"/>	Männlich	<input type="checkbox"/>
			Assistenzarzt	<input type="checkbox"/>	Links	<input type="checkbox"/>	Weiblich	<input type="checkbox"/>
			Facharzt	<input type="checkbox"/>				

### Frage 1:

Wie schätzen Sie Ihre endoskopischen Fertigkeiten und Erfahrungen ein?

Endoskopische Arbeiten kann ich übernehmen als:

- Keine Erfahrung
- Kameraassistent
- Erster Assistent
- Operateur unter Aufsicht
- Selbstständiger Operateur

In wie weit fühlen Sie sich in Ihrer jeweiligen Aufgabe sicher?

	trifft nicht zu		trifft teils zu		trifft voll zu
Kameraassistent	<input type="checkbox"/>				
Erster Assistent	<input type="checkbox"/>				
Operateur unter Aufsicht	<input type="checkbox"/>				
Selbstständiger Operateur	<input type="checkbox"/>				

Wie häufig sind Sie pro Woche mit der Endoskopie in Kontakt?

	0-1	2-3	4-5	5-6	>6
Anzahl der Operationen	<input type="checkbox"/>				
	0-1	2-4	5-7	8-10	>10
Anzahl der Stunden	<input type="checkbox"/>				

Wie schätzen Sie folgende Fertigkeiten ein?

	trifft nicht zu		trifft teils zu		trifft voll zu	
Umgang mit dem Endoskop	<input type="checkbox"/>					
Basistechniken (Schneiden, Nähen, Knoten)	<input type="checkbox"/>					
Umgang mit dem Gewebe	<input type="checkbox"/>					
Orientierung während der Endoskopie	<input type="checkbox"/>					
Konzentrationsfähigkeit während der Endoskopie	<input type="checkbox"/>					
Spezielle Kenntnisse der Sakropexie	<input type="checkbox"/>					
Selbstsicherheit	<input type="checkbox"/>					
Kenntnisse über endoskopische Arbeiten	<input type="checkbox"/>					
Kenntnisse der endoskopischen Geräte	<input type="checkbox"/>					
Manuelle Geschicklichkeit	<input type="checkbox"/>					
Umgang mit Problemen und Fehlern während der Operation	<input type="checkbox"/>					

## Frage 2:

Sind Sie durch Videospiele auf der Konsole oder dem PC vorgeschult?

ja  nein

Haben Sie zuvor schon an endoskopischen Trainingskursen teilgenommen?

ja  nein

**Frage 3:**

Wie beurteilen Sie Ihre endoskopischen Fähigkeiten nach den praktischen Übungen?

	trifft nicht zu		trifft teils zu		trifft voll zu
Kameraassistent	<input type="checkbox"/>				
Erster Assistent	<input type="checkbox"/>				
Operateur unter Aufsicht	<input type="checkbox"/>				
Selbstständiger Operateur	<input type="checkbox"/>				

Wie schätzen Sie nach den praktischen Übungen folgende Fertigkeiten ein?

	trifft nicht zu		trifft teils zu		trifft voll zu
-Umgang mit dem Endoskop	<input type="checkbox"/>				
-Basistechniken (Schneiden, Nähen, Knoten)	<input type="checkbox"/>				
-Umgang mit dem Gewebe	<input type="checkbox"/>				
-Orientierung während der Endoskopie	<input type="checkbox"/>				
-Konzentrationsfähigkeit während der Endoskopie	<input type="checkbox"/>				
-Spezielle Kenntnisse der Sakropexie	<input type="checkbox"/>				
-Selbstsicherheit	<input type="checkbox"/>				
-Kenntnisse über endoskopische Arbeiten	<input type="checkbox"/>				
-Kenntnisse der endoskopischen Geräte	<input type="checkbox"/>				
-Manuelle Geschicklichkeit	<input type="checkbox"/>				
-Umgang mit Problemen und Fehlern während der Operation	<input type="checkbox"/>				

**Frage 4:**

Wie beurteilen Sie die simulierte Operation am Organmodell?

	trifft nicht zu		trifft teils zu		trifft voll zu
Realitätstreu	<input type="checkbox"/>				
Aufwändig genug	<input type="checkbox"/>				
Benutzerfreundlich	<input type="checkbox"/>				
Operationsvorbereitend	<input type="checkbox"/>				

**Frage 5:**

Vergleich der beiden Endoskopiemodelle:

	ja	nein
3D schneller als 2D	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3D effizienter als 2D	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3D bessere Optik als 2D	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3D besseres Handling als 2D	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Würden Sie die 3D-Endoskopie in Ihrem Krankenhaus bevorzugen?

ja  nein

**Frage 6:**

In wie weit konnte Ihnen dieser Kurs helfen sich zu verbessern?

	Stark verbessert	Verbessert	unverändert	verschlechtert	Stark verschlechtert
-Umgang mit dem Endoskop	<input type="checkbox"/>				
-Basistechniken (Schneiden, Nähen, Knoten)	<input type="checkbox"/>				
-Umgang mit dem Gewebe	<input type="checkbox"/>				
-Orientierung während der Endoskopie	<input type="checkbox"/>				
-Konzentrationsfähigkeit während der Endoskopie	<input type="checkbox"/>				
-Spezielle Kenntnisse der Sakropexie	<input type="checkbox"/>				
-Selbstsicherheit	<input type="checkbox"/>				
-Kenntnisse über endoskopische Arbeiten	<input type="checkbox"/>				
-Kenntnisse der endoskopischen Geräte	<input type="checkbox"/>				
-Manuelle Geschicklichkeit	<input type="checkbox"/>				
-Umgang mit Problemen und Fehlern während der Operation	<input type="checkbox"/>				

Würden Sie diesen Kurs erneut besuchen oder weiterempfehlen?

ja  nein

## VII. Danksagung

Hiermit möchte ich allen meinen herzlichen Dank aussprechen, 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, die mir freundlicherweise das Thema überlassen haben. Mein Besonderer Dank gilt 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 stets freundlich während dieser Zeit begleitete. Dr. Alkatout ermöglichte mir eine geteilte Erstautorschaft der aus der Promotion entstandenen Publikation und eine Vortragsreise zur Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe.

Zudem danke ich Frau Dr. h.c. mult. Sybill Storz (Karl Storz GmbH & Co. KG), die mir die Endoskopiesysteme für diese Arbeit kostenfrei zur Verfügung gestellt hat. Dank gilt auch der Firma „Serag-Wiessner GmbH & Co. KG“, die das Sakropexienetz „Seratex a pa mr, 2x19 cm“ für die Übung der Sakrokolpopexie sponserte. Ebenso danke ich der Firma „Johnson & Johnson Medical GmbH“, die die Naht „2-0 Vicryl Ethicon“ zur Verfügung stellte.

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.

Ebenso danke ich für die wissenschaftliche statistische Betreuung Dipl.-Math. Ulrike von Hehn, geschäftsführende Gesellschafterin der „medistat GmbH“.

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

Besonderer Dank gilt meiner ganzen Familie, die mich während dieser Promotionsarbeit und des gesamten Studiums begleitet hat und mich stets unterstützte.

**VIII. Lebenslauf**

Name: Johannes Heinrich Spille  
 Adresse: Holtenauer Straße 65, 24105 Kiel  
 Geburtsort: Cloppenburg  
 Geburtsdatum: 08.07.1990  
 Vater: Hans-Dieter Spille, Zahnarzt und Apotheker  
 Mutter: Monika Spille, geb. Lübke, Lehrerin  
 Schwester: Dorothee Spille, cand. med. in Münster  
 Bruder: Sebastian Spille, stud. med. dent. in Ungarn

Ausbildung: Grundschule Molbergen 1997-2001  
 Gymnasium Liebfrauenschule in Cloppenburg 2001-2010  
 Humanmedizinstudium Vorklinik in Kiel 2010-2012  
 - 1. Staatsexamen 2012  
 Humanmedizinstudium Klinik in Kiel 2012-2016  
 - 2. Staatsexamen 2015  
 - 3. Staatsexamen voraussichtlich 2016  
 Zahnmedizinstudium in Kiel seit dem WS 2015/2016

Praktika: Krankenpflagedienst im St. Antonius-Stift Emstek vom  
 09.08.2010 – 30.09.2010 und 01.08.2011 – 09.09.2011  
 Praktikum bei Böckmann & Penning Zahntechnik GmbH vom  
 22.02.2017 – 07.03.2017

Famulaturen: 18.02.2013 – 19.03.2013 in der chirurgischen Abteilung des  
 St. Josefs-Hospital Cloppenburg  
 01.08.2013 – 31.08.2013 in der kardiologischen/ pneumologischen  
 Gemeinschaftspraxis bei Dr. med. Paul Meyer in Cloppenburg  
 18.02.2014 – 04.03.2014 in der neurologischen Abteilung des  
 Christlichen Krankenhauses Quakenbrück  
 06.03.2014 – 19.03.2014 in der unfallchirurgischen Praxis von  
 Franz Gensigk in Cloppenburg  
 22.08.2014 – 07.09.2014 in der orthopädischen Abteilung der  
 HELIOS Ostseeklinik Damp

06.10.2014 – 19.10.2014 in der Praxis des niedergelassenen  
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgen Dr. med. Dr. med. dent. Markus  
Knoll in Cloppenburg

Promotion: „Laparoskopisches Training in der Gynäkologie von Anfängern und Experten: Selbsteinschätzung und direkter Vergleich von 2D und 3D an objektivierbaren Operationsschritten“ betreut von Herrn PD Dr. Ibrahim Alkatout in der Klinik für Gynäkologie und Geburtshilfe des UKSH von Juni 2014 bis Februar 2017

Publikationen: Abstract: „Laparoskopisches Training von Anfängern und Experten am Pelvitainer: Selbsteinschätzung und direkter Vergleich von 2D und 3D an objektivierbaren gestaffelten Operationsschritten“ zum 61. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe vom 19. - 22. Oktober 2016 in Stuttgart

Spille, J., Wengers, 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 pelvitainer in objectively graded surgical steps. *Journal of Surgical Education*, [Epub ahead of print]

## **IX. Publikationen**

### **1. Publikation:**

Spille, J., Wengers, 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]

## 2. Abstract

Präsentation des Themas auf dem 61. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe vom 19. - 22. Oktober 2016 in Stuttgart



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



# Laparoskopisches Training in der Gynäkologie von Anfängern und Experten: Selbsteinschätzung und direkter Vergleich von 2D und 3D an objektivierbaren Operationsschritten

J. Spille [1], L. Mettler [1], N. Maass [1], I. Alkatout [1]

[1] Department of Gynecology and Obstetrics, University Hospitals Schleswig-Holstein, Campus Kiel

### Einleitung

Jüngste Studien zeigen, dass die Nebeneffekte der 3D-Laparoskopie – wie die Notwendigkeit einer hohen Computerrechenleistung oder die erschwerte Visualisierung in Echtzeit auf Grund von Spiegelungen, Farbdarstellungen und Bewegungen [1] – mit der neuesten Technologie stets weniger geworden sind und dass die 3D-Ansicht in der medizinischen Ausbildung von großem Nutzen sein kann [2]. Die Lernkurve ist dabei in der 3D-Endoskopie steiler als in der 2D-Endoskopie und ermöglicht somit das Erlernen endoskopischer Fähigkeiten in einem kürzeren Zeitraum [3]. Trainingsoptionen – wie das Lernen der Endoskopie an Pelvi-Trainern in stressfreien Umgebungen und das Vertiefen der erworbenen laparoskopischen Fertigkeiten – sind von großem Wert [4], da die simulierten Fähigkeiten in den Operationssaal übertragen, die psychische Arbeitsbelastungen reduziert und die Leistungen unerfahrener Chirurgen verbessert werden können [5-7]. Diese Untersuchung soll die Durchführbarkeit eines endoskopischen 2D- und 3D-Trainings zeigen und den Nutzen sowie den Trainingseffekt auch für ein nur kurzes Training an endoskopischen Operationssimulationen wiedergeben. Ebenso sollen die Vorteile der 3D-Endoskopie gegenüber der herkömmlichen Endoskopie hervorgehoben werden. In dieser Studie sollten die Fragestellungen, ob das Arbeiten mittels 3D effizienter, schneller, ungangsfreundlicher und einfacher zu bedienen ist als die herkömmliche 2D-Technik in Korrelation zu operativen Erfahrung und der Selbsteinschätzung beantwortet werden. Zudem: Operateure welchen Ausbildungsgrades profitieren am meisten von einem 3D-System?

### Material und Methoden

277 Probanden arbeiten an Operationssystemen von KARL STORZ, sowohl im 2D-HD- als auch 3D-Modus und einem Endoskopiebasissatz (Präparier- und Fasszangen, Schere und Makronadelhalter). Als Inlays der Pelvi-Trainer wurden selbst erarbeitete Modelle verwendet. Vier Übungen wurden herausgearbeitet: (1) Greifen und Übergeben von Nadeln, (2) Schneiden vorgegebener Markierungen, (3) Scheidenverschluss mit Prolapsprophylaxe, (4) Sakropekzie (Sakrospexienzint „SERATEX A PA MR, 2x19 cm“ der Firma „SERAG-WIESSNER GmbH & Co. KG“). Die Fortschritte wurden mittels Pre- und Post-Test gemessen. Die Randomisierung der Reihenfolge (2D-HD oder 3D) erfolgte anhand eines Zufallszahlengenerators. Ausgewertet wurde zudem ein Fragebogen, der die Selbsteinschätzung der Probanden bezüglich ihrer Arbeiten in 2D und 3D klassifizierte.

### Ergebnisse

#### Aufgabe 1: Einfaches Handling

In der Basis-Übung, die nur von den unerfahrenen Studenten praktiziert wurde, haben sich 100% der Probanden mit dem 3D-System verbessert. Eine derartige Steigerung konnte in der 2D-Endoskopie nicht erreicht werden. Ein signifikanter Unterschied bezüglich der Durchschnittszeiten konnte in dieser Übung nicht eruiert werden.

#### Aufgabe 2: Tiefensimulation

Statistisch konnte ermittelt werden, dass es sowohl in der Gruppe der Studenten ( $p = 0,035$ ) als auch in der der Fachärzte ( $p = 0,002$ ) einen signifikanten Unterschied bezüglich der Durchschnittszeiten in 2D und 3D zugunsten der dreidimensionalen Darstellung gab. Eine deutliche Varianz in der Anzahl der Fehler in den beiden Mustern konnte mathematisch nur für die Studenten errechnet werden. Sie machten in 3D signifikant weniger Fehler ( $p = 0,015$  für das Muster der Punkte;  $p = 0,001$  für das Muster der Strichreihenfolge).

#### Aufgabe 3: Scheidenverschluss mit Prolapsprophylaxe

Für die beiden medizinischen Ausbildungsgruppen der Assistenzärzte ( $p = 0,044$ ) und der Fachärzte ( $p < 0,001$ ) konnten signifikante Unterschiede zugunsten der 3D-Endoskopie errechnet werden. Bei den Studenten ließ sich kein signifikanter Unterschied in 2D und 3D ermitteln ( $p = 0,051$ ).

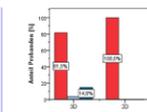


Abbildung 1: Angaben der Aufgabe 1 in Prozent, ob sich die Studenten, die an beiden Endoskopiesystemen gearbeitet haben, im zweiten Durchgang mit dem anderen Endoskopiegerät im Bereich der Schnelligkeit verbessert oder verschlechtert haben.

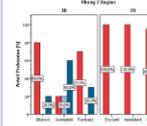


Abbildung 2: Angaben der Aufgabe 2 in Prozent, ob sich die Studenten, die an beiden Endoskopiesystemen gearbeitet haben, im zweiten Durchgang mit dem anderen Endoskopiegerät im Bereich der Genauigkeit verbessert oder verschlechtert haben oder gleich geblieben sind.

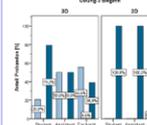


Abbildung 3: Angaben der Aufgabe 3 in Prozent, ob sich die Studenten, die an beiden Endoskopiesystemen gearbeitet haben, im zweiten Durchgang mit dem anderen Endoskopiegerät im Bereich der Anzahl der „Materielldurchschneidungen pro Zeit“ verbessert oder verschlechtert haben oder gleich geblieben sind.

#### Aufgabe 4: Sakropekzie

Die komplexe Übung wurde größtenteils von erfahrenen Operateuren durchgeführt. Fachärzte konnten sich mit dem 3D-System gegenüber dem 2D-System signifikant verbessern ( $p = 0,036$ ).

#### Einfluss operativer Kenntnisse auf die beiden Endoskopiesysteme

Die erste Aufgabe wurde aufgrund der fehlenden operativen Erfahrung von Studenten an dieser Analyse ausgeschlossen. Die Fallzahlen liefen für Aufgabe 2 keinen statistischen Vergleich zu. Im Mittel waren die Probanden mit der höheren Anzahl an Operationsstunden pro Woche schneller, wobei die Zeiten in 3D unterhalb der in 2D lagen. Ebenso wurden in den einzelnen Gruppen in der Regel in 3D weniger Fehler gemacht als in 2D. In 3D konnten signifikante Unterschiede bei dem Vergleich von „0-1“ und „5-7“ Stunden Operationspraxis pro Woche ( $p = 0,037$ ), von „0-1“ und „>7“ ( $p = 0,041$ ), von „2-4“ und „5-7“ ( $p = 0,018$ ) sowie von „2-4“ und „>7“ ermittelt werden. Ein statistischer Zusammenhang zur wöchentlichen OP-Praxis konnte jedoch weder hinsichtlich der Dauer der Übung 4 in 2D noch in 3D nachgewiesen werden ( $p = 0,073$  und  $p = 0,062$ ). Dennoch war erkennbar, dass die Probanden mit einer höheren Anzahl an Operationsstunden in der Regel die Übung schneller beenden konnten. Zudem beendeten die Probanden in den einzelnen Untergruppen die Sakropekzie in 3D jeweils schneller.

#### Die hypothetische Entscheidung aller Teilnehmer für ein Endoskopiesystem

Nach den endoskopischen Arbeiten entschieden 71,4% der Studenten, 77,1% der Assistenzärzte und 60,7% der Fachärzte, dass das 3D-System im Bereich der Schnelligkeit dem 2D-System überlegen ist.

78,6% der Studenten, 80,6% der Assistenzärzte und 61,6% der Fachärzte beurteilten das 3D-System als das System mit der größeren Effizienz. Für eine bessere Optik am 3D-Gerät haben sich 71,4% der Studierenden,



Abbildung 5: Übungsmaterial der Aufgaben 1-4

69,4% der Ärzte in Weiterbildung und 73,2% der Fachärzte ausgesprochen.

Hinsichtlich der Frage, welches Endoskopiesystem ein besseres Handling bietet, haben sich die Probanden folgendermaßen entschieden: 76,8% der Studenten, 77,8% der Assistenzärzte und 62,2% der Fachärzte sahen hier die Vorteile beim 3D-System.

80,4% der Studenten, 75% der Assistenzärzte und 61,1% der Spezialisten nahmen das 3D-System als das insgesamt vorteilhaftere Operationsmedium wahr.

#### Subjektive Verbesserungen der endoskopischen Fertigkeiten

Die Studenten gaben anfangs auf Grund ihrer endoskopischen Unkenntnisse an, wenig bis keine Aufgaben während einer Operation übernehmen zu können. Vor den Aufgaben trauten sich lediglich 10% der Studenten die „Kamerassistenz“ zu, nach den Übungen 28,3%, was eine Steigerung um fast 200% entspricht. Auch die Assistenzärzte und die Fachärzte konnten sich im Bereich des Selbstvertrauens verbessern.

#### Diskussion und Zusammenfassung

Letztendlich bietet die 3D-Endoskopie operative Vorteile, wie die bessere Darstellung des Operationsfeldes, der visuellen Tiefenwahrnehmung, der Nahaufnahme des jeweiligen Operationsgebietes auch in schlecht zugänglichen anatomischen Regionen [8,9], die erfolgreiche Eingriffe ermöglichen. Darüber hinaus zeigte diese Studie durch ihre Aufgabenstellungen mit steigendem Schwierigkeitsgrad, dass sich vor allem angehende bzw. junge Ärzte in den Handhabungen und Kenntnissen der Laparoskopie in der Endoskopieschule in Kiel deutlich verbesserten. Das Üben an den Pelvi-Trainern bot eine ausgezeichnete Plattform die Grundkenntnisse der Endoskopie zu erlernen und sich bestmöglich auf den operativen Alltag vorzubereiten und die Weiterbildung optimal zu unterstützen und förderte zudem die Selbstvertrauen, im operativen Geschäft mehr Verantwortung übernehmen zu können. So ist neben einer optimalen technischen Ausstattung der Klinik auch die präklinische Vorschulung wie an Pelvi-Trainern ein wichtiges Medium, das in das Curriculum der Zukunft Einzug finden könnte. Eine strukturierte Grundausbildung ist einer reinen klinischen Ausbildung bzw. einer klinischen Ausbildung verbunden mit Laborarbeiten deutlich überlegen [10]. Letztendlich konnten auch die Fachärzte stark profitieren und ihre endoskopischen Fertigkeiten perfektionieren. Zudem wurde den Teilnehmern mit der 3D-Darstellung ein ihnen meist noch nicht bekanntes, innovatives Operationsmodul vorgestellt.

Angesichts der technischen Verbesserung und der enormen funktionellen Vorteile der 3D-Endoskopie ist es möglich, dass diese die herkömmliche zweidimensionale Bildwiedergabe weitestgehend verdrängen wird [11].

#### Literatur

- Field M, Clarke D, Strup S, Seales W B (2009) Stereo endoscopy as a 3-D measurement tool. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2009, 5748-5751
- Agresta A, de Brosses G, Chianetta D, Sorce V, Ciarrella R, Gada M, Vercellino L, Romano G, Colotta G (2016) Three-dimensional (3D) versus two-dimensional (2D) laparoscopic adenectomy: A case-control study. *Int J Surg*, 28 Suppl 1, 114-117
- Ashraf A, Collins D, Whelan M, O'Sullivan R, Balle E (2015) Three-dimensional (3D) simulation versus two-dimensional (2D) enhances surgical skills acquisition in standardized laparoscopic tasks: a before and after study. *Int J Surg*, 14, 12-16
- Buckle N, C, Volante F, Pagan F, Tom C, Maedl P (2013) Three-dimensional laparoscopy: a step toward advanced surgical navigation. *Surg Endosc*, 27, 692-694
- Gonzalez-Dominguez E, Carrasco-Villente J, Valero-Bosa J, Campos-Hernandez J P, Anglada-Curado F, J, Carrasco-Carrasco J L, Font-Llagada P, Requena-Tapia M J (2015) Impact of 3D vision on mental workload and laparoscopic performance in inexperienced subjects. *Actas Urol Esp*, 39, 228-235
- Kinosiata H, Nakagawa K, Usui Y, Iwanuma M, Ito A, Miyajima A, Hoshi A, Arai Y, Baba S, Matsuda T (2015) High-definition resolution three-dimensional imaging systems in laparoscopic radical prostatectomy: randomized comparative study with high-definition resolution two-dimensional systems. *Surg Endosc*, 29, 2203-2206
- Udels S, Dzeri A (2007) Laparoscopy simulators. *J Endourol*, 21, 274-279
- Sorensen S M, Sarvan M M, Konge L, Bjerrum F (2016) Three-dimensional versus two-dimensional vision in laparoscopy: a systematic review. *Surg Endosc*, 30, 11-23
- Alkhatib I, Nicolai M, Egberts J-H, Bismanns K-P, Adenroth J, Raiser K (2016) Robotchirurgie in der Gynäkologie – Status quo. *Der Gynäkologe*, 49, 470-476
- De Win G, Van Broemene S, Aggarwal R, Crea N, Zhang Z, De Ridder D, Miserez M (2013) Laparoscopy training in surgical education: the utility of incorporating a structured preclinical laparoscopy course into the traditional apprenticeship method. *J Surg Educ*, 70, 594-605
- Silvestri M, Sini M, Cavallotti C, Varatani M, Ferraro V, Freschi C, Valdotti P, Mancini A, D'Amico P (2011) Autostereoscopic three-dimensional viewer evaluation through comparison with conventional interfaces in laparoscopic surgery. *Surg Innov*, 18, 223-230