

Aus der Klinik und Poliklinik für Geburtshilfe und Frauengesundheit  
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Transfer manuell-chirurgischer Fertigkeiten zwischen Laparoskopie und  
Hysteroskopie

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin  
der Universitätsmedizin  
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

MDDr. Leon Paul Schmidt  
aus Würzburg

Mainz, 2024

Wissenschaftlicher Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Hansjörg Schild

1. Gutachterin: Prof. Dr. med. Christine Elisabeth Skala

2. Gutachter: Prof. Dr. med. Tobias Huber

Tag der Promotion: 20.12.2024



*Für meine Oma*

*Uschi Horn*

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	1
Abbildungsverzeichnis.....	2
Tabellenverzeichnis.....	4
1 Einleitung und Ziel der Dissertation .....	5
2 Literaturdiskussion .....	7
2.1 Geschichte und Herausforderungen der Minimal Invasiven Chirurgie .....	7
2.2 Kritische Einordnung der Minimal Invasiven Chirurgie .....	9
2.3 Lehre und Ausbildung in der Minimal Invasiven Chirurgie .....	11
2.3.1 Trainingsmodalitäten in der Minimal Invasiven Chirurgie .....	12
2.3.2 Trainingsmodelle in der gynäkologischen Minimal Invasiven Chirurgie.....	15
2.4 Strukturierte Ausbildungscurricula in der chirurgischen Gynäkologie .....	20
2.5 Beurteilung chirurgischer Leistungen .....	22
2.6 Von der Simulation in den Operationssaal .....	24
2.7 Transfer chirurgischer Fertigkeiten in der Minimal Invasiven Chirurgie.....	25
3 Material und Methoden.....	27
3.1 Zielsetzung .....	27
3.2 Setting und Teilnehmer*innen .....	27
3.3 Studiendesign und Ablauf .....	28
3.4 Baseline Evaluation .....	30
3.5 Randomisierung.....	30
3.6 Trainingsmodelle und Übungen .....	30
3.6.1 Laparoskopie.....	31
3.6.2 Hysteroskopie .....	32
3.7 Postfragebogen.....	34
3.8 Endpunkte.....	34
3.9 Fallzahlplanung und statistische Analyse .....	35
4 Ergebnisse .....	37
4.1 Demographische Betrachtung und Baseline Daten .....	38
4.2 Transfer chirurgischer Fertigkeiten von Laparoskopie zu Hysteroskopie .....	40
4.2.1 Primärer Endpunkt .....	40
4.2.2 Sekundäre und explorative Endpunkte .....	40
4.3 Transfer chirurgischer Fertigkeiten von Hysteroskopie zu Laparoskopie.....	43
4.3.1 Primärer Endpunkt .....	43
4.3.2 Sekundäre und explorative Endpunkte .....	44
4.4 Einfluss persönlicher Charakteristiken .....	46
4.4.1 Mental Rotation Test – A.....	46
4.4.2 Einfluss von Freizeitaktivitäten .....	47
4.5 Postfragebogen.....	48

4.5.1	Subjektiver Transfer der Fertigkeiten.....	49
4.5.2	Trainingscurriculum .....	51
5	Diskussion .....	52
5.1	Herausforderungen der chirurgischen Ausbildung in der Gynäkologie .....	52
5.2	Transfer chirurgischer Fertigkeiten zwischen Laparoskopie und Hysteroskopie ....	54
5.3	Training in Laparoskopie, Hysteroskopie und robotisch-assistierter Chirurgie – Zusammen oder getrennt? .....	56
5.4	Wissenschaftliche Evaluation des Transfers chirurgischer Fertigkeiten.....	57
5.5	Vorhersage chirurgischer Leistung.....	59
5.6	Individualisierte Ausbildung – Anforderungen und Potential.....	62
5.7	Limitationen .....	63
5.8	Konklusion .....	66
6	Zusammenfassung.....	68
	Literaturverzeichnis .....	70
	Danksagung .....	79
	Lebenslauf.....	80

## Abkürzungsverzeichnis

AGE	Arbeitsgemeinschaft Gynäkologische Endoskopie e.V.
AR	Augmentierte Realität
E-learning	Electronic learning
ESGE	European Society for Gynaecological Endoscopy
GESEA	Gynaecological Endoscopic Surgical Education and Assessment
HYSTT	Hysteroscopic Skills Training and Testing method
LASTT	Laparoscopic Skills Training and Testing method
MIC	Minimalinvasive Chirurgie
MRT-A	Mental Rotation Test – A
OSATS	Objective Structured Assessment of Technical Skills
VR	Virtuelle Realität
vs.	versus
z.B.	zum Beispiel

---

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 1:</b>	(Selbstgebaute) Modelle aus Alltagsgegenständen .....	16
<b>Abb. 2:</b>	Nahtpad (Eigenproduktion der Frauenklinik).....	17
<b>Abb. 3:</b>	Modell der Vagina nach einer Hysterektomie (Eigenproduktion der Frauenklinik).19	
<b>Abb. 4:</b>	Kuhuterus (links) und menschliches Uterusmodell (rechts, MedicFX, Auckland, New Zealand).....	20
<b>Abb. 5:</b>	Flowchart des Studienablaufs.....	29
<b>Abb. 6:</b>	Setup der laparoskopischen (links) und hysteroskopischen (rechts) Übungen.....	31
<b>Abb. 7:</b>	Hysteroscopic Skills Training and Testing Model (HYSTT) mit verschiedenfarbigen Pins.....	32
<b>Abb. 8:</b>	Hysteroskopisches Trainingsinstrumentarium.....	34
<b>Abb. 9:</b>	Studienteilnehmerin beim Durchführen der laparoskopischen Übung.....	36
<b>Abb. 10:</b>	Consort Flowchart .....	38
<b>Abb. 11:</b>	Vergleich der durchschnittlichen hysteroskopischen Übungszeit der ersten zwei Versuche zwischen Teilnehmer*innen mit und ohne Vorerfahrung in der Laparoskopie.....	40
<b>Abb. 12:</b>	Hysteroskopische Lernkurven von Teilnehmer*innen mit und ohne laparoskopischer Vorerfahrung.....	41
<b>Abb. 13:</b>	Erreichte Targets nach Zeit von Teilnehmer*innen mit und ohne laparoskopischer Vorerfahrung .....	42
<b>Abb. 14:</b>	Vergleich der durchschnittlichen laparoskopischen Übungszeit der ersten zwei Versuche zwischen Teilnehmer*innen mit und ohne Vorerfahrung in der Hysteroskopie.....	43
<b>Abb. 15:</b>	Laparoskopische Lernkurven von Teilnehmer*innen mit und ohne hysteroskopischer Vorerfahrung.....	44
<b>Abb. 16:</b>	Platzierte Pins nach Zeit von Teilnehmer*innen mit und ohne hysteroskopischer Vorerfahrung .....	45
<b>Abb. 17:</b>	Nicht platzierte Pins (Fehler) von Teilnehmer*innen mit und ohne hysteroskopischer Vorerfahrung.....	46
<b>Abb. 18:</b>	Lineare Regressionsanalyse zwischen Mental Rotation Test – A und durchschnittlich gebrauchter Zeit pro Versuch am hysteroskopischen Modell .....	47
<b>Abb. 19:</b>	Bewertung der Schwierigkeit der laparoskopischen und hysteroskopischen Übung durch die Teilnehmer*innen.....	49
<b>Abb. 20:</b>	Subjektive Wahrnehmung der Übertragbarkeit chirurgischer Fertigkeiten zwischen Laparoskopie und Hysteroskopie der Teilnehmer*innen.....	50
<b>Abb. 21:</b>	Empfundene Sicherheit in realen Operationseingriffen der Teilnehmer*innen .....	51

**Abb. 22:** Zahl der Studien zum Thema "Surgical Skill Transfer" in PubMed (Stand 07.08.2024) .....57

## **Tabellenverzeichnis**

<b>Tab. 1:</b> Demographische Betrachtung und Baseline Daten .....	39
<b>Tab. 2:</b> Analyse des systematischen Bias der Studie .....	65

## 1 Einleitung und Ziel der Dissertation

Mit dem Einzug der Minimal Invasiven Chirurgie (MIC) in die moderne Medizin, veränderte sich der operative Goldstandard in allen chirurgischen Disziplinen. Hysteroskopische und laparoskopische Eingriffe sind mittlerweile aus der gynäkologischen Chirurgie nicht mehr wegzudenken und stellen für viele Indikationen die präferierte Operationsmethode dar (1, 2). Patientinnen profitieren durch den minimalinvasiven, weniger traumatischen Zugangsweg von schnelleren Erholungszeiten, kürzeren Krankenhausaufenthalten, weniger Schmerzen und einem besseren kosmetischen Ergebnis (3, 4). Doch diese Vorteile für die Patientinnen gehen mit einem erhöhten Schwierigkeitsgrad für die Operateur\*innen einher. Das indirekte Arbeiten über eine Kamera auf einem zweidimensionalen Bildschirm in einem dreidimensionalen Operationsfeld sorgt für Schwierigkeiten in der Tiefenwahrnehmung und eine erschwerte Hand-Augen-Koordination (5, 6). Chirurg\*innen benötigen ein hohes Maß an technischem und psychomotorischem Können, um minimal invasive Operationen sicher durchführen zu können. Die Lernkurven für minimal invasive Eingriffe sind deutlich länger im Vergleich zu Eingriffen, die offen chirurgisch durchgeführt werden (7), wodurch sich die Ausbildung der Operateur\*innen als große Herausforderung darstellt. Angehende operativ tätige Gynäkolog\*innen stehen vor der Herausforderung diese erschwerten Bedingungen zu bewältigen, ohne dabei die Sicherheit der Patientinnen zu gefährden.

Die Ausbildung von gynäkologischen Chirurg\*innen wird auch durch sozioökonomische Faktoren beeinflusst. Durch einen gestiegenen finanziellen Druck auf Kliniken und eine oftmals eingeschränkte Anzahl an verfügbaren Operationssälen sowie durch Personalmangel können die Qualitätsstandards in der Ausbildung angehender Operateure meist nicht zufriedenstellend gewährleistet werden. Diese Problematik unterstreicht die Notwendigkeit eine sichere und effiziente Lehrmethode außerhalb des Operationsaals zu etablieren (8). In einem gemeinsamen Statement forderten die führenden europäischen und amerikanischen Fachgesellschaften für gynäkologische Endoskopie bereits seit 2014 eine sogenanntes Dry Lab-Trainingsmöglichkeit für MIC an jeder Klinik, welche minimalinvasive Eingriffe durchführt (9). Der häufig anstrengende klinische Alltag macht nicht nur effektive Trainingscurricula notwendig, sondern vor allem auch effiziente Trainingscurricula, um die limitierte zur Verfügung stehende Zeit optimal zu nutzen. Insbesondere für das Erlernen von hysteroskopischen Fertigkeiten mangelt es an etablierten und validierten Trainingscurricula. Während hysteroskopische und laparoskopische Eingriffe den gleichen physikalischen Prinzipien folgen, gibt es bisher nur wenig Evidenz, ob die erlernten Fertigkeiten zwischen den beiden chirurgischen Modalitäten transferiert werden können und so eine Kombination des Trainings zu schnelleren Lernkurven führen könnte.

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Beantwortung genau dieser Frage. Die Ergebnisse können wesentlich dazu beitragen, Trainingscurricula kompakter und effizienter zu gestalten und die Qualität der gynäkologisch-chirurgische Ausbildung zu verbessern. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine randomisiert-kontrollierte Cross-over-Studie durchgeführt mit dem Ziel, den möglichen Transfer von manuellen Fertigkeiten zwischen der Laparoskopie und der Hysteroskopie zu evaluieren und wenn möglich, auch die beste Kombination und Reihenfolge des Trainings zu identifizieren. Des Weiteren wurden persönliche Charakteristiken und Fertigkeiten wie die mentale Rotationsfähigkeit und deren Einfluss auf die laparoskopische und hysteroskopische Lernkurve untersucht, um dem Ziel eines individualisierten Trainings und einer damit einhergehenden Effizienzsteigerung näher zu kommen.

## 2 Literaturdiskussion

Mit dem Einzug der MIC in den klinischen Alltag entwickelte sich auch die chirurgische Ausbildung weiter. Im Zeitalter der evidenz-basierten Medizin gilt für die Ausbildung angehender Gynäkolog\*innen die Forderung nach wissenschaftlicher Evaluation propagierter Trainingsmethoden und Modelle. Diesem Ziel widmet sich die Lehr- und Trainingsforschung in der MIC. Ziel dieser Literaturdiskussion ist es, einen umfassenden Überblick über den wissenschaftlichen Stand der MIC zu geben. Dabei werden sowohl die Geschichte und Herausforderungen der MIC, als auch die Lehre und Ausbildung in der MIC beleuchtet.

### 2.1 Geschichte und Herausforderungen der Minimal Invasiven Chirurgie

Die Geschichte der MIC beginnt bereits im antiken Griechenland mit der Entwicklung von Instrumenten zur Untersuchung von Körperöffnungen. Hippokrates beschrieb 400 vor Christus ein Anoskop, mit welchem er eine genauere Untersuchung von Hämorrhoiden durchführen konnte. Der Arabische Wissenschaftler und Chirurg Abū al-Qāsim (936-1013) entwickelte Hippokrates Erfindung weiter und ermöglichte so den ersten Schritt einer gynäkologischen Untersuchung. Mittels einer Reflexion von Licht in seiner Apparatur konnte er die Zervix darstellen. Die folgenden Jahrhunderte vergingen ohne große revolutionäre Durchbrüche und die Weiterentwicklung der MIC geriet ins Stocken. Als größtes Problem stellten sich die mangelnden Möglichkeiten zur Beleuchtung des zu untersuchenden Bereiches dar (10).

Der sogenannte „Lichtleiter“ des Mainzer Arztes Phillip Bozzini (1773-1809) aus dem Jahr 1806 änderte dies. Seine Erfindung gilt als erstes dokumentiertes Endoskop. Ziel seiner Anwendung war es, die Hohlräume des Körpers und der Organe wie beispielsweise den Pharynx, das Rektum oder die Harnblase zu visualisieren. Jedoch konnte mit seiner Erfindung lediglich oberflächlich gearbeitet werden, da die Eindringtiefe aufgrund des schwachen Kerzenlichtes stark limitiert war (11).

1901 führte der Deutsche Chirurg Georg Kelling schließlich die erste experimentelle Laparoskopie im Abdomen von Hunden durch. Mittels steriler Luft füllte er die Peritonealhöhle auf, um dann das Abdomen durch sein Zystoskop zu untersuchen (12). 1920 wurde die erste größere Fallserie mit 42 klinischen Peritoneoskopien durch den amerikanischen Internisten B.H. Orndoff bekannt (13). Der deutsche Gastroenterologe Heinz Kalk beschrieb 1929 erstmals einen „working port“ und entwickelte ein 135°-Linsensystem, mit welchem er hepatobiliäre Krankheiten untersuchen konnte (14). Die Entdeckung der Glasfaseroptik Mitte des 20. Jahrhunderts sorgte für den nächsten großen Entwicklungsschub in der MIC. Lawrence Curtiss ummantelte Lichtleiterkabel mit Glas und baute ein Gastroskop (15). Erstmals war es möglich ein Operationsbild mit ausreichender Qualität abzufotografieren. Das

jahrhundertealte Problem der Visualisierung des Operationsfeldes geriet durch diese Entdeckung zunehmend in den Hintergrund.

Kurt Semm, ein Forscher und Chirurg aus Kiel, gilt heutzutage als einer der großen Pioniere in der MIC. Er entwickelte unter anderem automatische Insufflatoren, Saug- und Elektrokoagulationsinstrumente für den Einsatz in der MIC. Obwohl seine Arbeit auf großen Gegenwind stieß (16), führte er 1981 die erste laparoskopische Appendektomie durch. Im gleichen Jahr nahm das „American Board of Obstetrics and Gynecology“ Laparoskopie in sein Ausbildungsprogramm für Assistenzärzt\*innen auf. In den folgenden Jahren revolutionierte die Entwicklung von hochauflösenden Miniaturkameras, welche an das Endoskop angebracht werden konnten, die Bildgebung bei minimalinvasiven chirurgischen Eingriffen. Optische Signale werden in elektrische Impulse konvertiert, wodurch ein Bild auf einem Monitor oder ähnlichem bildgebendem Gerät erzeugt wird. Bisher konnten Chirurg\*innen lediglich vornübergebeugt, in ein Instrument (Scope) schauend arbeiten und waren zusätzlich noch limitiert durch eine eingeschränkte Bildgebung. Ab den frühen 1980er Jahren war es jedoch möglich geradestehend zu operieren und das Operationsfeld auf einem Monitor zu visualisieren (17). Darüber hinaus konnten Assistent\*innen sowie Studierende erstmals dem operativen Vorgang optisch folgen, wodurch nicht nur der operative Ablauf, sondern auch das Vermitteln und die Lehre von operativen Fähigkeiten deutlich erleichtert und verbessert werden konnte (10).

Eine regelrechte Revolution in der Allgemein Chirurgie, Urologie und Gynäkologie wurde während des Jahrestreffens des „American College of Surgeons“ im Jahr 1989 ausgelöst. Obwohl eine weitreichende wissenschaftliche Evaluierung und Validierung der laparoskopischen Cholezystektomie fehlte, begann die Ablösung der offenen Cholezystektomie durch die laparoskopische Cholezystektomie. Auch wenn es kritische Stimmen gab, die eine Evaluierung und Validierung dieser Methode verlangten, setzte sich die laparoskopische Cholezystektomie gegen die offene Cholezystektomie durch. Begünstigt wurde diese Entwicklung durch große mediale Aufmerksamkeit und Druck von Patient\*innen, welche nach dieser neuartigen Methode verlangten. Es wurden Kurse und Fortbildungen veranstaltet, um der wachsenden Nachfrage für eine Weiterbildung in MIC weltweit gerecht zu werden. Ein Jahr zuvor wurde die erste laparoskopisch durchgeführte Hysteroskopie vom amerikanischen Gynäkologen Dr. Harry Reich durchgeführt und 1989 publiziert (18). Bestärkt durch die in den nächsten Jahren folgende wissenschaftliche Aufarbeitung der MIC sowie der medialen Verbreitung wurden Patient\*innen aufmerksam auf diese neuartige Methode und es kam zu einer gesteigerten Nachfrage minimalinvasiver Eingriffe. Gefördert durch diese Aspekte konnte sich die MIC etablieren und entwickelte sich zum Goldstandard für viele abdominelle Eingriffe wie beispielsweise Appendektomien, Hysterektomien, Salpingektomien

oder Cholezystektomien. In den kommenden Jahren organisierten sich Fachgesellschaften wie die „Society of Laparoendoscopic Surgeons“ mit dem Ziel die höchsten Standards für das minimalinvasive sowie endoskopische Arbeiten zu garantieren (19).

## 2.2 Kritische Einordnung der Minimal Invasiven Chirurgie

Jahrhunderte an Forschung, Experimenten und Versuchen führten dazu, dass die moderne MIC heutzutage sowohl Patient\*innen als auch Behandler\*innen viele Vorteile bietet. So profitieren Patient\*innen von kleineren, weniger traumatischen operativen Zugangswegen und einem daraus resultierenden geringeren postoperativem Schmerz sowie geringerer postoperativer Morbidität (20). Ein wesentlicher Aspekt aus Patient\*innenperspektive ist zudem das verbesserte ästhetische Ergebnis. St. Peter et al. konnten zeigen, dass Patient\*innen postoperative Narben nach einem MIC Eingriff gegenüber eines offenchirurgischen Eingriffes als ästhetischer beurteilen (21). Als weiterer Vorteil der MIC gegenüber der offenen Chirurgie konnte eine schnellere Rückkehr der Patient\*innen zu ursprünglichen alltäglichen Tätigkeiten festgestellt werden (22).

Doch nicht nur die Patient\*innen können von der MIC profitieren, auch Kliniken können aus wirtschaftlicher Sicht durch den Einsatz der MIC Nutzen ziehen. So konnte eine 2016 veröffentlichte Studie schlussfolgern, dass das englische Gesundheitssystem „National Health System“ durch laparoskopische Operationen bei Dickdarmkrebs zwischen 2006-2012 29,3 Millionen Pfund einsparen konnte (23). Die Einsparungen wurden durch kürzere Aufenthaltszeiten für Patient\*innen und geringere Rückeinweisungszahlen von bereits operierten Patient\*innen erklärt.

Jedoch unterscheiden sich die finanziellen Einsparungen bei unterschiedlichen Eingriffen erheblich. So konnte ebenfalls eine britische Studie nachweisen, dass eine offene Leistenbruchoperation gegenüber einer laparoskopischen Leistenbruchoperation deutlich kosteneffektiver ist (24). Zusätzliche Ausgaben für das benötigte Equipment und verlängerte Operationszeiten durch erhöhte operative Anforderungen an Chirurg\*innen können zusätzliche Kosten verursachen und somit einen laparoskopischen Eingriff aus ökonomischer Sicht unattraktiver machen (24-26).

Hysteroskopisch durchgeführte operative Eingriffe stellen eine Eigenform der MIC innerhalb der Gynäkologie dar. Bei hysteroskopischen Eingriffen nutzen Behandler\*innen ein endoskopisches Gerät, um mittels vaginalem Zugangs eine interne Ansicht zu erlangen. Durch das Hysteroskop können Vagina, Zervix, Zervixkanal, Uterus sowie die Orifizen der Eileiter visualisiert werden. Man nutzt den natürlichen Zugang diagnostisch und operativ, um beispielsweise Exzisionen von Polypen oder Gewebebiopsien durchzuführen. Der nahezu

atraumatische Zugangsweg durch die natürliche Körperöffnung führt zu geringen postoperativen Schmerzen, sodass die meisten Eingriffe ambulant durchgeführt werden können. Beschränkt wird die Hysteroskopie durch natürliche anatomische Gegebenheiten der Patientinnen.

Die technischen und psychomotorischen Anforderungen an die gynäkologischen Chirurg\*innen bei diesen minimalinvasiven Eingriffen sind jedoch im Vergleich zur offenen Chirurgie besonders hoch. Für Chirurg\*innen birgt die klassische MIC einige Herausforderungen. Das indirekte Arbeiten mittels einer Kamera führt zu einer zweidimensionalen Sicht auf ein dreidimensionales Operationsfeld. Das menschliche Gehirn benötigt jedoch unterschiedliche Bilddaten durch versetzte Blickwinkel um eine Tiefenwahrnehmung feststellen zu können (27). Schattierungen, Überlagerungen und bekannte Größen wie beispielsweise das Verhältnis eines eingeführten Operationsinstrumentes zu einem entsprechenden Organ können Chirurg\*innen als Anhaltspunkte dienen (28), erfordern jedoch Erfahrung und Training. Mit der Entwicklung der dreidimensionalen Laparoskopiekameras wirkt der technische Fortschritt diesen Schwierigkeiten entgegen. Im Vergleich zu laparoskopischen Eingriffen mit dreidimensionaler Bildgebung dauern operative Eingriffe mit zweidimensionale Bildgebung durchschnittlich deutlich länger (29). Auch die laparoskopische Lernkurve für operative Eingriffe kann durch die Verwendung von dreidimensionalen Kameras verkürzt werden, wie eine Studie von Blavier et al. zeigte (30). Doch bis heute stehen vielen Kliniken in Deutschland aufgrund der höheren Kosten keine dreidimensionale Systeme zur Verfügung. Eine weitere Schwierigkeit bereitet MIC Chirurg\*innen der Fulcrum Effekt. Die Bewegung der langen Operationsinstrument wird durch die starre Position des Trokars beeinflusst. Der Trokar dient als Drehpunkt, wodurch die Bewegungen des äußeren Endes des Instrumentes entgegengesetzte Bewegungen im Körperinneren verursachen. Geringe externe Bewegungen führen zu großen internen Bewegungen, was das Handling für Chirurg\*innen deutlich erschwert (31). Der Verlust der Haptik und dem damit einhergehenden Verlust der Sensorik erschwert den Operierenden den minimalinvasiven Eingriff. Chirurg\*innen müssen lernen haptische Defizite durch visuelle Informationen zu kompensieren (32).

Minimalinvasive Eingriffe stellen nicht immer eine erfolgversprechendere Alternative im Vergleich zur klassischen offenen Operationsalternative dar. So konnten Frumovitz et al. eine erhöhte Rückfallrate für Gebärmutterhalskrebs bei Patientinnen nachweisen welche minimalinvasiv operiert wurden, im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, die eine offene Operation erhielt. Darüber hinaus stellten sie eine verminderte Überlebensrate der minimalinvasiv operierten Gruppe fest. Daraus folgte 2020 eine klare Empfehlung zum

---

Umdenkenden in der Behandlung von Gebärmutterhalskrebs im Frühstadium vom minimalinvasiven zum offenen chirurgischen Eingriff (33).

Das ergänzende Zusammenspiel aus Laparoskopie und Hysteroskopie bildet heutzutage den Goldstandard in der gynäkologischen Diagnostik und Operation. Während die robotisch-assistierte Chirurgie auch Teil der MIC ist und seit einigen Jahren Einzug in die gynäkologische Chirurgie findet, ist der Stellenwert in der Gynäkologie noch nicht endgültig geklärt. Der Fokus dieser Arbeit liegt daher auf der klassischen MIC (Laparoskopie und Hysteroskopie), sodass auf die Entwicklung und Vorteile der robotisch-assistierten Chirurgie in diesem Rahmen nicht weiter eingegangen wird.

### 2.3 Lehre und Ausbildung in der Minimal Invasiven Chirurgie

Mit der Weiterentwicklung und Digitalisierung der MIC veränderten sich die Anforderungen an gynäkologische Chirurg\*innen. Während die MIC sich langsam zum Goldstandard für einige chirurgische Eingriffe entwickelte, gab es lange Zeit keine klar definierten Ausbildungsstandards oder Trainingscurricula. 1994 nannten Roysten et al. die Explosion des Interesses an MIC unter Chirurg\*innen und Gynäkolog\*innen die dramatischste Veränderung in der Chirurgie seit der Einführung der Anästhesie. Gleichzeitig warnten sie davor, dass die MIC in Verruf geraten könnte, wenn keine adäquaten Schritte eingeleitet würden, um der Öffentlichkeit eine gewisse Sicherheit in der MIC zu bieten. Hierfür sahen sie die Akkreditierung von strukturierten Trainingscurricula als wichtigen Schritt an. (34).

Einen ähnlichen Schritt musste knapp ein Jahrhundert früher auch die offene Chirurgie durchlaufen. In der Vergangenheit lernten chirurgische Novizen häufig nach einem Mentor-Schüler-Prinzip direkt am Patienten. Gelernt und gelehrt wurde durch Ausprobieren am Patienten unter der Beobachtung eines erfahreneren Arztes oder einer erfahrenen Ärztin. Strukturierte Ausbildungsprogramme oder gar der Nachweis einer gewissen Qualifikation gab es nicht. Erst im Jahr 1890 revolutionierte schließlich der Amerikaner William Stewart Halsted die chirurgische Ausbildung. Als „Chief of Surgery“ am John-Hopkins-Krankenhaus etablierte er das erste Weiterbildungsprogramm (Residency). Halsteds Lehrmodell basierte auf der nach ihm benannten „see one, do one, teach one“ Methode (35). Bei diesem Lernansatz beobachtet der Lernende zuerst eine Prozedur von einem erfahrenen Chirurgen, führt sie dann selbst durch und gibt die Technik danach an andere Lernende weiter. Ziel seines Residency Programmes war es nicht nur neue Chirurg\*innen, sondern auch systematisch neue Mentor\*innen auszubilden. Damit sollte kontinuierlich chirurgisches Wissen von Mentor\*in zu Trainee weitergegeben werden (36, 37). Halsted's Prinzip kann als wörtliche Interpretation missverstanden werden, denn es geht hierbei nicht darum einen Eingriff tatsächlich nur einmal

gesehen zu haben. Nichtsdestotrotz unterstellt das Prinzip, dass ein Trainee nach ausführlichem Beobachten eines Eingriffs diesen auch selbstständig durchführen kann. Während Halsted mit diesem Konzept die Ausbildung in chirurgischen Fächern weltweit noch heute prägt, gilt sein Grundsatz „see one, do one, teach one“ heute nicht mehr als zeitgemäß. Gründe hierfür sind sowohl ethische Bedenken mit Hinsicht auf den Patientenschutz insbesondere in der initialen Lernphase, sowie ein verstärktes Bewusstsein für Behandlungsfehler (38).

Einen Teil dieser Bedenken greift J.R Peyton bereits 1998 mit seinem vier Stufen System zur Ausbildung chirurgischer Noviz\*innen auf. Schritt eins stellt hierbei eine Demonstration durch Lehrende dar. Diese\*r führt die zu erlernende Fähigkeit in normaler Geschwindigkeit durch ohne seine/ihre Arbeit zu kommentieren. Im zweiten Schritt wiederholt der/ die Mentor\*in die zu erlernende Fertigkeit und beschreibt und erklärt diese in einzelnen Abschnitten. Im dritten Schritt erklärt der/die Lernende jeden Abschnitt während der/die Lehrende den Anweisungen des Lernenden folgt. Im vierten und letzten Schritt führt der/die Lernende die zu erlernende Fertigkeit selbstständig durch (39). Verschiedene Studien konnten einen verbesserten Lernerfolg durch Peytons Methode gegenüber Halsteds Methode nachweisen (40, 41). Doch die größte Limitation von Halsteds und Peytons Methoden im heutigen Zeitalter ist die Notwendigkeit einen operativ erfahrenen Mentor\*in für jede Trainingseinheit präsent zu haben. Im stressigen und schwer planbaren Klinikalltag von Chirurg\*innen stellt die Planung und Durchführung eines ausführlichen Trainingsprogrammes Lehrende und Lernende vor eine große organisatorische Herausforderung.

### 2.3.1 Trainingsmodalitäten in der Minimal Invasiven Chirurgie

Während über Jahrhunderte die chirurgische Ausbildung direkt an den Patient\*innen stattfand, zieht es die aktuelle chirurgische Ausbildung wieder vermehrt zurück in den Lehrraum außerhalb des Operationsaales (42). Neue Trainingsansätze und Modalitäten bieten Trainierenden mittlerweile die Option mit und ohne Präsenz von erfahrenen Chirurg\*innen ihre eigenen Fähigkeiten außerhalb des Operationssaales weiterzuentwickeln. Neben dem Üben von Eingriffen an Leichen oder Tieren, stehen durch die technischen Weiterentwicklungen in der MIC heute eine Vielzahl von Simulationsmöglichkeiten zur Verfügung. Dies schließt sowohl Boxtrainer, als auch Virtuelle Realität (VR) – / Augmentierte Realität (AR) – Simulatoren, aber auch klassische electronic learning (E-Learning) Modalitäten wie Online Plattformen und Videoinstruktionen mit ein. Unter E-Learning versteht man die Bereitstellung von Bildung durch verschiedenste elektronische Medien (43). Lernende können so von vielseitiger und kombinierter Nutzung von Bildern, Videos, Animationen und Texten profitieren. E- Learning Inhalte ermöglichen einen einfachen Zugang zu Lehrmaterial, ermöglichen flexibles Lernen,

sind einfach aktualisierbar und ermöglichen personalisiertes Lernen (44). Darüber hinaus steht jedem/jeder Studierenden ein standardisiertes Lernmaterial zur Verfügung und die Anwesenheit eines Lehrers oder einer Lehrerin wird nicht benötigt (45, 46). Jokinen et al. sammelten 2017 Validitätsevidenz für ihren internetbasierten Kurs für Gynäkolog\*innen mit verschiedenen Erfahrungsgraden in Finnland. Sie konnten feststellen, dass in jeder Erfahrungsgruppe ein statistisch signifikanter Wissenszuwachs nach Abschluss des Webkurses stattfand und der Webkurs somit geeignet ist, in der Ausbildung von Gynäkolog\*innen genutzt zu werden (47). Auch der Nutzen von Boxtrainern und VR/AR-Simulatoren in der operativen Ausbildung von Gynäkolog\*innen konnte in mehreren Studien nachgewiesen werden (48-50).

### *Boxtrainer*

Boxtrainer sind auch unter dem Namen Videotrainer bekannt. In der Regel bestehen Boxtrainer aus einem laparoskopischen Turm mit Monitor, einer Lichtquelle, einer Box zur Simulation des menschlichen Abdomens sowie eingelassenen Zugängen für Trokare, Endoskope und operatives Instrumentarium (50).

Eine Sonderform der Boxtrainer stellen Einheiten ohne klassischen laparoskopischen Turm dar. Diese preiswerten und mobilen Alternativen können von Trainierenden auch außerhalb des Trainingszentrums genutzt werden. Beispiele für einen mobilen Boxtrainer sind der TASKit (Train Anywhere Skill Kit), der Laplay Boxtrainer des chinesischen Herstellers HZMIM oder auch die in Deutschland entwickelte Lübecker Toolbox. Mit einem Preis je nach Konfiguration und zugebuchter Software von bis zu 4.550 Euro (51) stellt die Lübecker Toolbox für fast jede Klinik eine erschwingliche Alternative dar, wenngleich mit Limitationen in den Simulationsmöglichkeiten. So ist beispielsweise in der Lübecker Toolbox die Kameraeinheit fest eingebaut und kann nicht verstellt werden.

Eine weitere Sonderform eines Boxtrainer ist der von Szinicz et al. beschriebene Pulsatile Organ Perfusion Trainer (POP-Trainer). Über ein Pumpsystem wird hier ein tierisches Organpaket durchblutet und bietet damit laparoskopisch Trainierenden ein besonders realitätsnahes Operationserlebnis, durch die Simulation von Blutungen. So kann der Umgang mit gefährlichen intraoperativen Komplikationen im Simulationsumfeld trainiert werden. Die zur Übung vorgesehenen Organe können im Rahmen der routinemäßigen Nahrungsmittelproduktion entnommen werden (52).

Die verschiedenen Formen der Boxtrainer ermöglichen laparoskopischen Novizen\*innen ein Training mit einem chirurgischen Instrumentarium, wie es auch im Operationssaal verwendet wird. Durch haptisches Feedback vergleichbar mit dem intraoperativen Gefühl vermitteln Boxtrainer ein realitätsnahes Gefühl für den Umgang mit und die Kontrolle von echten

laparoskopischen Instrumenten. Durch ihren flexiblen Aufbau ermöglichen sie ein Training an verschiedenen Modellen inklusive Basismodellen aus Holz oder Kunststoff, aber auch organischem und synthetischem Gewebe. Typische Trainingsaufgaben sind das Nähen von Knoten auf Silikonpads oder ein Transfer von Übungskörpern von Lage A nach B. Das Messen und Aufnehmen von Performance Eckdaten und damit das Widerspiegeln der eigenen Leistung kann sich bei Boxtrainern als schwierig erweisen. Hier werden meist geschulte Tutor\*innen oder erfahrene Chirurg\*innen benötigt, um die Leistung der Trainierenden zu bewerten und Feedback zu geben (53).

#### *Virtual Reality Simulatoren*

Ergänzend zu Boxtrainern haben sich in den letzten Jahren auch VR-Simulatoren etabliert. Bereits 1993 prognostizierten Satava et al., dass zukünftige chirurgische Assistenzärzt\*innen durch VR-Simulatoren neue Perspektiven auf die anatomischen Gegebenheiten des chirurgischen Umfeldes haben werden und so mit Hilfe der VR-Simulatoren chirurgische Eingriffe bis zur Perfektion lernen können, bevor sie an Patient\*innen durchgeführt werden. Sie definierten die Virtuelle Realität als eine dreidimensionale computergenerierte „Welt“, in welcher ein Nutzer\*in interagieren kann, als wäre er/ sie tatsächlich an diesem imaginären Ort (54).

VR-Simulatoren lassen sich in vier Generationen klassifizieren. Die erste Generation ist sehr simpel aufgebaut. Sie basiert auf der Simulation von abstrakten Objekten in einem dreidimensionalen, anatomisch nicht korrekten virtuellen Raum. Diese ersten Modelle waren ausschließlich auf die Entwicklung von physischen Fähigkeiten fokussiert. Darunter fällt die Raumwahrnehmung in Kombination mit Hand-Augen-Koordination und die manuelle Geschicklichkeit. Die zweite Generation von VR-Simulatoren führte anatomische Strukturen ein. Durch die Möglichkeit virtuelle Ovarien und Eileiter in das Simulationstraining zu integrieren, steigerte sich das Realitätslevel. In der dritten Generation von VR-Simulatoren kommen komplexere Softwareprogramme zum Einsatz. Dadurch können anatomisch korrekte Modelle simuliert werden. Diese wichtige Weiterentwicklung verbesserte die Realitätsnähe von VR-Simulatoren weiter und näherte das Training dadurch an die Gegebenheiten im Operationssaal an. Die vierte Generation von VR-Simulatoren enthält zusätzlich didaktische Lehrprogramme mit vorab aufgenommenen Beispielvideos. Diese Simulatoren kombinieren operatives Grundlagentraining mit Simulationen von Operationsabschnitten oder operativen Eingriffen in ganzer Länge. Beispiele für VR-Simulatoren aus der vierten Generation sind der LapSimGyn® (Surgical Science Sweden, Goteborg, Sweden), Sim Surgery® (Simsurgery, Oslo, Norway) oder Simbionix® (Simbionix-Baker, Cleveland, U.S.A) (50). Als entscheidender Vorteil von VR-Simulatoren gelten neben der Simulation ganzer Eingriffe auch die automatisierte Erfassung der chirurgischen Leistung. Den Trainierenden werden nach

Abschluss einer Übung Bewertungsparameter wie Zeit, Wegstrecke, übermäßiger Zug am Gewebe und viele weitere Aspekte präsentiert, häufig auch graphisch. So kann auch auf erfahrene Tutor\*innen in vielen Trainingsabschnitten verzichtet werden. Je nach Konfiguration befinden sich die Preise für VR-Simulatoren in einem hohen fünfstelligen bis niedrigen sechsstelligen Bereich. Daher finden sich VR-Simulatoren meist nur in Kliniken mit auf MIC spezialisierten Trainingszentren. Zusätzlich stellen das Arbeiten mit abweichendem Instrumentarium, mangelndes oder inadäquates haptisches Feedback, erschwerte Mobilität der Simulatoren und die Notwendigkeit für regelmäßige Updates Nachteile von VR-Simulatoren dar (55-57).

#### *Hybrid und Augmented Reality Trainer*

Hybrid-Trainer und AR-Trainer versuchen die Vorteile von Boxtrainern und VR-Simulatoren zu kombinieren. In Hybrid-Trainern werden laparoskopisches Instrumentarium, physische Materialien und digitales Mentoring kombiniert. Diese Zusammensetzung ermöglicht eine objektive Evaluation der messbaren Ergebnisse und behält dabei viele Eigenschaften von klassischen Boxtrainern, wie beispielsweise das haptische Feedback, bei (50, 58). Die Übungen werden in einem boxtrainerähnlichen Setup an echten Modellen durchgeführt, während Sensoren ähnlich wie bei VR-Trainern objektive Bewertungsparameter wie Wegstrecke, Kraftauswirkung und Zeit messen. So wird ein simultanes, objektives Feedback durch die Analyse anhand von Bewegungsparametern ermöglicht (59). Ein Beispiel für einen AR -Trainer ist der ProMIS® Simulator (Haptica, Boston, U.S.A), welcher nachweislich einen Mehrwert im Training von laparoskopischen Fähigkeiten bietet (60).

### 2.3.2 Trainingsmodelle in der gynäkologischen Minimal Invasiven Chirurgie

Die Ausbildung angehender gynäkologischer Chirurg\*innen erfordert ein spezialisiertes Trainingssetting und -modelle. Ziel ist es dabei, die notwendigen praktischen Fertigkeiten in einer sicheren und kontrollierten Umgebung zu erwerben. Um insbesondere den Transfer der komplexen, erlernten Fertigkeiten in den Operationssaal zu ermöglichen, ist eine realitätsnahe Simulation unabdingbar.

Trainingsmodelle gibt es in einer großen Vielfältigkeit, von standardisierten Übungen für Basisfertigkeiten, über selbstgebaute Modelle bis hin zu kommerziell hergestellten komplexen Organmodellen zur Simulation kompletter Operationen.

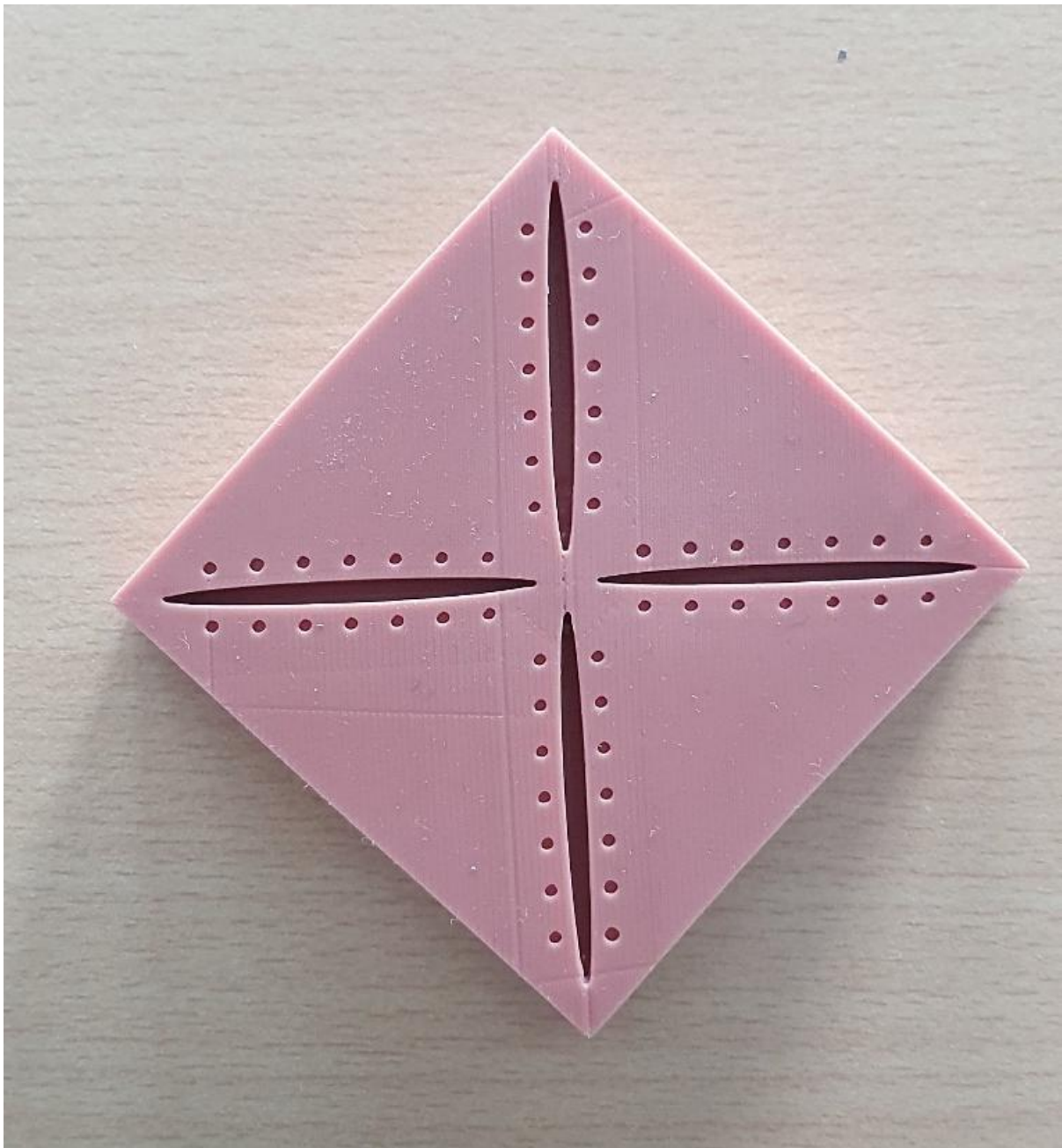
Zum Training psychomotorischer Basisfertigkeiten in der Laparoskopie und Hysteroskopie gibt es in der Gynäkologie ein Modell, das im Rahmen des Gynaecological Endoscopic Surgical Education and Assessment (GESEA) Programmes der European Society for Gynaecological Endoscopy (ESGE) zur Verfügung (61) gestellt wird. Diese gibt es sowohl für die Laparoskopie, als auch für die Hysteroskopie mit Uterusnachbildungen aus Kunststoff. So

besteht zum Beispiel das hysteroskopische Model aus einem Uterus aus Kunststoff, welcher in einem Latex Model des weiblichen Genitalbereichs positioniert wird. An ihm lassen sich in zwei verschiedenen Leveln (HYSTT 1 und HYSTT2) die hysteroskopische Kameraführung, die Hand-Augen-Koordination sowie das Führen der hysteroskopischen Instrumente (siehe Material und Methoden, Abschnitt 3.6.1 und 3.6.2) trainieren. Als kostengünstige Alternativen gibt es jedoch auch eine Vielzahl an selbst gebauten Modellen mit Alltagsgegenständen z.B. mit Streichhölzern, Ösen auf Holzbrettern zum Erlernen des Nadelhandlings oder aber auch Bügelperlen (Abbildung 1).



**Abb. 1:** (Selbstgebaute) Modelle aus Alltagsgegenständen

Für fortgeschrittene Fertigkeiten wie das laparoskopische Nähen und Knoten finden sich weitverbreitet sogenannte Nahtpads mit vordefinierten Ein- und Ausstichstellen (Abbildung 2).



**Abb. 2:** Nahtpad (Eigenproduktion der Frauenklinik)

Laparoskopisches Nähen und Knoten gehört zu den wichtigsten laparoskopischen Fertigkeiten insbesondere für Eingriffe wie Myomenukleationen und die totale laparoskopische Hysterektomie. Die meisten Nahtpads bestehen aus Silikon oder ähnlichen synthetischen Materialien. Trainierende können hier chirurgische Nahttechniken üben, ohne auf menschliches oder tierisches Gewebe zurückgreifen zu müssen. Standardnahtpads bestehen aus einer einfachen Oberfläche, meist mit eingefügten Schnitten und Markierungen, welche als Anhaltspunkte für verschiedene Übungsszenarien dienen. Hochwertige Nahtpads können aus verschiedenen Schichten bestehen und verschiedene Haut- und Gewebetiefen

simulieren. Ein Vorteil von Nahtpads ist die Wiederverwendbarkeit. Diese ermöglicht mehreren Trainierenden das Üben am gleichen Pad, bevor das Modell nach mehreren Zyklen ausgetauscht werden muss. Somit stellen sie eine effiziente Trainingsoption im Hinblick auf Kosten und Nutzen dar. Darüber hinaus profitieren Trainierende von der Realitätsnähe zum menschlichen Gewebe und der Portabilität von Nahtpads, was sie ideal für das Training in verschiedenen Workshops und Trainingszentren macht. Nahtpads werden üblicherweise in Boxtrainern verwendet, jedoch gibt es auch auf die Simulation des Nähens und Knotens spezialisierte Trainingsmodalitäten. Das GESEA-Programm bietet hier zum Beispiel das GESEA SUTT Training Tool, sowie den GESEA E-Knot Trainer an. Das SUTT (Suturing and Knot Tying Training) besteht aus einer Schaumstoffbasis, welche in einem Becken-Trainer platziert wird. Es wurde entwickelt um komplexe und feine laparoskopische Fertigkeiten wie das intrakorporale Nähen, das laparoskopische Hantieren der Nadel sowie das Manipulieren von Gewebe zu trainieren (62). Der GESEA E- Knot-Trainer ist ein Heimtrainer für laparoskopische Nahttechniken. Er benötigt als zusätzliche Ausrüstung ein Laptop und Nahtmaterial. Die Videokamera wird mit dem Laptop verbunden und stellt verschiedene Trainingsprogramme sowie Anleitungen und Tipps zur Verfügung (63).

Spezifisch für die Gynäkologie gibt es eine Weiterentwicklung des klassischen Nahtpads zur Simulation des Scheidenstumpfes nach einer laparoskopischen Hysterektomie (64). Aufgrund des Winkels im kleinen Becken, stehen hier selbst erfahrene gynäkologische Chirurg\*innen immer wieder vor einer Herausforderung. Scheidenstümpfe aus synthetischen Materialien, meist hochwertigem Silikon, simulieren den anatomischen Aufbau der Vagina nach einer Hysterektomie und können im Boxtrainer im entsprechenden Winkel angebracht werden (Abbildung 3, Eigenproduktion des Trainingszentrums der Universitätsfrauenklinik Mainz).



**Abb. 3:** Modell der Vagina nach einer Hysterektomie (Eigenproduktion der Frauenklinik)

Während Basismodelle, Nahtpads und Scheidenstümpfe auf das spezifische Training von einzelnen Fertigkeiten ausgelegt sind, gibt es auch Gebärmuttermodelle, welche die Simulation ganzer Eingriffe und Untersuchungsmethoden ermöglichen können. Hier lässt sich beispielhaft das „Miya Model® Pelvic Surgery Training Simulation“ von Miyazaki Enterprises nennen (65, 66). Die Notwendigkeit solcher Uterusmodelle wird besonders offensichtlich, wenn man sich den Vergleich zu tierischen Modellen deutlich macht. Während Darmoperationen oder auch Cholezystektomien realitätsnah mit Schweineorganen simuliert werden können, unterscheidet sich die tierische Anatomie des weiblichen Genitales deutlich von der menschlichen (Abbildung 4). Obwohl kommerzielle Uterusmodelle bereits sehr detailgetreu sind, sind sie durch die vergleichsweise hohen Kosten pro Model (nicht wiederverwendbar) nicht für das alltägliche Training geeignet.



**Abb. 4:** Kuhuterus (links) und menschliches Uterusmodell (rechts, MedicFX, Auckland, New Zealand)

#### 2.4 Strukturierte Ausbildungscurricula in der chirurgischen Gynäkologie

Die Komplexität und Vielfalt an minimalinvasiven Eingriffen, Trainingsmodalitäten und Modellen erfordert sorgfältig strukturierte und umfassende Ausbildungscurricula. Eine solide theoretische Grundlage kombiniert mit einer intensiven praktischen Ausbildung stellt die Grundlage für sicheres und qualitativ hochwertiges Operieren an Patientinnen dar. Durch die Vielzahl an verfügbaren Trainingsmodalitäten gilt es zu evaluieren, wie man ein effizientes Lernen für Trainierende ermöglicht, die erlernten Fertigkeiten verinnerlicht und wie man es erreicht, dass neu erlernte Können in den Operationssaal zu transferieren.

Einen ersten Ansatz eines einheitlichen Ausbildungskonzeptes bietet das Statement des European Board and College of Obstetrics and Gynaecology (67) zu europäischen Ausbildungsvoraussetzungen in der Geburtshilfe und Gynäkologie. Hier wird eine schrittweisen Abfolge von intraoperativem Training und Ausbildung in einem Trainingszentrum für MIC gefordert. Während zunächst die Basisfertigkeiten der MIC in einem Trainingszentrum erlernt werden sollen, folgt in einem zweiten Schritt die Assistenz während einer realen Operation. Anschließend sollen in einem dritten Schritt Standardeingriffe und fortgeschrittene technische Fertigkeiten in einem Trainingszentrum erlernt werden, bevor im vierten Schritt die ersten einfachen Eingriffe am Menschen unter Aufsicht eines erfahrenen Gynäkologen einer

---

erfahrenen Gynäkologin durchgeführt werden dürfen. Doch wie soll die Ausbildung in einem Trainingszentrum optimalerweise aussehen? Die aktuelle Forschung beschreibt mehrere Prinzipien und Merkmale von Trainingscurricula, die für den optimalen Erwerb und die Retention von psychomotorischen und chirurgischen Fertigkeiten in der MIC wichtig sind. So führten Stefanidis et al. den Erfolg laparoskopischer Curricula auf verschiedene Faktoren zurück. Die Steigerung der intrinsischen und extrinsischen Motivation des/der Trainierenden, die verfügbaren Ressourcen (materiell und personell), objektive Leistungsbewertungen und Feedback, strukturierte Module inklusive zu erreichender Zielwerte, der Einschluss von kognitiven und praktischen Trainingskomponenten sowie das Wiederholen von Trainingseinheiten zum Bewahren der erlernten Fertigkeiten werden hier als Grundeigenschaften für ein erfolgreiches Trainingscurriculum für laparoskopische Fertigkeiten angesehen (68).

Der proficiency-basierte Ansatz definiert eine zu erreichende Zielleistung (Benchmark). Diese Benchmarks werden oft an die Performance von Expert\*innen angelehnt. Das Training gilt als erfolgreich durchgeführt, wenn Teilnehmer\*innen diese Zielleistung erreichen (69). Dieser Ansatz gilt heute weitläufig als Goldstandard im Gegensatz zum zeitbasierten Training.

Weitere Merkmale eines guten Trainingscurriculums sind das adaptive Training, welches den Schwierigkeitsgrad des Trainings an die Leistung des/der Trainierenden anpasst (70). Somit soll eine Unter- und Überforderung verhindert werden. Optimalerweise wird dadurch ein anspruchsvolles Trainingsniveau generiert, ohne die kognitiven Fähigkeiten des/der Trainierenden zu überfordern oder unterfordern. Um zudem die verschiedenen operativen Anforderungen bewältigen zu können sollte ein Training darauf abgestimmt sein, seine erlernten Fertigkeiten flexibel einsetzen zu können. Übungen sollten daher variabel gestaltet werden, um eine monotone Durchführung einer einzelnen Einheit zu verhindern. Eine begünstigte Retention von erlernten Fertigkeiten durch diesen Ansatz konnte wissenschaftlich nachgewiesen werden (71).

Viele dieser Grundsätze werden bereits in den offiziellen deutschen und europäischen Trainingskonzepten für Gynäkolog\*innen integriert.

Die Arbeitsgemeinschaft Gynäkologische Endoskopie e.V. (AGE) wurde 1993 innerhalb der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e.V. gegründet (72). Die AGE bietet Zertifizierungen zur Qualifizierung und Überprüfung von minimalinvasiven, operativen Fertigkeiten in der Gynäkologie an. Ein zentrales Angebot der AGE stellen hier die MIC-Zertifikate dar. Die MIC-Zertifizierung ist in drei Module eingeteilt, MIC I, MIC II, MIC III. Das AGE- Zertifizierungskonzept soll die Ausbildung von Gynäkolog\*innen verbessern und gleichzeitig für eine verminderte Komplikationsrate bei operativen Eingriffen sorgen. Es stellt

sicher, dass gynäkologische Chirurg\*innen auf einem hohen Niveau arbeiten und trägt somit maßgeblich zur Verbesserung der Patientinnenversorgung bei. Die Zertifizierungen der AGE beziehen sich jedoch nicht nur auf Personen, sondern auch auf Institutionen wie beispielsweise Ausbildungs- und Robotik Zentren (73). Ziel ist es durch kontinuierliche Weiterbildung in Theorie und Praxis, sowie strengen Qualitätskontrollen ein hohes Level in der Durchführung minimalinvasiver Eingriffe zu garantieren, welches letztendlich dem Wohl der Patientinnen zugutekommt.

Die European Society for Gynaecological Endoscopy (ESGE) entwickelte in Zusammenarbeit mit The European Academy of Gynaecological Surgery das GESEA-Programm. Ziel war es, die Standards in der gynäkologischen Endoskopie zu verbessern und eine einheitliche Ausbildung für angehende Gynäkolog\*innen in Europa zu etablieren. Es unterteilt sich in einen standardisierten ersten Basisteil und einen zweiten Hauptteil mit zwei verschiedenen Optionen. Teilnehmer\*innen können im zweiten Level zwischen einer Weiterbildung zum minimalinvasiven gynäkologischen Chirurgen/gynäkologischer Chirurgin oder zum/zur reproduktionsendoskopischen Chirurg\*in wählen. Bei beiden Wegen gibt es weitere Spezialisierungsmodule wie Hysteroskopie oder auch robotisch-assistierte Chirurgie. Die Struktur des GESEA-Programms vermittelt sowohl theoretische als auch praktische Fertigkeiten (74). Ein drittes, sogenanntes „Expert Level“ befindet sich aktuell in der Entwicklung. Chirurgische Kompetenzen werden mittels einer Überprüfung standardisierter Verfahren durch Expert\*innen der ESGE und anderen Organisationen geprüft. Der erfolgreiche Abschluss eines Levels wird mit der Zertifizierung im entsprechenden Level honoriert. Das GESEA-Programm stellt die erste europaweite, standardisierte, chirurgische Zertifizierung für Gynäkolog\*innen dar.

Nichtsdestotrotz, ist vor allem der Grundsatz des kontinuierlichen und repetitiven Trainings durch die Zertifizierungsprogramme nicht erfüllt. Unabdingbar ist daher die Etablierung eines Trainingszentrums in jeder Klinik, welche MIC anbietet. Genau diese Forderung wurde bereits 2014 von führenden gynäkologischen Fachgesellschaften in Europa in einem gemeinsamen Statement gestellt (9). Doch obwohl die strukturierte Ausbildung von angehenden Chirurg\*innen verstärkt in den Fokus gerückt ist, gibt es auch weiterhin keinen nationalen oder international bindenden Konsens zur einheitlichen Ausbildung in der gynäkologischen MIC (75, 76).

## 2.5 Beurteilung chirurgischer Leistungen

Die korrekte Bewertung und Evaluation von laparoskopischen Fähigkeiten und operativem Können ist ein wichtiger Aspekt in Ausbildungsprogrammen. Nur durch eine adäquate

Einschätzung der chirurgischen Fertigkeiten, kann auch der Erfolg des Trainings beurteilt werden. Parameter wie Zeit, Fehler oder erfolgreich absolvierter Anteil einer Übung werden bereits im Rahmen von Zertifizierungen z.B. dem Fundamentals of Laparoscopic Surgery Curriculum für chirurgische Assistenzarzt\*innen in den USA eingesetzt (77). Eine adäquate Evaluation der chirurgischen Fertigkeiten kann aber auch als Feedback für die Trainierenden dienen, wodurch eine bessere Selbsteinschätzung des aktuellen Lernstadiums möglich ist. Hierbei kann das Assessment von einem oder einer Tutor\*in, Trainingspartner\*in, einem oder einer Chirurg\*in mit Vorerfahrung in MIC oder direkt durch den Trainingssimulator selbst erfolgen. Das objektive Assessment verwendet neutrale und standardisierte Methoden zur Bewertung chirurgischer Fertigkeiten, wie technische Parameter oder standardisierte Scores. Bekannt sind hier insbesondere die Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS) Scores, welche meist aus einem allgemeinen Teil und einem übungsspezifischen Teil bestehen (78, 79). Diese benötigen dennoch die Beurteilung durch einen/eine Beobachter\*in, sodass sie häufig als semi-objektive Bewertungsmittel eingeordnet werden. Das strikt objektive Assessment von minimalinvasiven chirurgischen Fähigkeiten basiert hingegen meist auf einem automatischen Feedback der Simulatoren. Typische Parameter sind aufgebrauchte Zeit oder Bewegungsparameter wie die zurückgelegte Länge eines Instrumentes. Ein Beispiel für einen Simulator mit integriertem objektivem Assessment ist der TrEndo von der Delft University of Technology aus den Niederlanden (80). Technische Weiterentwicklungen ermöglichen die Inklusion weiterer und immer komplexerer Parameter. Horeman et al. entwickelten ein System, welches Kraft und Drehmoment von Trainierenden bei laparoskopischen Übungen analysieren kann (81).

Darüber hinaus liegt der Fokus nicht mehr nur auf manuellen Fertigkeiten, sondern auch auf der Bewegung der Augen und visuellen Fixpunkten des/der Trainierenden. So konnten Dalveren et al. in einer Studie unterschiedliche chirurgische Erfahrungslevel anhand des Bewegungsmusters der Augen feststellen und die Teilnehmenden konnten so in verschiedene Erfahrungsgruppen eingeteilt werden (82).

Es besteht eine große Auswahlmöglichkeit an Assessmentmethoden in der MIC. Dennoch konnte man sich bis heute nicht auf eine gemeinsame Standardmethode zum optimalen Assessment chirurgischer Fertigkeiten einigen. Auch bleibt die Frage ob chirurgische Fertigkeiten, welche mit diesen (semi-)objektiven Bewertungsskalen oder automatischen Erfassungen gemessen werden, tatsächlich mit einem besseren Outcome für Patient\*innen einhergehen.

Birkmeyer et al. (83) konnten in einer Studie mit 20 Chirurg\*innen einen Zusammenhang zwischen der operativen Performance und dem Auftreten von postoperativen Komplikationen

nachweisen. Die teilnehmenden Chirurg\*innen reichten eine Videoaufnahme einer von Ihnen durchgeführten laparoskopischen Magenbypass Operation ein, welche unter anderem nach den Kriterien Umgang mit dem Gewebe, Bewegungsökonomie, Flüssigkeit der Operation und Gewebedarstellung bewertet wurden. Diese Videos wurden anonymisiert und von den anderen Chirurg\*innen der Studie nach ausgewählten Kriterien bewertet. Als Komplikationen wurden sowohl chirurgische Komplikationen wie beispielsweise eine erneute Eröffnung der Wunde, eine Wundinfektion, ein abdominaler Abszess und Blutungen gewertet, sowie medizinische Komplikationen wie beispielsweise Atemnot, Myokardinfarkt und das Auftreten einer Thromboembolie, welche aus einem prospektiv geführten Register gezogen wurden. Die Autoren der Studie konnten höhere Komplikationsraten bei Patient\*innen von Chirurg\*innen nachweisen, die niedrige Scores während der Bewertung ihrer Videos erhielten, ebenso wie länger Operationszeiten und höhere Raten an erneuten Operationen und Krankenhausaufenthalten. Aus den Ergebnissen der Studie lässt sich als ein direkter Zusammenhang zwischen den operativen Fertigkeiten der Chirurg\*innen, gemessen durch semi-objektiv Skalen und dem postoperativen Outcome von Patient\*innen feststellen.

Wenn also die Patient\*innen von Chirurg\*innen mit guten technischen Fertigkeiten weniger postoperative Morbidität aufweisen, so bleibt dennoch die Frage, ob sich die Fertigkeiten, welche im sicheren Umfeld außerhalb des Operationsaales erlernt werden, auch tatsächlich in den Operationssaal transferieren werden können.

## 2.6 Von der Simulation in den Operationssaal

Boxtrainer, VR-Simulatoren und andere fortschrittliche Simulationstechnologien simulieren heutzutage realistische chirurgische Umgebungen, in denen Auszubildende ihre Fertigkeiten trainieren können. Diese Simulatoren bieten einen sicheren und kontrollierten Rahmen, in dem ständige Wiederholungen möglich sind. Gleichzeitig können keine Unvorhersehbarkeiten oder schweren Komplikationen auftreten, anders als im Operationssaal, bei denen Patient\*innen zu Schaden kommen könnten. Die Validierung und Effektivität dieser Trainingswerkzeuge wird ausführlich untersucht, jedoch stellt sich die Frage, ob eine gute Performance am Simulator auch gleichzeitig eine gute Performance im Operationssaal bedeutet.

In einer Studie von Larsen et al. wurde der Einfluss von VR- Training auf die Performance in der Durchführung einer laparoskopischen Salpingektomie untersucht. Ihre Ergebnisse zeigten signifikant verbesserte operative Fertigkeiten der Gruppe, welche vorher mit VR-Simulatoren trainiert hat. Als Bewertungsmaßstab wurde der Score „Objective Structured Assessment of Laparoscopic Salpingectomy“ verwendet, welcher unter anderem das Management von Gewebe, die Effizienz der Bewegungen und die Flüssigkeit der operativen Bewegungen als

Kriterien verwendet (84). Darüber hinaus konnte eine verkürzte Lernkurve im Operationssaal sowie eine deutlich verkürzte Operationszeit festgestellt werden (85). Seymour et al. konnten ebenfalls eine verbesserte Performance von einer Gruppe mit vorherigem Training an einem VR-Simulator im Vergleich zu einer Gruppe ohne VR-Vortraining im Operationssaal nachweisen. Sie untersuchten zwei Gruppen an Teilnehmer\*innen die laparoskopische Cholezystektomien durchführten. Eine Gruppe erhielt zuerst ein VR-Training wohin gegen die andere Teilnehmergruppe ohne vorheriges VR-Training operieren musste. Als Fehler wurden unter anderem Parameter wie das Veröden von nicht operationsrelevantem Gewebe, Verletzungen der Leber und der Gallenblase sowie ein notwendiges Eingreifen eines erfahrenen Operateurs oder erfahrenen Operateurin gewertet. Auch sie konnten eine verkürzte Operationszeit in der Gruppe feststellen, die vorher am VR-Trainer geübt hatte, sowie eine deutliche niedriger Verletzungsrate an Leber und Gallenblase und ein besseres Abschneiden dieser Gruppe nach Bewertung an den vordefinierten Parametern (86).

Die Evidenzlage für den Transfer chirurgischer Fertigkeit aus einem Trainingssetting in den Operationssaal ist mittlerweile gut. In mehreren systematischen Übersichtsarbeiten und Metaanalysen konnte der Transfer von chirurgischen Fertigkeiten in der MIC, erlernt durch Simulationstraining, in den realen Operationssaal nachgewiesen werden (87-89). Der Nutzen von Simulatoren in der chirurgischen Ausbildung in der MIC gilt somit weitläufig als nachgewiesen.

## 2.7 Transfer chirurgischer Fertigkeiten in der Minimal Invasiven Chirurgie

Mit der bedeutenden Entwicklung von minimalinvasiven chirurgischen Eingriffen sind laparoskopische und hysteroskopische operative Eingriffe zu zentralen Techniken in der gynäkologischen Chirurgie geworden und stellen gynäkologische Chirurg\*innen vor eine große Herausforderung. So müssen sie heutzutage nicht nur in der Lage sein offen zu operieren, sondern sollten auch robotisch-assistierte, laparoskopische und hysteroskopische Operationstechniken beherrschen. Jede dieser Interventionen besitzt ihre Anwendungsberechtigung und sollte daher von Chirurg\*innen beherrscht werden. Dadurch ist es möglich, die Vorteile der verschiedenen Interventionen zum Wohle der Patient\*innen einzusetzen, wenngleich dies mit zusätzlichen Anforderungen an die Chirurg\*innen einhergeht. Doch wie in vielen Bereich der medizinischen Weiterbildung, gibt es in Deutschland noch keine klaren Richtlinien, wann ein Chirurg/eine Chirurgin eigenständig Eingriffe in diesen chirurgischen Modalitäten durchführen darf. Reicht die laparoskopische Vorerfahrung, um auch robotisch operieren zu können? Oder die laparoskopische Erfahrung für eine Hysteroskopie? Mit diesen Fragen zum Transfer der chirurgischen Fertigkeiten beschäftigen sich seit einigen Jahren auch die Wissenschaft.

In einer 2024 veröffentlichten systematischen Metaanalyse konnte nachgewiesen werden, dass technische chirurgische Fertigkeiten von der Laparoskopie auf die robotisch-assistierte Chirurgie transferiert werden können und dass dieser Transfer von Fertigkeiten ebenfalls von der robotisch-assistierten Chirurgie auf die laparoskopische Chirurgie stattfindet. Die Autoren schlussfolgerten daher, dass ein gemeinsames Trainingscurriculum dieser beiden chirurgischen Ansätze durchgeführt werden sollte, um die Effizienz zu steigern. Im Gegensatz dazu konnte kein Transfer von chirurgischen Fertigkeiten zwischen der offenen und der robotisch-assistierten Chirurgie festgestellt werden. Somit ist eine robotische Ausbildung auch für erfahrene offene Chirurg\*innen angeraten (90).

Aufgrund der Gemeinsamkeiten von laparoskopischen und hysteroskopischen Eingriffen, wie dem Nutzen von Endoskopen, langen Instrumenten und dem Operieren über einen indirekten Blick auf das Operationsfeld wäre zu erwarten, dass auch hier die erlernten Fertigkeiten zwischen den beiden Modalitäten transferierbar sind. Jansen et al untersuchten in einer Studie den Transfer von Fertigkeiten in der Kameraführung von der Hysteroskopie auf die Laparoskopie. Sie konnten keinen Transfer von Fertigkeiten in der Kameraführung zwischen der hysteroskopischen und laparoskopische Übung feststellen. Die Autor\*innen dieser Studie folgerten, dass Kameraführung in der Laparoskopie und Hysteroskopie getrennt trainiert werden müssen (91). Aufgrund der geringen Fallzahl mit nur 17 Proband\*innen pro Gruppe sind die Ergebnisse jedoch mit Vorsicht zu betrachten. Die Evidenz zum Transfer der chirurgischen Fertigkeiten von der Hysteroskopie auf die Laparoskopie ist jedoch sehr gering, mit nur dieser einen veröffentlichten Studie. Zum Transfer der Fertigkeiten von der Laparoskopie auf die Hysteroskopie liegt bisher keine gute, veröffentlichte Evidenz vor. Aus diesem Grund beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit genau dieser Fragestellung und untersucht den Transfer manueller chirurgischer Fertigkeiten zwischen Laparoskopie und Hysteroskopie.

### 3 Material und Methoden

Ziel dieser Arbeit ist es, den Transfer manueller chirurgischer Fertigkeiten zwischen Laparoskopie und Hysteroskopie zu evaluieren. Im Folgenden wurde eine Reihe von Experimenten und Analysen durchgeführt, die sowohl theoretische als auch praktische Aspekte berücksichtigen. In den folgenden Kapiteln wird zunächst die Zielsetzung, dann das Setting und die Teilnehmenden erläutert. Anschließend werden das Studiendesign und der Ablauf der Studie dargestellt, sowie die Baseline-Evaluation und die Randomisierung der Studie beschrieben. Weiter werden die Trainingsmodelle und Übungen sowie der Postfragebogen, die Endpunkte, die Fallzahlplanung und die statistische Analyse vorgestellt.

#### 3.1 Zielsetzung

Das Ziel dieser Dissertation ist es, den Transfer von chirurgischen Fertigkeiten von der Laparoskopie auf die Hysteroskopie und von der Hysteroskopie auf die Laparoskopie zu untersuchen. Des Weiteren wurde der Einfluss des dreidimensionalen Vorstellungsvermögens auf die Lernkurve der teilnehmenden Proband\*innen untersucht. Ebenso wurde der Einfluss von persönlichen Charakteristiken inklusive musikalischer und sportlicher Vorerfahrung sowie Erfahrung mit Videospiele auf die Trainingseffizienz untersucht.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit folgenden Fragestellungen:

- 1) Gibt es einen Transfer von manuellen chirurgischen Fertigkeiten von der Laparoskopie auf die Hysteroskopie?
- 2) Gibt es einen Transfer von manuellen chirurgischen Fertigkeiten von der Hysteroskopie auf die Laparoskopie?
- 3) Ist eine bestimmte Reihenfolge beim Erlernen der chirurgischen Fertigkeiten von Laparoskopie und Hysteroskopie sinnvoll?
- 4) Gibt es individuelle Charakteristiken, welche die Lernkurve beschleunigen oder von welchen die Teilnehmer\*innen besonders profitieren?
- 5) Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Ausprägung des dreidimensionalen Denkens und der chirurgischen Lernkurve bei den jeweiligen Übungen?
- 6) Welche Einschätzung erheben Teilnehmer\*innen nach Beendigung der Übungen?

#### 3.2 Setting und Teilnehmer\*innen

Um diese Fragestellungen zu beantworten, wurde eine randomisiert-kontrollierte Cross-over-Studie im Trainingszentrum für Minimal Invasive Chirurgie der Klinik und Poliklinik für

Geburtshilfe und Frauengesundheit der Johannes Gutenberg-Universität Mainz im Zeitraum Juni 2023 – Mai 2024 durchgeführt.

Eingeschlossen wurden Studierende im klinischen Studienabschnitt (ab dem 1. klinischem Semester nach abgeschlossenem Physikum). Die Studiendurchführung erfolgte im Rahmen eines freiwilligen Trainingskurses für MIC und wurde durch Flyer und Posts in Studienportalen, sozialen Medien, entsprechende Studiensekretariate sowie persönlich in Veranstaltungen beworben. Ausgeschlossen waren Studierende, die bereits zu einem früheren Zeitpunkt an laparoskopischen Trainingskursen teilgenommen hatten oder bereits sonstige laparoskopische Vorerfahrung von mehr als zwei Stunden vorweisen konnten. Den Teilnehmenden stand es jederzeit offen, die Studie ohne Nennung von Gründen zu verlassen ohne negative Konsequenzen befürchten zu müssen.

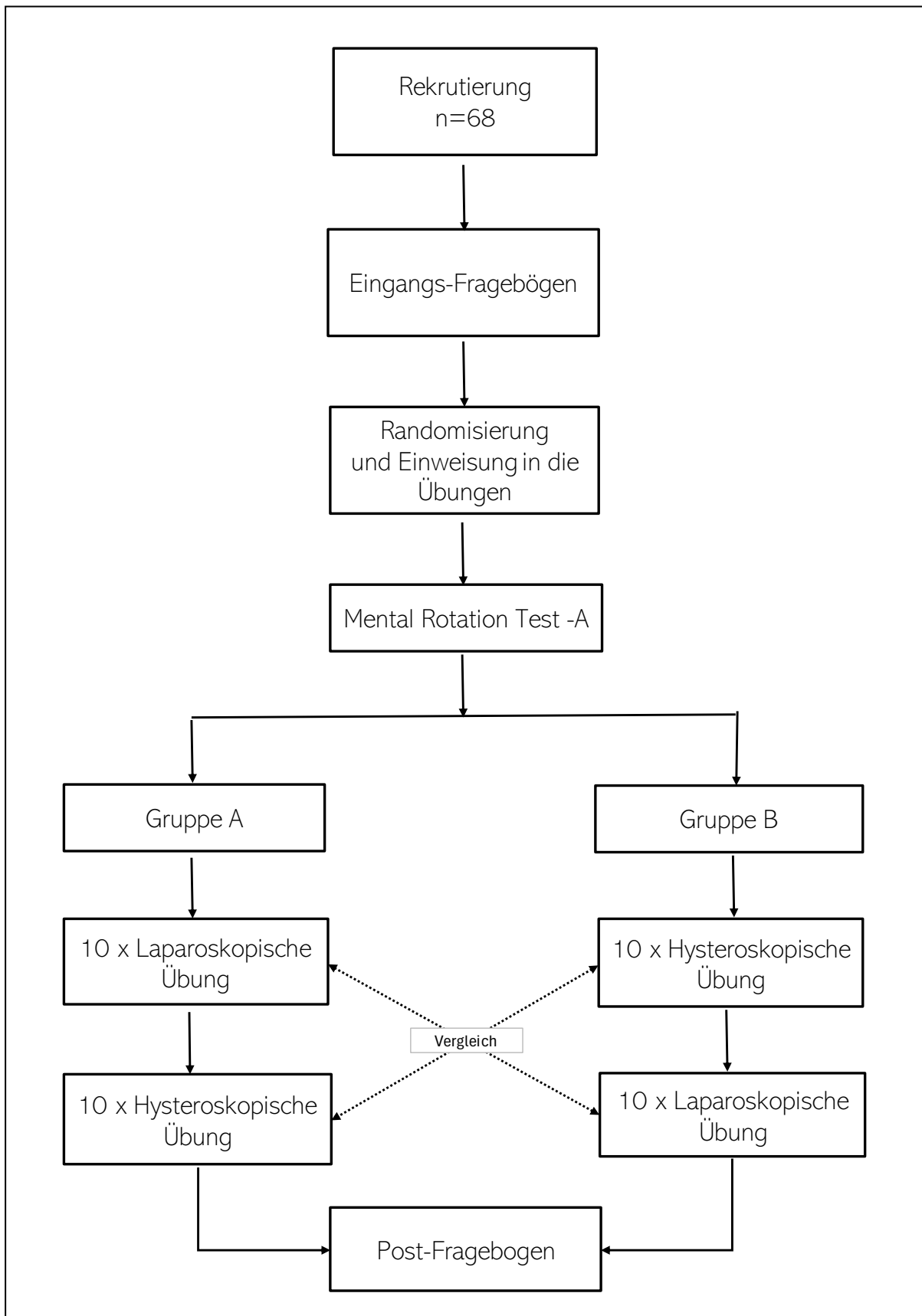
Ein schriftliches Einverständnis wurde von allen Proband\*innen vor Beginn der Studie eingeholt. Zudem erfolgte eine mündliche Aufklärung und es bestand jederzeit die Möglichkeit, Unklarheiten und Fragen vor der Unterschrift zu besprechen und zu klären.

Die Studie wurde prospektiv im Deutschen Krebsregister unter der Nummer DRKS00031669 registriert und erhielt ein positives Ethikvotum von der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz (2022-16451\_1).

### 3.3 Studiendesign und Ablauf

Die durchgeführte Studie ist eine prospektive, randomisiert-kontrollierte, monozentrische Cross-over-Studie. Alle Evaluationen erfolgten mittels Pseudonym.

Nach Einholen des schriftlichen Einverständnisses füllten die Proband\*innen einen Prä-Fragebogen aus. Anschließend wurden die mentalen Rotationsfähigkeiten evaluiert, bevor die Proband\*innen in zwei Gruppen randomisiert wurden. Entsprechend ihrer Gruppeneinteilung erfolgte dann das Training zuerst in der Hysteroskopie oder der Laparoskopie mit anschließendem Wechsel in die jeweils andere chirurgische Modalität. In jeder Modalität wurde die entsprechende Übung zehn Mal hintereinander durchgeführt, wobei zwischen den Versuchen kurze Pausen bis zu einer Minute erlaubt waren. Nach Abschluss erhielten die Proband\*innen einen Post-Fragebogen, um ihre subjektive Einschätzung der Übungen und chirurgischen Fertigkeiten zu evaluieren. Eine Übersicht über den Studienablauf findet sich in Abbildung 5.



**Abb. 5:** Flowchart des Studienablaufs

### 3.4 Baseline Evaluation

Der Prä-Fragebogen beinhaltete unter anderem Fragen zu demographischen Daten wie Alter, Geschlecht, derzeitiger Semesterstatus, aber auch persönliche Charakteristiken wie der Erfahrung mit Computerspielen, Musik und Sport. Des Weiteren wurden die vorherigen Erfahrungen mit laparoskopischen oder anderweitigen chirurgischen Trainingskursen abgefragt.

Zur Bemessung des dreidimensionalen Vorstellungsvermögens wurde ein Mental Rotation Test durchgeführt. Es wurde die Mental Rotation Test - A (MRT-A) Variante des originalen Vandenberg & Kuse Mental Rotation Test verwendet (92). Eine standardisierte Anleitung wurde den Teilnehmer\*innen zur Verfügung gestellt. Der Test wurde in Papierform durchgeführt und pseudonymisiert erfasst. Den Teilnehmenden wurde ein erklärender Text mit Beispielaufgabe zur Verfügung gestellt, in welchen sie sich fünf Minuten einlesen konnten. Im Anschluss hatten die Teilnehmenden zwei Minuten Zeit, den Test zu bearbeiten. Das Einhalten der Zeitlimits wurde durch den Studienleiter mittels Stoppuhr kontrolliert. Alle Markierungen, die nach Ablauf der Zeit gesetzt wurden, wurden als ungültig gewertet und unmittelbar gestrichen.

### 3.5 Randomisierung

Die teilnehmenden Proband\*innen wurden in zwei Gruppen 1:1 randomisiert. Dies erfolgte mittels Blockrandomisierung mit variabler Blocklänge und stratifiziert nach Geschlecht. Die Randomisierungsliste wurde mittels einer computergenerierten Randomisierung (93) erstellt und die Zuteilung in verschlossenen und undurchsichtigen Briefumschlägen aufbewahrt. Dies erfolgte durch eine statistisch versierte Person, welche weder an der Rekrutierung, Allokation oder der Datenaufnahme beteiligt war und in keinem Kontakt mit den Teilnehmer\*innen der Studie stand. Die Zuordnung der Proband\*innen erfolgte der Reihenfolge nach durch das Öffnen von nummeriert verschlossenen Umschlägen durch die Teilnehmenden vor dem Studienleiter.

### 3.6 Trainingsmodelle und Übungen

Für die Auswahl der Trainingsmodelle war es wichtig, vergleichbare Übungen für beide Trainingsmodalitäten zu finden, um einen Transfer der Fertigkeiten prinzipiell zu ermöglichen. Aus diesem Grund wurden zwei Übungen, welche sich auf die Kombination der Kameraführung mit der einen Hand und der Bedienung einer Zange mit der anderen Hand fokussieren, sodass ein ähnliches Anforderungs- und Aufgabenprofil sichergestellt ist.

### 3.6.1 Laparoskopie

Als laparoskopisches Training wurde die Übung zwei: Hand-Augen-Koordination (Hand-eye coordination) am Übungsmodell „Laparoscopic Skills Training and Testing method (LASTT)“ des GESEA-Programms der ESGE verwendet (94). Der Aufbau der Übungen ist in Abbildung 6 dargestellt.



**Abb. 6:** Setup der laparoskopischen (links) und hysteroskopischen (rechts) Übungen

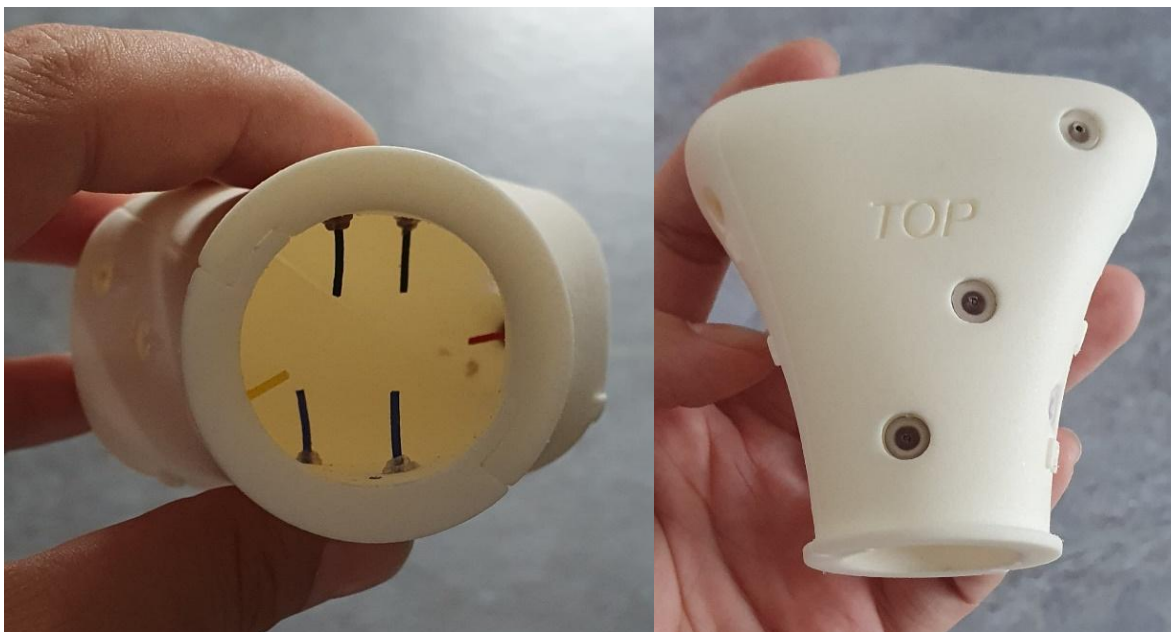
Das LASTT-Modell wurde in einen „Szabo Pelvic Trainer Box“ (Karl Storz, Tuttlingen) mit Zugängen für operatives Instrumentarium auf der Oberfläche gestellt. Auf dem LASTT-Modell befinden sich für diese Übung Einlassungen mit sechs eingefärbte Kreisen mit Metallpins neben den jeweiligen farblich markierten Flächen. Ziel dieser Übung war es, Bügelperlen mit

der Faszange nach Matkowitz aufzuheben und auf die eingefassten Metallpins des Training Setups zu stecken. Hierbei musste die Farbe der Bügelperle mit der Farbe der Einlassung neben dem Metallpin übereinstimmen. Von jeder Farbe standen zwei Bügelperlen zur Verfügung, von denen jeweils nur eine richtig angebracht werden musste. Die Übungen wurden mit standardisiertem Instrumentarium durchgeführt. Dies beinhaltete einen Monitor mit Anschluss für Licht und Optik (Telepack, Karl Storz), einer 10mm 30° Optik (Karl Storz) sowie eine Matkowitz Grasping Forceps (Karl Storz, Tuttlingen). Studienteilnehmer\*innen wurden angewiesen, die Optik in ihre nicht-dominante Hand und die Faszange in ihre dominante Hand zu nehmen. Das Setup wurde entsprechend der dominanten Hand für Rechtshänder\*innen sowie Linkshänder\*innen angepasst. Die Übung wurde mit dem erfolgreichen Absetzen der letzten Bügelperle auf den letzten Pin beendet. Hierbei wurde durch den Studienleiter die Zeit per Stoppuhr erfasst, sowie die Anzahl der Fehlversuche. Als Fehlversuche wurden Perlen gewertet, welche mit dem laparoskopischen Instrumentarium nicht mehr lokalisiert oder positioniert werden konnten.

Vor Beginn der Übungen wurde allen Teilnehmenden eine standardisierte Instruktion per Video zur Durchführung der Übungen gezeigt. Diese sind kostenfrei auf der Website des GESEA-Programms (94) zu finden.

### 3.6.2 Hysteroskopie

Für die hysteroskopische Übung wurde die Übung zwei: Hand-Augen-Koordination (Hand-eye coordination) am „Hysteroscopic Skills Training and Testing method (HYSTT)“ Trainingsmodell des GESEA-Programmes der ESGE verwendet.



**Abb. 7:** Hysteroscopic Skills Training and Testing Model (HYSTT) mit verschiedenfarbigen Pins

Das HYSTT-Modell besteht aus einer Kunststoffnachbildung eines Uterus, welcher im Inneren eines Silikonmodells einer Vulva platziert wird (Abbildungen 6 und 7).

Es erlaubt die realistische Simulation der hysteroskopischen Kamera- und Instrumentenführung in einer menschlich nachgeahmten anatomischen Umgebung. Im Inneren dieses Uterus befinden sich 14 farblich markierte Pins in fest definierten Positionen, die im Laufe der Übungen nicht verändert wurden. Das Instrumentarium wurde standardisiert benutzt und bestand aus einem Monitor mit Anschlüssen für Licht und Optik (Telepack, Karl Storz), einem "Continuous-Flow Operationsschaft" (Karl Storz) mit einer 2,9mm 30° Optik sowie einer Fasszange (Karl Storz) (Abbildung 8). Diese Fasszange wurde unmittelbar vor Beginn der Übung in den Operationsschaft eingeführt und unmittelbar nach Entfernung des letzten Pins aus diesem entfernt. Ziel dieser Übung war es 14 unterschiedlich farbige Pins (fünf schwarze, drei gelbe, drei rote und drei blaue) aus der Innenwand des simulierten Uterus herauszuziehen. Die Pins konnten im Uterus abgestreift oder abgelegt werden und mussten nicht aus dem Uterus entfernt werden. Hierbei war im Gegensatz zur laparoskopischen Übung die Farbfolge der Pins vorgegeben. Die Farbfolge war bei jeder Übung die gleiche und wurde durch den Studienleiter den Proband\*innen angesagt. Das Tempo wurde hierbei an die Arbeitsgeschwindigkeit der Proband\*innen angepasst und die geforderte Farbe auf Nachfrage wiederholt. Gemessen wurde die Zeit bis alle Pins aus den Halterungen entfernt waren.

Vor Beginn der Übung wurde allen Proband\*innen analog zur laparoskopischen Übung eine standardisierte Instruktion per Video zur Durchführung der Übungen gezeigt. Diese sind kostenfrei auf der Website des GESEA-Programms (95) zu finden.



**Abb. 8:** Hysteroskopisches Trainingsinstrumentarium

### 3.7 Postfragebogen

Nachdem die Studienteilnehmer\*innen beide Übungen abgeschlossen hatten, füllten sie den Post- Fragebogen aus. Dieser beinhaltete Fragen zum subjektiven Trainingseffekt und der empfundenen Schwierigkeit der Übung. Der Post- Fragebogen wurde pseudonymisiert ausgefüllt.

### 3.8 Endpunkte

Als primärer Endpunkt wurde die Differenz der durchschnittlich benötigten Zeit pro Übung zwischen den Proband\*innen mit und ohne Vorerfahrung in der jeweils anderen Modalität im ersten und zweiten Versuch (initiale Lernkurve) definiert.

Als sekundäre Endpunkte wurden die Lernkurven beider Gruppen (mit oder ohne Vorerfahrung) miteinander verglichen (durchschnittliche Zeit pro Übung bei zehn Versuchen,

Vergleich der einzelnen Versuche), Anzahl der erreichten Ziele nach zwei bzw. drei Minuten, sowie Fehler beim Ausführen der laparoskopischen Übung betrachtet.

Zur explorativen Identifikation möglicher Einflüsse auf den Transfer von Fertigkeiten und individuellen Lernkurven an den chirurgischen Modalitäten wurden zusätzlich der Einfluss von Geschlecht, Persönlichkeitsmerkmale, Erfahrung mit Computerspielen, Musik, Sport und räumliches Vorstellungsvermögen (gemessen durch den MRT-A) untersucht.

### 3.9 Fallzahlplanung und statistische Analyse

Basierend auf einer Studie, welche die Fähigkeiten der Kameraführung von Expert\*innen und Noviz\*innen des in dieser Studie genutzten HYSTT-Modells untersuchte, wurde eine Fallzahlplanung durchgeführt (96). Eine Fallzahl von 33 Proband\*innen pro Gruppe (Erfahren und Unerfahren) wird benötigt, um eine Differenz von 46 Sekunden  $\pm$  67,1 Sekunden mit einer Power von 80% und einem Signifikanzniveau von 0,05 zu detektieren. Aufgrund der Ähnlichkeit der Übung im laparoskopischen Modul wurde die Fallzahl für beide Modalitäten als adäquat angesehen. Die Fallzahl wurde um zwei Teilnehmende erhöht für den Fall, dass wenige Proband\*innen die Studie nicht beenden können.

Alle Daten wurden zu Auswertungszwecken digitalisiert und in Microsoft Excel-Tabellen zusammengefasst. Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS (Version 27.0, IBM SPSS Statistics, IBM Corp., Chicago, Illinois, USA) und Stata (StataBE 17 V5, StataCorp LLC, College Station, Texas, USA).

Zur besseren Vermittlung werden alle Daten numerisch und/oder graphisch dargestellt. Alle Daten mit mindestens Intervallskalenniveau werden je nach Verteilung mit Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung (parametrisch) oder Median und Interquartilsabstand angegeben (1.-3. Quartil; nicht-parametrische Daten). Nominal- und ordinalskalierte Daten sind als Median und Interquartilsabstand angegeben. Kategorische Daten werden mit absoluten und relativen Häufigkeiten berichtet.

Daten wurde mittels Histogrammen, sowie dem Kolmogorov-Smirnov Test auf Normalverteilung überprüft. Da sich fast gänzlich nicht-normalverteilte Daten zeigten, wurden alle Analysen mittels nicht parametrischer Testverfahren durchgeführt.

Der primäre Endpunkt Zeit wird zwischen beiden Gruppen entsprechend der Datenverteilung mittels Mann-Whitney-U-Test verglichen. Verglichen werden jeweils die laparoskopischen bzw. hysteroskopischen Leistungsbewertungen der Gruppe ohne Vorerfahrung (vor Wechsel) mit der Gruppe mit Vorerfahrung (nach Wechsel) in der anderen Modalität. Analog erfolgte die Auswertung der chirurgischen Leistung über alle zehn Versuche hinweg und zu den prädefinierten Zeiten (zwei bzw. drei Minuten). Zur Untersuchung der Leistungssteigerung

(eigene Verbesserung von Versuch eins zu zehn) wurde der Mann-Whitney-U Test für abhängige Variablen verwendet.

Die explorativen Endpunkte des Einflusses des eigenen räumlichen Vorstellungsvermögens und Selbsteinschätzung auf die laparoskopische/hysteroskopische Leistung wurden mittels linearem Regressionsmodellen evaluiert. Anschließend wurden die Residuen auf Normalverteilung mittels Histogramm untersucht. Im Falle einer fehlenden Normalverteilung wurde ein Bootstrapping-Verfahren zur genaueren Einschätzung der Konfidenzintervalle durchgeführt. Ein p-Wert von  $<0,05$  wurde als signifikant gewertet.



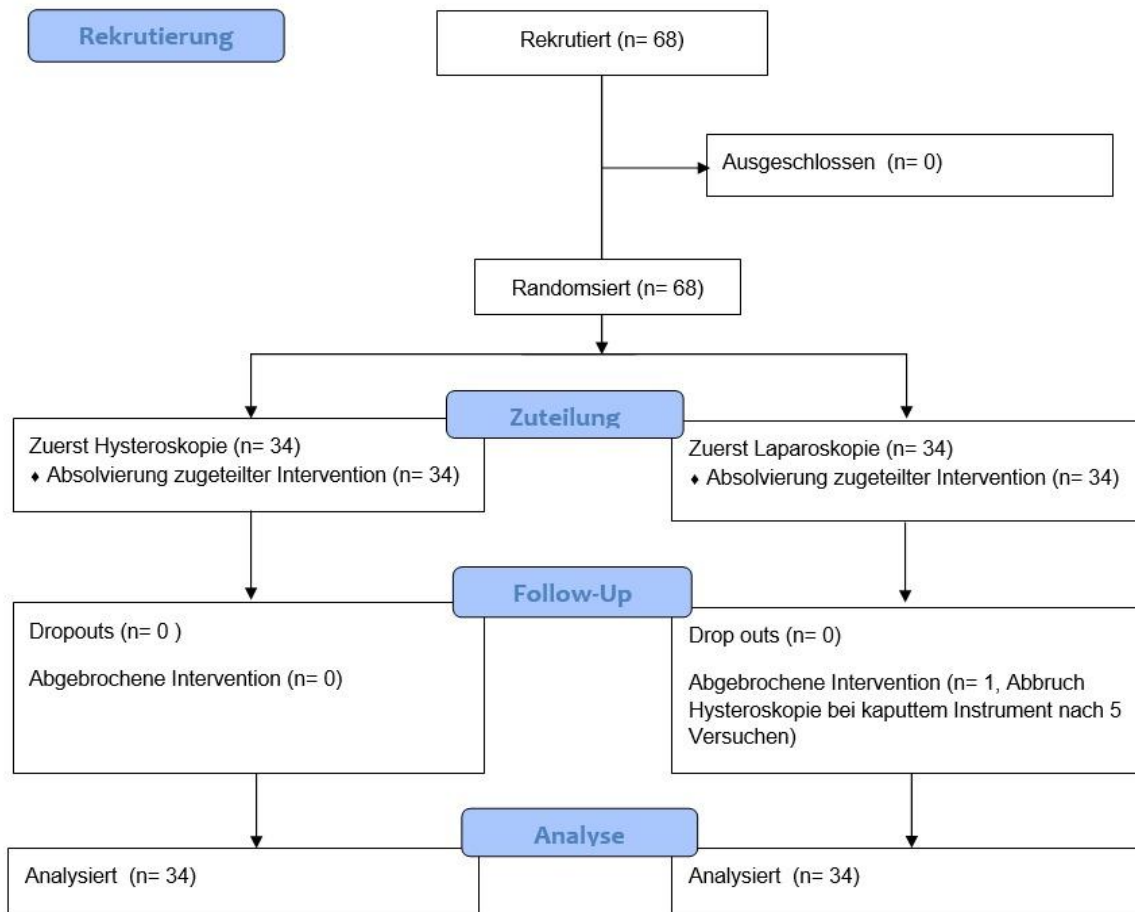
**Abb. 9:** Studienteilnehmerin beim Durchführen der laparoskopischen Übung

## 4 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die wesentlichen Ergebnisse dieser Studie zusammengefasst. Es wird mit einer demographischen Betrachtung und der Präsentation der Baseline-Daten begonnen, um ein umfassendes Verständnis der Ausgangssituation der Studienteilnehmer\*innen zu gewährleisten. Anschließend wird der Transfer chirurgischer Fertigkeiten zwischen verschiedenen Verfahren näher erläutert. Hier wird zunächst der Transfer von Laparoskopie zu Hysteroskopie analysiert, wobei sich sowohl auf den primären Endpunkt als auch auf die sekundären und explorativen Endpunkte verstärkt eingegangen wird. Darauffolgend wird der Transfer chirurgischer Fertigkeiten von Hysteroskopie zu Laparoskopie, ebenfalls unter Berücksichtigung des primären Endpunktes sowie der sekundären und explorativen Endpunkte, beleuchtet. Weiterführend soll der Einfluss persönlicher Charakteristiken auf den Fertigkeitstransfer erläutert werden, wobei zunächst der Mental Rotation Test – A vorgestellt und anschließend der spezifische Einfluss anderweitiger persönlicher Vorerfahrungen analysiert werden. Abschließend wird der Postfragebogen ausgewertet, welcher den subjektiven Transfer der Fertigkeiten sowie das Trainingscurriculum umfasst.

#### 4.1 Demographische Betrachtung und Baseline Daten

Insgesamt wurden wie geplant 68 Studienteilnehmer\*innen rekrutiert und alle schlossen die Studie nach Protokoll ab (Abbildung 9).



**Abb. 10:** Consort Flowchart

Bei einer Probandin zerbrach die hysteroskopische Fasszange nach fünf Versuchen, sodass die Übung an dieser Stelle abgebrochen werden musste. Es gab keine relevanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen in Bezug auf Alter, Semester, dominante Hand, chirurgischem Interesse und Vorerfahrung. Auch in Bezug auf regelmäßiges Betreiben einer Sportart oder dem regelmäßiges Spielen eines Videospiele zum Zeitpunkt der Studienteilnahme, zeigten sich keine relevanten Unterschiede. Tendenziell spielten etwas mehr Teilnehmende ein Musikinstrument zum Studienzeitpunkt in der Gruppe, welche mit der laparoskopischen Übung begann (Tabelle 1).

Tab. 1: Demographische Betrachtung und Baseline Daten

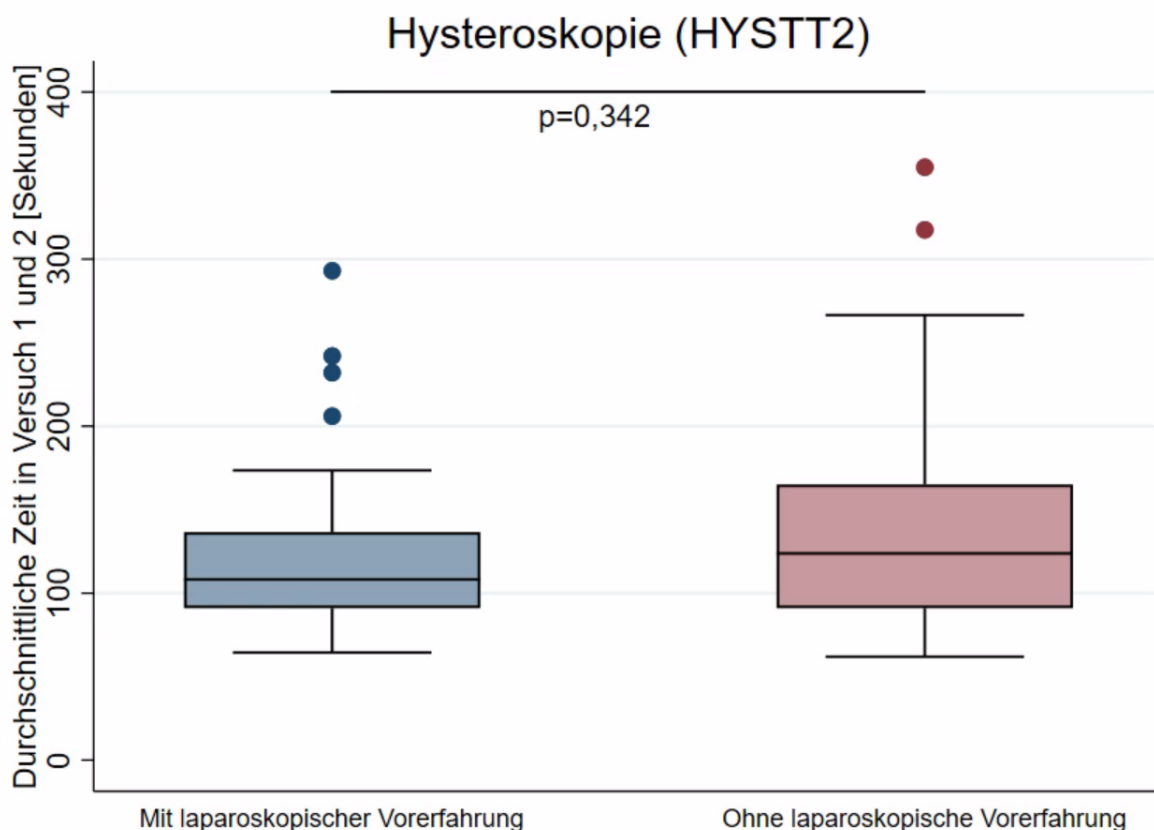
	<b>Begonnen mit Laparoskopie</b> n=34	<b>Begonnen mit Hysteroskopie</b> n=34
<b>Alter</b>	24 (22-28)	24,5 (22-28)
<b>Geschlecht</b>		
Weiblich	22 (64,7%)	21 (61,8%)
Männlich	12 (35,3%)	13 (38,2%)
<b>Semester</b>	6 (5-7)	6 (5-7)
<b>Dominante Hand</b>		
Rechts	30 (88,2%)	30 (88,2%)
Links	3 (8,8%)	3 (8,8%)
Beidhändig	1 (2,9%)	1 (2,9%)
<b>Abgeschlossene Berufsausbildung</b>		
Ja	16 (47,1%)	17 (50,0%)
Nein	18 (52,9%)	17 (50,0%)
<b>Anstreben einer chirurgischen Facharztweiterbildung</b>		
Ja	12 (35,3%)	16 (47,1%)
Nein	5 (14,7%)	2 (5,9%)
Unentschlossen	17 (50,0%)	16 (47,1%)
<b>Mental Rotation Test – A</b>	6 (5-8)	6 (4-8)
<b>Spielen eines Musikinstruments</b>		
Ja	9 (26,5%)	6 (17,6%)
Nein	25 (73,5%)	28 (32,4%)
<b>Betreiben einer Sportart</b>		
Ja	26 (76,5%)	28 (82,4%)
Nein	8 (23,5%)	6 (17,5%)
<b>Videospiele</b>		
Ja	7 (20,6%)	8 (23,5%)
Nein	27 (79,4%)	26 (76,5%)
<b>Vorerfahrung mit Laparoskopie- /Hysteroskopie Trainern &lt;2h</b>		
Ja	2 (5,9%)	2 (5,9%)
Nein	32 (94,1%)	32 (94,1%)

Alle Daten sind als Median (Interquartilabstand) oder absoluten Zahlen (Prozent) angegeben

## 4.2 Transfer chirurgischer Fertigkeiten von Laparoskopie zu Hysteroskopie

### 4.2.1 Primärer Endpunkt

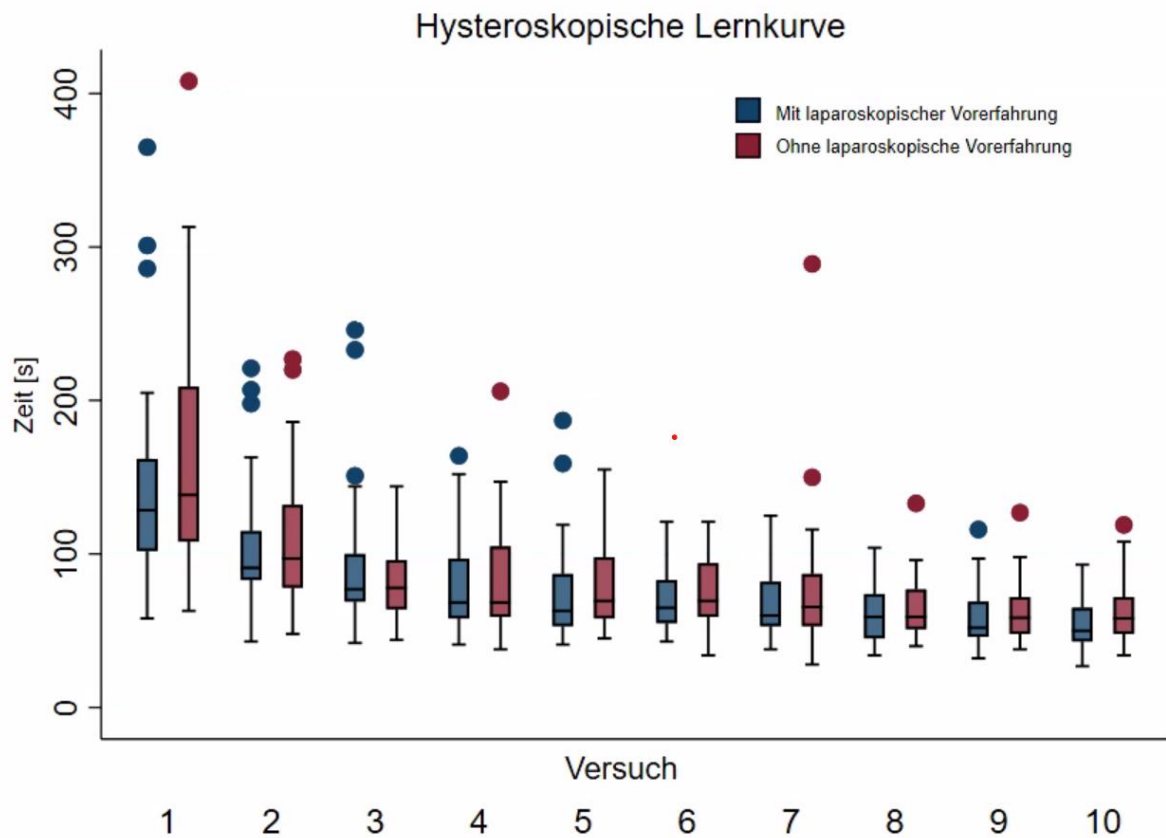
Beim primären Endpunkt (durchschnittliche Zeit für die ersten beiden Versuche) zeigte sich kein signifikanter Unterschied ( $p=0,342$ ) zwischen der Gruppe mit laparoskopischer Vorerfahrung (108,25 Sekunden (91-136,5)) und der Gruppe ohne laparoskopische Vorerfahrung (123,75 Sekunden (91-165)) in der hysteroskopischen Übung (HYSTT2, (Abbildung 11)).



**Abb. 11:** Vergleich der durchschnittlichen hysteroskopischen Übungszeit der ersten zwei Versuche zwischen Teilnehmer\*innen mit und ohne Vorerfahrung in der Laparoskopie

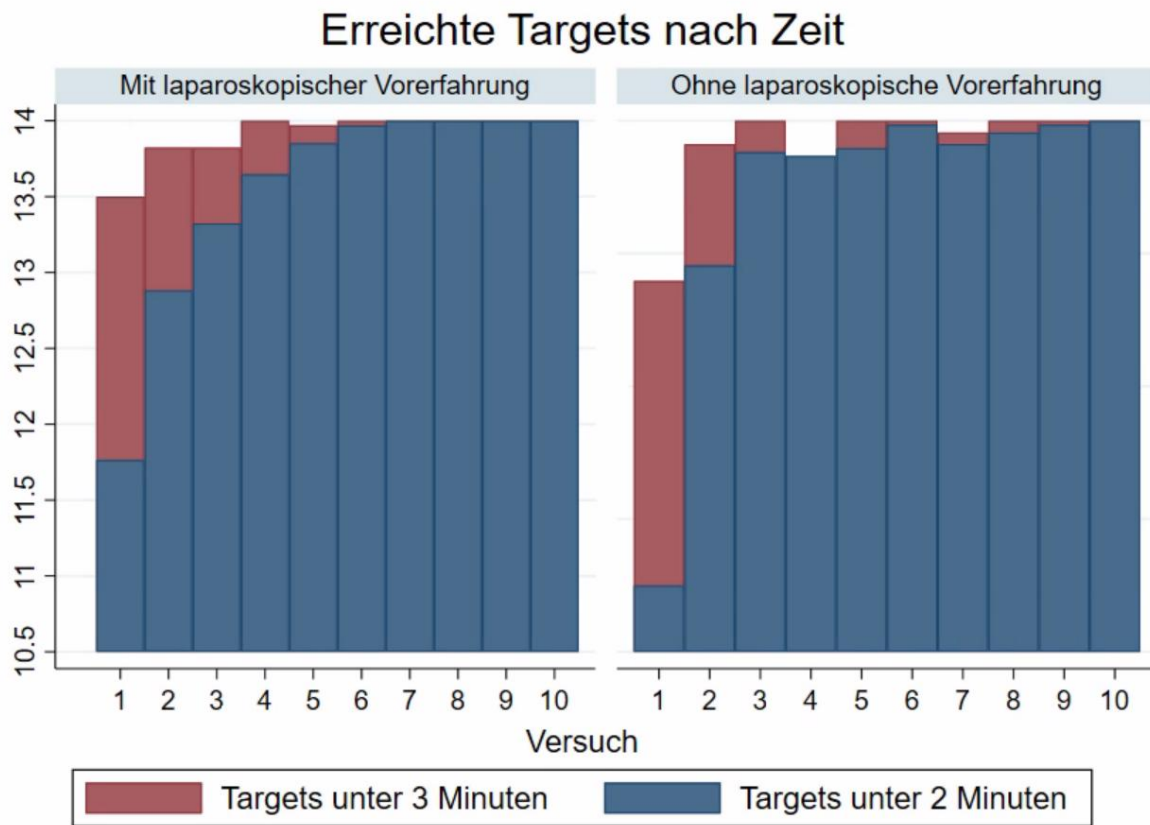
### 4.2.2 Sekundäre und explorative Endpunkte

Auch über alle zehn Versuche hinweg, unterschied sich die durchschnittliche Zeit pro Versuch nicht ( $p=0,504$ ) zwischen den Gruppen mit laparoskopischer Vorerfahrung (69,6 Sekunden (63,4-92,4)) und ohne laparoskopische Vorerfahrung (75,5 Sekunden (62,9-103,9)). Es zeigte sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied für die einzelnen Versuche ( $p>0,05$ ), sodass sich bei beiden Gruppen eine ähnliche Lernkurve in Bezug auf den zeitlichen Verlauf darstellt (Abbildung 12). Es konnte eine signifikante Verbesserung vom ersten zum letzten Versuch bei beiden Gruppen festgestellt werden ( $p<0,001$ ).



**Abb. 12:** Hysteroskopische Lernkurven von Teilnehmer\*innen mit und ohne laparoskopischer Vorerfahrung

Betrachtet man die erreichten Targets nach zwei bzw. drei Minuten, zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen über die einzelnen Versuche hinweg ( $p > 0,05$ ). In beiden Gruppen wurden ab dem vierten bis fünften Versuch alle Targets innerhalb von zwei Minuten erreicht (Abbildung 13).

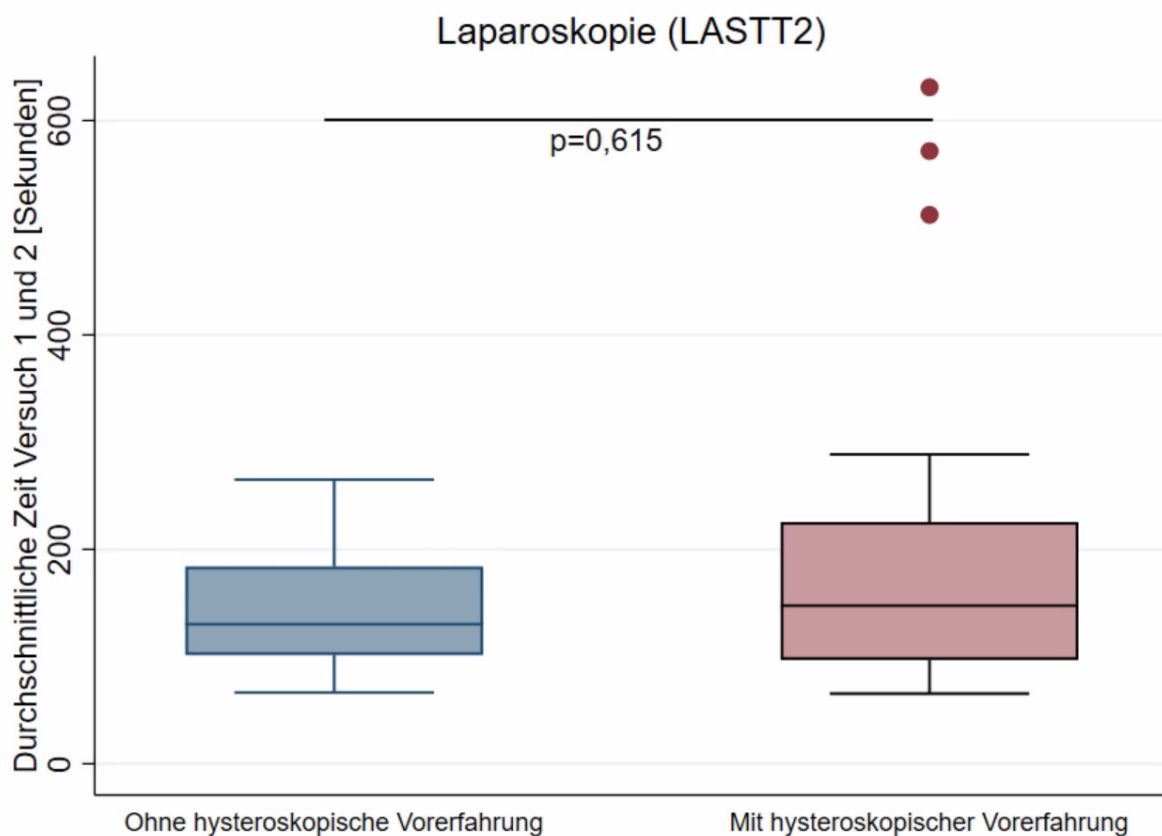


**Abb. 13:** Erreichte Targets nach Zeit von Teilnehmer\*innen mit und ohne laparoskopischer Vorerfahrung

### 4.3 Transfer chirurgischer Fertigkeiten von Hysteroskopie zu Laparoskopie

#### 4.3.1 Primärer Endpunkt

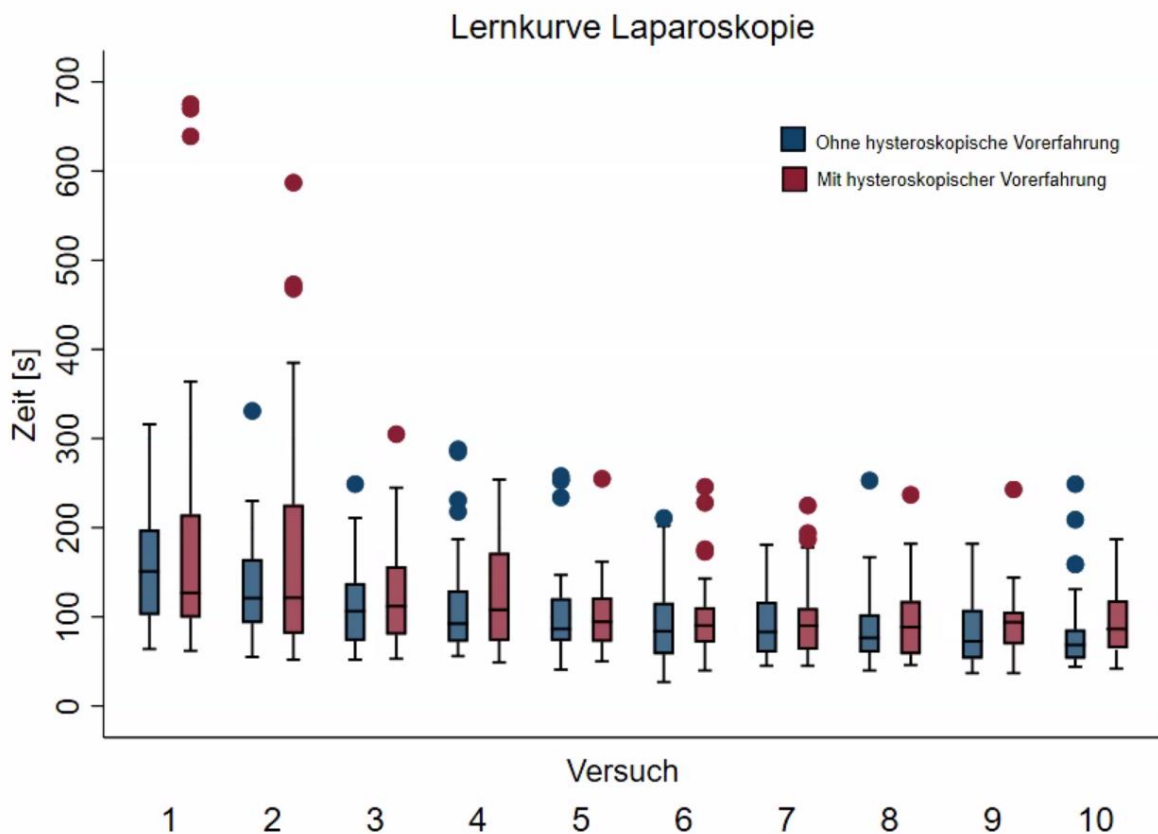
Bezüglich der ersten zwei Versuche an der laparoskopischen Übung konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen mit hysteroskopischer Vorerfahrung (147,5 Sekunden (97-225,5)) und ohne hysteroskopische Vorerfahrung (130,3 Sekunden (101,5-184),  $p=0,615$ ) gesehen werden (Abbildung 14).



**Abb. 14:** Vergleich der durchschnittlichen laparoskopischen Übungszeit der ersten zwei Versuche zwischen Teilnehmer\*innen mit und ohne Vorerfahrung in der Hysteroskopie

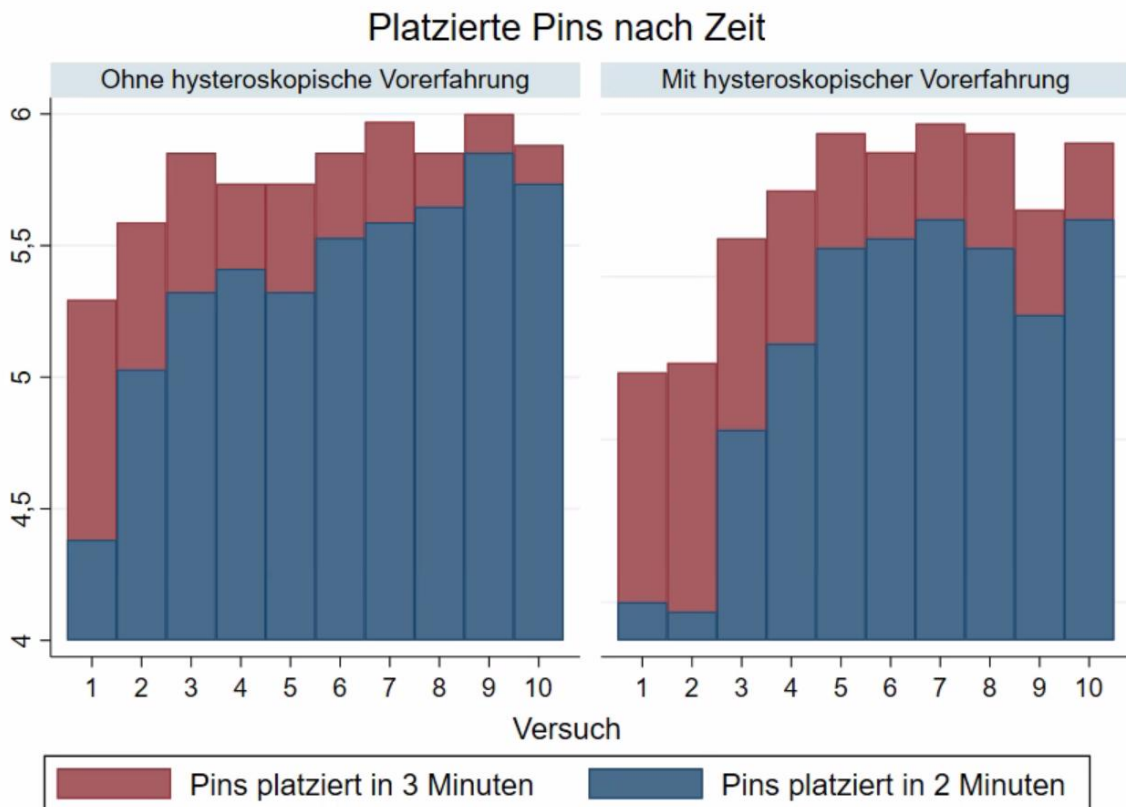
### 4.3.2 Sekundäre und explorative Endpunkte

Betrachtet man die Versuche einzeln (Abbildung 15), so konnte in keinem ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen gefunden werden ( $p > 0,070$ ), ebenso wenig in der durchschnittlichen Zeit über alle zehn Versuche hinweg (99,6 Sekunden (72,9-116,6) ohne vs. 112,2 Sekunden (82,8-137,5) mit hysteroskopischer Vorerfahrung ( $p = 0,179$ )). Bei beiden Gruppen konnte eine signifikante Verbesserung vom ersten zum letzten Versuch gezeigt werden ( $p < 0,001$ ).



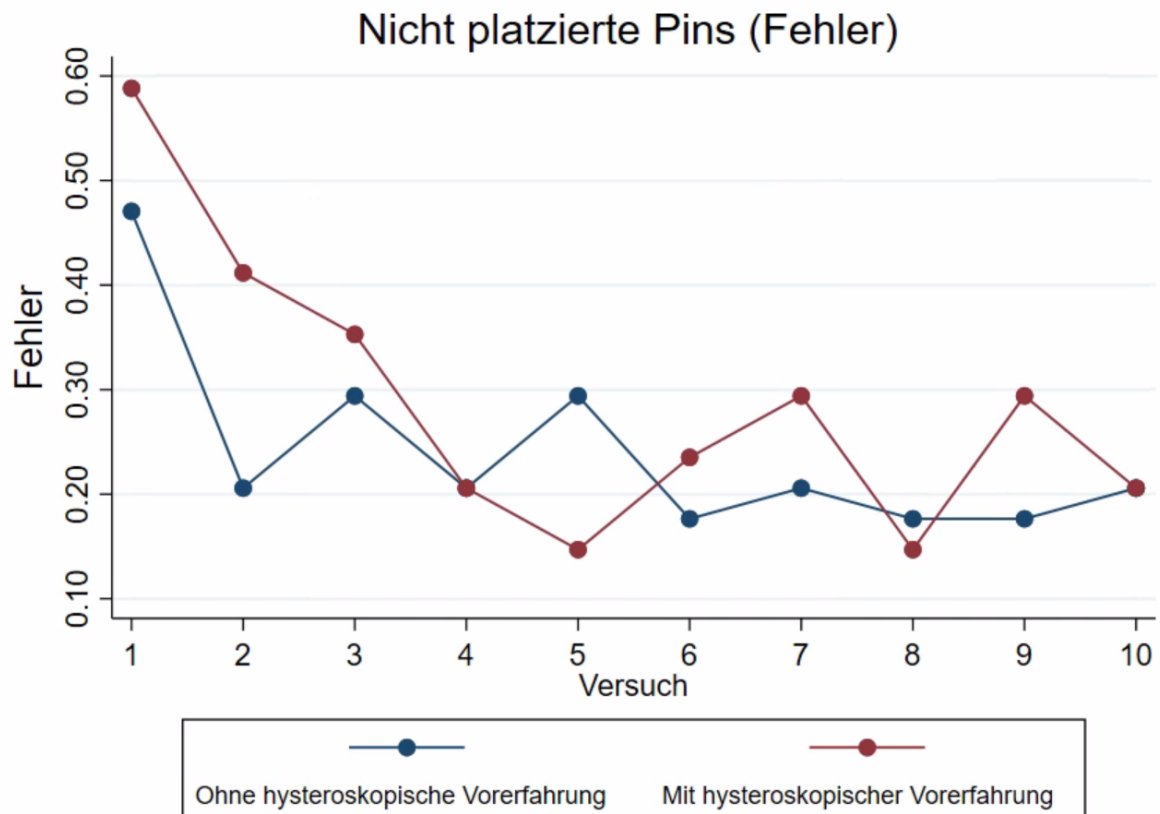
**Abb. 15:** Laparoskopische Lernkurven von Teilnehmer\*innen mit und ohne hysteroskopischer Vorerfahrung

Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl der durchschnittlich erfolgreich platzierten Pins nach zwei bzw. drei Minuten zwischen beiden Gruppen ( $p > 0,733$ ). Beide Gruppen konnten bis zum letzten Versuch nicht durchgehend alle Pins unter drei Minuten platzieren (Abbildung 16).



**Abb. 16:** Platzierte Pins nach Zeit von Teilnehmer\*innen mit und ohne hysteroskopischer Vorerfahrung

Die durchschnittliche Fehlerzahl (verlorene Pins) unterschied sich nicht zwischen beiden Gruppen (0,21 Pins (0,18-0,29) ohne vs. 0,26 Pins (0,21-0,35) mit hysteroskopischer Vorerfahrung ( $p = 0,397$ ). Bereits zwischen dem zweiten und vierten Versuch wurde eine fast konstante Fehlerzahl erreicht, welche sich auch bis zum Ende nicht komplett auf Null senkte (Abbildung 17).

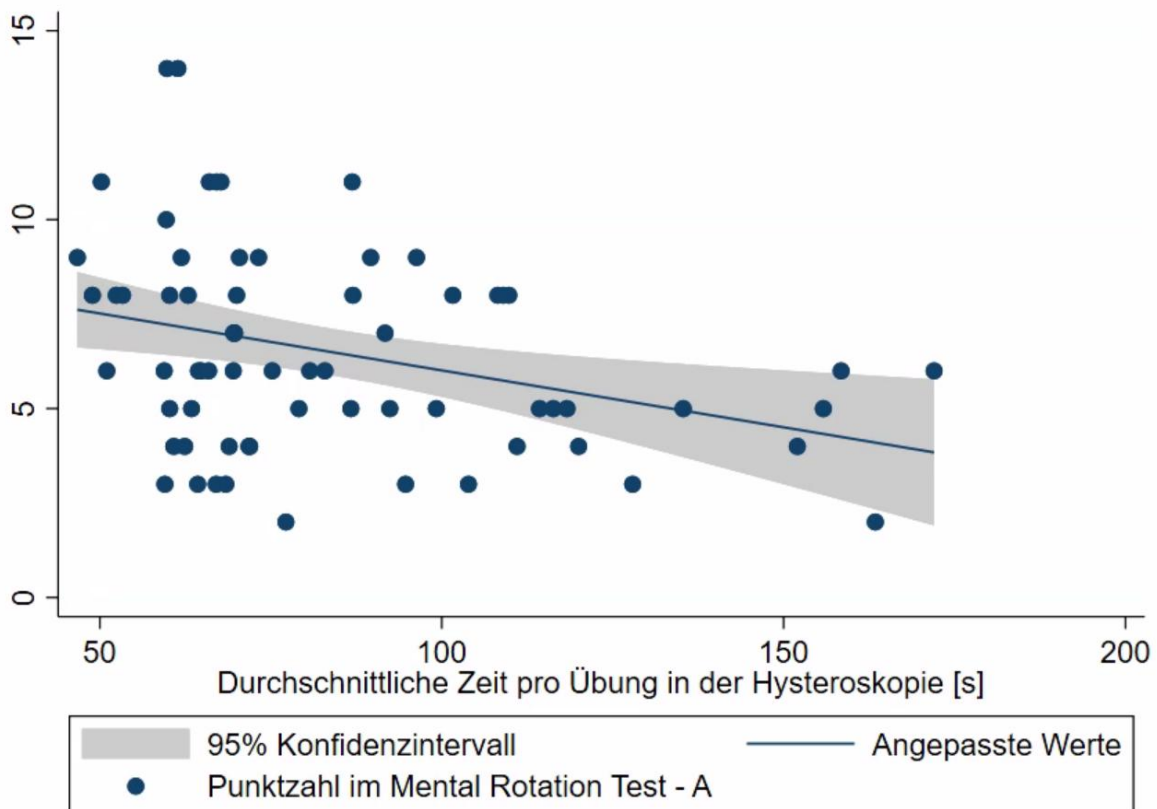


**Abb. 17:** Nicht platzierte Pins (Fehler) von Teilnehmer\*innen mit und ohne hysteroskopischer Vorerfahrung

#### 4.4 Einfluss persönlicher Charakteristiken

##### 4.4.1 Mental Rotation Test – A

Es zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der erreichten Punktzahl im MRT-A und der durchschnittlich benötigten Zeit pro Versuch am HYSTT-Modell (Abbildung 18). Das lineare Regressionsmodell kann 9,8% der Varianz in der durchschnittlichen Trainingszeit erklären mit ca. 3,7 Sekunden kürzerer Übungszeit pro Punkt im MRT-A ( $p = 0,005$ , korrigiertes R-Quadrat = 0,098, 95%-KI: -6,26;-1,13). Aufgrund der fehlenden Normalverteilung der Residuen erfolgte ein Bootstrapping zur genaueren Einschätzung des Konfidenzintervalls. Hier zeigte sich eine nur leichte Abweichung mit einem 95%-KI von -5,71 bis -1,68.



**Abb. 18:** Lineare Regressionsanalyse zwischen Mental Rotation Test – A und durchschnittlich gebrauchter Zeit pro Versuch am hysteroskopischen Modell

Im Gegensatz hierzu zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der erreichten Punktzahl im MRT-A und der durchschnittlichen Zeit pro Übungsversuch am LASTT-Modell (Koeffizient = -3,18, korrigiertes R-Quadrat = 0,023,  $p=0,112$ ).

#### 4.4.2 Einfluss von Freizeitaktivitäten

##### *Einfluss musikalischer Aktivität*

In Bezug auf ihre musikalische Aktivität berichteten 15 Teilnehmende, dass sie zum Zeitpunkt der Studie regelmäßig ein Musikinstrument spielten. Die Mehrheit (68,8%) gab an zwischen ein bis zwei Mal pro Woche zu üben, wohingegen 12,5% zwischen drei und vier Mal pro Woche und 18,6% mehr als vier Stunden pro Woche übten. Die Teilnehmenden, welche zum Zeitpunkt der Studie regelmäßig ein Musikinstrument spielten, waren signifikant schneller pro Übung in der Hysteroskopie (63,4 Sekunden (59,8-69,6)) als die Teilnehmenden, welche kein Musikinstrument spielten (79,1 Sekunden (65,9-108,2),  $p=0,007$ ). Dieser Unterschied zeigte sich bereits zu Beginn der Lernkurve in den ersten zwei Versuchen ( $p=0,002$ ). Im Gegensatz dazu fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen bei der laparoskopischen Übung, weder in Bezug auf die durchschnittliche Übungszeit noch in der durchschnittlichen Zeit in den ersten beiden Versuchen ( $p>0,167$ ).

---

#### *Einfluss regelmäßiger sportlicher Aktivität*

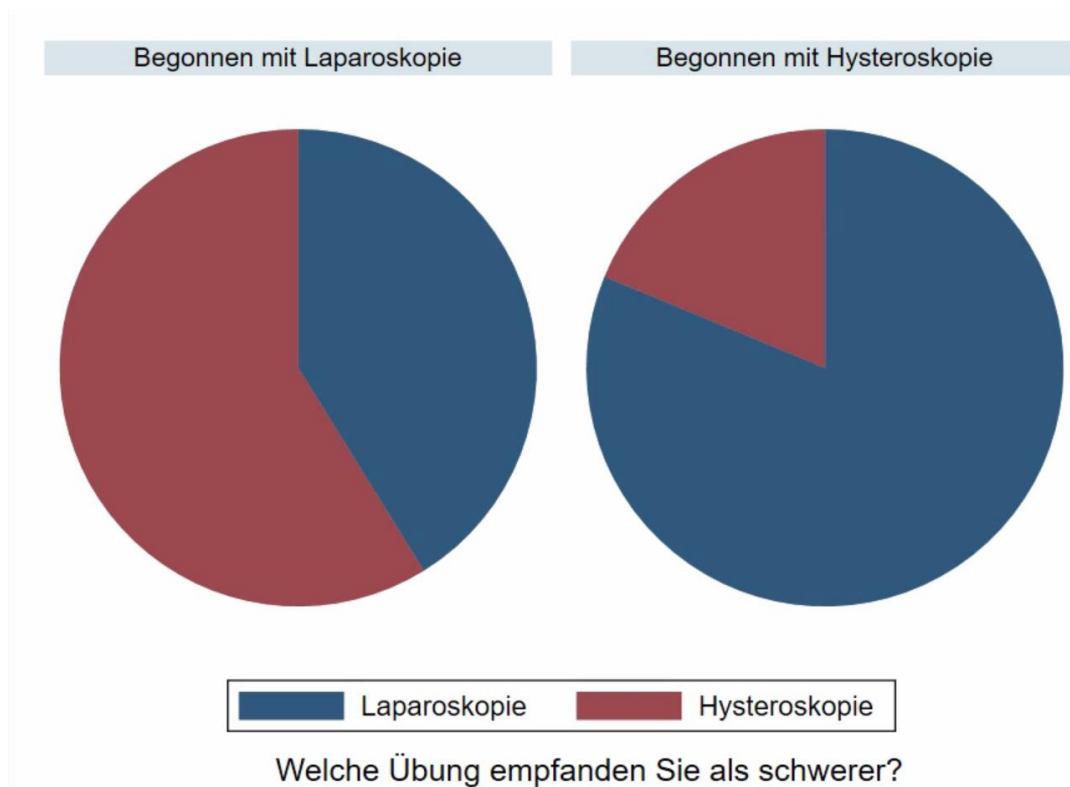
Von allen Teilnehmenden gaben 54 (79,4%) an zum Zeitpunkt der Studie regelmäßig Sport zu machen. Ca. 40,7% berichteten mehr als vier Stunden pro Woche Sport zu betreiben, während ca.20,4% 1-2h pro Woche trainieren und 38,9% drei bis vier Stunden pro Woche mit Sport verbringen. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied in Bezug auf die durchschnittliche Zeit pro Übung am HYSTT-Modell ( $p=0,095$ ) sowie dem LASTT-Modell ( $p=0,970$  zwischen den Teilnehmenden, welche regelmäßig Sport trieben und denen, die keinen Sport machten).

#### *Einfluss des Spielens von Videospiele*

Nur 15 Proband\*innen (22,1%) spielten zum Zeitpunkt der Studie regelmäßig Videospiele. Hiervon gaben 60% an nur eins bis zwei Stunden pro Woche zu spielen, während 33,3% zwischen drei bis vier Stunden pro Woche und 6,7% mehr als vier Stunden pro Woche mit Videospiele verbrachten. Im Vergleich zu den Teilnehmer\*innen, welche nicht regelmäßig Videospiele spielten, war kein signifikanter Unterschied in der durchschnittlichen Zeit pro Übung am HYSTT und LASTT-Modell zu sehen ( $p>0,239$ ).

### 4.5 Postfragebogen

66 von 68 Teilnehmenden beantworteten den Postfragebogen in Gänze, bei zwei Teilnehmenden fehlte je eine Antwort. Die Mehrheit (69,7%) der Teilnehmer\*innen empfand die Übung, welche sie als zweites absolvierten als schwerer. Während in der Gruppe, welche mit der hysteroskopischen Übung begann 81,3% die Laparoskopie als schwerer empfanden, gaben umgekehrt nur 58.8% der Teilnehmenden, welche mit der laparoskopischen Übung begannen an, die Hysteroskopie als schwerer zu empfinden (Abbildung 19).



**Abb. 19:** Bewertung der Schwierigkeit der laparoskopischen und hysteroskopischen Übung durch die Teilnehmer\*innen

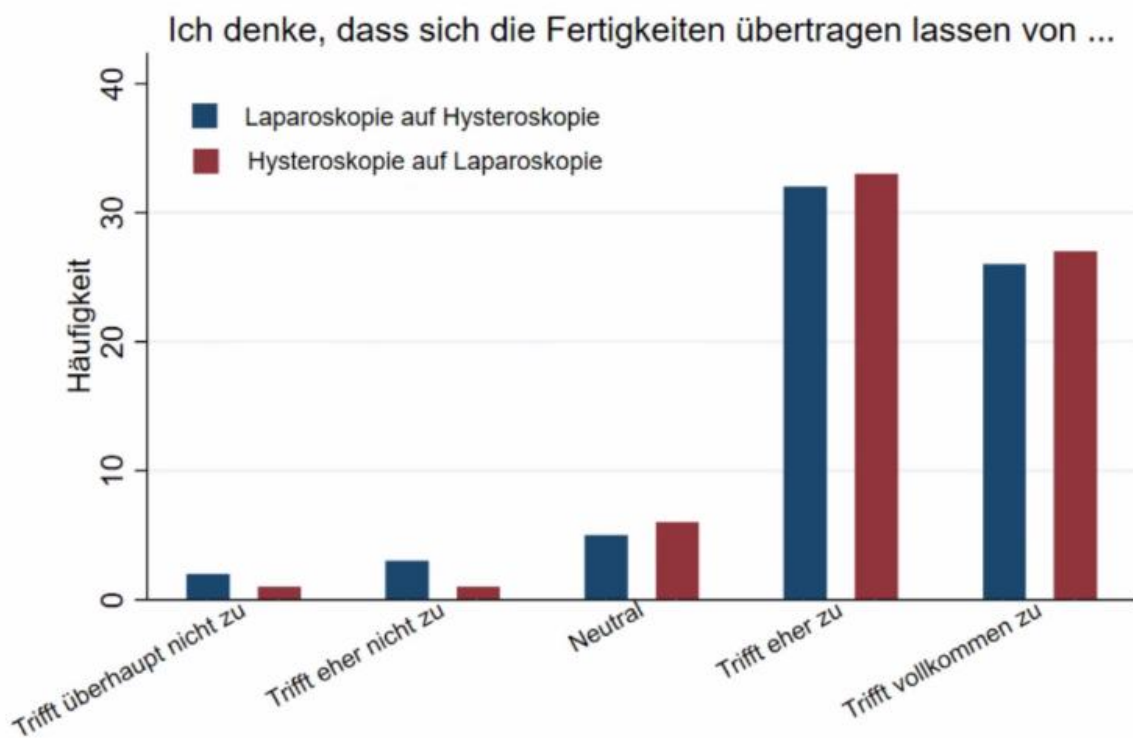
#### 4.5.1 Subjektiver Transfer der Fertigkeiten

Die große Mehrheit der Teilnehmenden gab nach Ende der Studie an, dass sie denken, dass sich chirurgische Fertigkeiten im Allgemeinen von der Laparoskopie auf die Hysteroskopie und von der Hysteroskopie auf die Laparoskopie (je 88,2% mit Likert-Skala „trifft vollkommen zu“/„trifft eher zu“) übertragen lassen (Abbildung 20) ohne signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Bezogen auf die Kameraführung zeigten sich beim subjektiv empfundenen Transfer von Laparoskopie auf die Hysteroskopie ein klarer Unterschied zwischen den beiden Gruppen in der Studie. Während 76,5% der Teilnehmenden, welche mit der Hysteroskopie begonnen hatten, angaben, dass sie glauben, dass ihnen die laparoskopische Kameraführung leichter fällt, wenn sie zuvor die hysteroskopische trainiert haben, so gaben dies nur 35,3% der Teilnehmenden an, welche mit der Laparoskopie begonnen hatten. Ein ähnlicher, jedoch nicht so ausgeprägter Unterschied zeigte sich im umgekehrten Fall für die hysteroskopische Kameraführung, wenn zuvor die laparoskopische Kameraführung trainiert wurde (64,7% in der Gruppe, welche mit Laparoskopie begonnen hatte und 52,9% in der Gruppe, welche mit Hysteroskopie begonnen hatte).

Beide Gruppen gaben an, dass sie sowohl eine Verbesserung ihrer visuellen (86,8%), als auch manuellen Fertigkeiten (89,7%) von der ersten zu der zweiten Modalität feststellen konnten. Während die Gruppe, welche mit Laparoskopie begonnen hatte zu 94,1% eine Verbesserung

der visuellen Fertigkeiten und 94,1% der manuellen Fertigkeiten angaben, so gab die Gruppe, welche mit der Hysteroskopie begonnen hatte, nur zu 79,4% eine Verbesserung der visuellen Fertigkeiten und 85,2% der manuellen Fertigkeiten in der zweiten Trainingsmodalität an.

Insgesamt hielten es nach Abschluss der Übung jedoch fast alle Teilnehmer\*innen (98,5%) für sinnvoll laparoskopische und hysteroskopische Fertigkeiten zusammen zu erlernen.

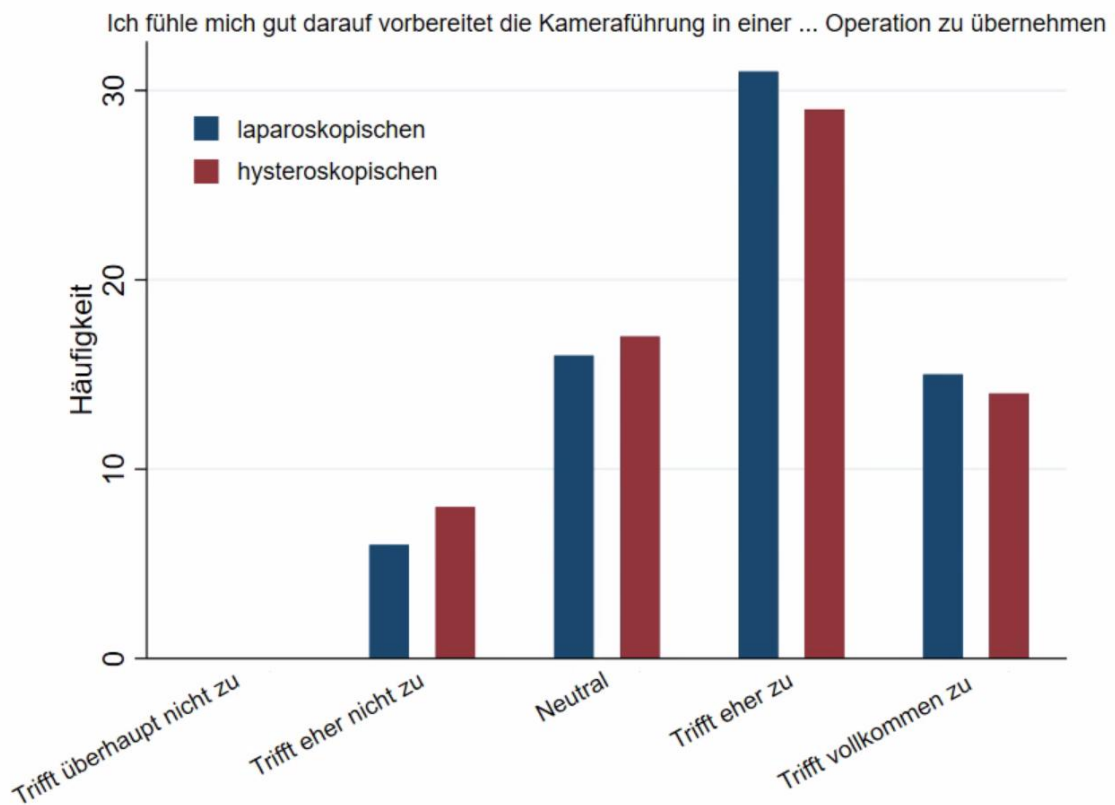


**Abb. 20:** Subjektive Wahrnehmung der Übertragbarkeit chirurgischer Fertigkeiten zwischen Laparoskopie und Hysteroskopie der Teilnehmer\*innen

---

#### 4.5.2 Trainingscurriculum

98,5% der Teilnehmenden stimmten nach Abschluss der Studie vollkommen zu, dass Trainingsangebote dieser Art sinnvoll und gut sind, um besser auf den praktischen Einsatz im Operationssaal vorbereitet zu werden. Die Mehrheit fühlte sich bereits nach der ca. 2h dauernden Trainingseinheit gut darauf vorbereitet, in einer echten Operation die Kameraführung zu übernehmen (Abbildung 21).



**Abb. 21:** Empfundene Sicherheit in realen Operationseingriffen der Teilnehmer\*innen

## 5 Diskussion

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Frage des Transfers von chirurgischen Fertigkeiten zwischen der Laparoskopie und Hysteroskopie, sowie der Evaluation möglicher Einflussfaktoren auf die chirurgische Lernkurve. Die gestiegene Auswahlmöglichkeit an operativen Eingriffen für gynäkologische Chirurg\*innen stellt Lernende und Lehrende vor eine große Herausforderung. Während die Patientinnensicherheit an erster Stelle steht, so fordert der Zeitdruck im klinischen Alltag, aber auch die Ambulantisierung chirurgischer Eingriffe eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Ausbildungskonzepte. Eine sinnvolle Integration verschiedener chirurgischer Modalitäten in ein Ausbildungskonzept birgt das Potential die Effizienz der chirurgischen Ausbildung maßgeblich zu steigern.

### 5.1 Herausforderungen der chirurgischen Ausbildung in der Gynäkologie

Lange Zeit erfolgte die chirurgische Ausbildung in der Gynäkologie direkt an Patientinnen. Mit der technischen Weiterentwicklung und den erhöhten ethischen Forderungen in der Chirurgie verlagert sich das Training der Grundfertigkeiten immer weiter in ein Simulationssetting. Darüber hinaus erschwert der wachsende wirtschaftliche Druck auf Operateur\*innen und Kliniken die Ausbildung von chirurgischen Noviz\*innen. Die Notwendigkeit Ressourcen und Zeit im Operationsraum ökonomisch zu nutzen, führt zwangsläufig zu weniger Zeitraum und Möglichkeiten chirurgische Fähigkeiten direkt im Operationssaal zu vermitteln und zu üben. Eine am Tennessee Medical Center-Knoxville durchgeführte Studie aus dem Jahr 1999 konnte dies mit Zahlen belegen. Sie errechnete, dass die Kosten die zur Ausbildung von 1.014 General Surgery Residents des Jahrgangs 1993-1997 im Operationsraum aufgewendet wurden 53 Millionen US-Dollar betrug. Bridges et al. schlussfolgerten damals, dass aufgrund dieser hohen Kosten eine Verlagerung eines Teils der chirurgischen Ausbildung außerhalb des Operationsaals aus ökonomischer Sicht notwendig ist (97).

Schaut man in andere Berufsfelder, so ist dies längst zum Standard geworden. Für die Europäische Flug Sicherheitsbehörde (European Aviation Safety Agency) gehört Simulationstraining bereits seit Jahren zur einer Pflichteinheit in der Ausbildung und Zertifizierung von Piloten. Zudem gehört für Airline Piloten ein regelmäßiges Simulationstraining von Notfällen zum Standard (98). Doch während führende Fachgesellschaften in der Gynäkologie bereits seit mehr als einem Jahrzehnt die Präsenz eines Trainingszentrums an jeder Klinik fordern (9) (Vergleiche Abschnitt 2.4), ist dieser Anspruch bis heute weit von der Realität entfernt. Es wird weiterhin breitflächig toleriert, dass die chirurgische Ausbildung direkt an der Patientin erfolgt. Welche Auswirkung dies am Ende für die Patientinnen hat bleibt umstritten. In 2024, konnten Rodewald et al. (99) zeigen, dass die Sicherheit, gemessen durch intra- und kurzfristigen postoperative Komplikationen, bei

einer totalen laparoskopischen Hysterektomie sich nicht signifikant zwischen Oberärzt\*innen und Assistenz-/Fachärzt\*innen unterschied. Jedoch benötigten die Assistenz-/Fachärzt\*innen durchschnittlich fast 18% länger als die Oberärzte\*innen. Ähnliche Zahlen fanden sich in anderen Studien mit OP-Zeitverlängerungen von 20-32%, wenn die Eingriffe von Assistenzärzt\*innen durchgeführt wurden (100, 101). Diese OP-Zeit Verlängerung geht nicht nur mit einem erhöhten medizinischen Risiko für die Patientin einher, sondern auch mit einer finanziellen Belastung für die Krankenhäuser. Waeschle et al. berechneten 2016 basierend auf dem deutschen Diagnosis Related Group (DRG) Systems ein durchschnittliches Erlöspotential von ca. 16 Euro pro OP-Minute (102). Hinzu kommen das Potential der Gynäkolog\*innen in dieser Zeit neue Patientinnen zu therapieren oder aber Überstunden zu vermeiden, bzw. abzubauen. Im Gegensatz zu Rodewald et al. (99) zeigen andere Studien neben der OP-Zeitverlängerung auch eine Erhöhung der Komplikationsraten durch die mangelnde Erfahrung des Operateurs\*in. So fand Igwe et al. eine erhöhte 30-Tageswiederaufnahmerate nach einer laparoskopischen Hysterektomie, wenn der Eingriff von Assistenzärzt\*innen durchgeführt wurde (100). Auch in anderen chirurgischen Fachdisziplinen konnten ähnliche Ergebnisse gezeigt werden, wie zum Beispiel in der Adipositaschirurgie. Chirurgische Fertigkeit war hier signifikant sowohl mit der Rate an erneuten Operationen, als auch der Wiederaufnahmen in das Krankenhaus nach bariatrischen Eingriffen assoziiert (83).

Mit der neuen Ambulantisierung operativer Eingriffe in Deutschland, ist zu erwarten, dass die Zahl sogenannter Ausbildungseingriffe insbesondere an Unikliniken und bei Maximalversorgern in den nächsten Jahren abnehmen wird (103). Es stellt sich also die Frage, wie angehende operativ tätige Gynäkolog\*innen die Erfahrung sammeln sollen, um Patientinnen die gleiche Sicherheit und Effizienz wie erfahrene Operateur\*innen bieten zu können? Bereits jetzt fühlen sich viele Gynäkolog\*innen mit Erreichen der Facharztqualifikation nicht adäquat chirurgisch ausgebildet. Während in einer internationalen Umfrage 59% der Teilnehmenden Angaben die total laparoskopische Hysterektomie als präferierte Operationsmethode für Patientinnen sehen und nur 5% die klassische abdominelle Hysterektomie, so war die abdominelle Hysterektomie die am häufigsten durchgeführte Operation für eine Gebärmutterentfernung in derselben Studienpopulation. Als Grund hierfür wurde am häufigsten die mangelnde Ausbildung in der MIC genannt (104). Genau hier rückt das Simulationstraining in den Vordergrund und bietet Lösungsansätze für eine strukturierte chirurgische Ausbildung in der Gynäkologie. Doch wie genau diese strukturierte Ausbildung aussehen sollte, ist noch unklar und Gegenstand vieler Studien in der aktuellen Lehr- und Trainingsforschung. Klar ist jedoch, dass dieses Training sowohl effektiv als auch effizient sein muss, um den Anforderungen des klinischen Alltags gerecht zu werden. Die kombinierte chirurgische Ausbildung für Laparoskopie, Hysteroskopie und in Zukunft auch für robotisch-

---

assistierte Chirurgie, birgt das Potential auf bestehenden Fertigkeiten aufzubauen, um so die Lernkurve für andere chirurgische Modalitäten zu verkürzten.

## 5.2 Transfer chirurgischer Fertigkeiten zwischen Laparoskopie und Hysteroskopie

Ob und inwieweit chirurgische Fertigkeiten zwischen den chirurgischen Modalitäten tatsächlich transferiert werden können, ist noch umstritten. Während eine Vielzahl an Studien bereits den Transfer zwischen Laparoskopie und robotisch-assistierter Chirurgie untersuchten (90), ist die Möglichkeit des Transfers chirurgischer Fertigkeiten zwischen Laparoskopie und Hysteroskopie noch fast gänzlich unbekannt und Fokus der vorliegenden Arbeit. Im primären Endpunkt der Zeit pro Übung konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen mit und ohne Vorerfahrung in der jeweils anderen chirurgischen Modalität gesehen werden. Es zeigte sich weder ein Unterschied in den ersten Versuchen noch nach Durchführung der zehn Versuche insgesamt. Auch die Anzahl der Fehler in der laparoskopischen Übung zeigte keinen Unterschied zwischen beiden Gruppen, sodass die Ergebnisse dieser Studie gegen einen Transfer von chirurgischen Basisfertigkeiten zwischen Laparoskopie und Hysteroskopie sprechen. Diese Erkenntnis ist sowohl überraschend als auch aufschlussreich, nutzen doch Laparoskopie und Hysteroskopie grundsätzlich das gleiche Instrumentarium und die gleichen Prinzipien (Operation über ein Kamera-Bildschirm-System, lange Instrumente, 2D-3D-Diskrepanz, eingeschränkte Haptik etc.). Doch auch die von Janse et al. präsentierten Ergebnisse in einer 2014 publizierten Studie zeigen keinen Transfer von Fertigkeiten in der Kameraführung von der Hysteroskopie auf die Laparoskopie (91). Verwendet wurden hier ebenfalls die LASTT- und HYSTT-Modelle, jedoch wurde lediglich die Kameraführung ohne weiteres Instrument untersucht. Die Anzahl der Teilnehmenden aus dieser Studie fällt mit 17 Proband\*innen pro Gruppe eher gering aus, sodass die gefundenen Unterschiede potentiell aufgrund der zu geringen Fallzahl nicht signifikant wurden. Des Weiteren wurden nur jeweils fünf Durchgänge an LASTT und HYSTT durchgeführt, was potentiell zu keinem signifikanten Aufbau an Fertigkeiten in der Hysteroskopie vor dem Transfer auf die Laparoskopie geführt haben könnte. Im Gegensatz dazu konnte in einer Vorarbeit der eigenen Arbeitsgruppe für Minimal Invasive Chirurgie/ Lehr- und Trainingsforschung an der Frauenklinik der Universitätsmedizin Mainz bei genau diesen Übungen ein Transfer von hysteroskopischen Kamerafertigkeiten mit der 30°C Optik auf die Laparoskopie gezeigt werden (105). Im Gegensatz zu Janse et. al wurden hier zehn Versuche in der Hysteroskopie vor dem Transfer auf die Laparoskopie durchgeführt. Auch die deutlich höhere Fallzahl von 66 Proband\*innen kann die unterschiedlichen Ergebnisse erklären. Die Proband\*innen mit Vorerfahrung in der Hysteroskopie zeigten sowohl initial, als auch über alle zehn Versuche hinweg eine signifikant

---

schnellere Performance als die Gruppe ohne Vorerfahrung in der Hysteroskopie. Interessanterweise konnte umgekehrt, auch hier kein Transfer von den in der Laparoskopie erworbenen Kamerafertigkeiten auf die Hysteroskopie gezeigt werden. Die Autoren schlussfolgerten, dass die Hysteroskopie manuelle Fertigkeiten erfordert, welche nicht durch die Laparoskopie erlernt werden können. Auch die Ergebnisse der im Rahmen dieser Doktorarbeit durchgeführten Studie, weisen darauf hin, dass unterschiedliche manuelle Basisfertigkeiten in der Laparoskopie und Hysteroskopie gefordert sind. Grund hierfür könnte die unterschiedliche Körperhaltung sein. Während man in der Laparoskopie steht und beide Arme mehr oder weniger parallel zum Boden entsprechend der eigenen Schulterachse geführt werden, so sitzt man in der Hysteroskopie zumeist, mit einer senkrecht übereinander stehenden Handhaltung. Insbesondere bei der Kombination einer Kamera und eines Instrumentes unterscheiden sich die Hand- und Körperhaltung wesentlich zwischen Laparoskopie und Hysteroskopie. In einer Studie mit 20 Anästhesist\*innen konnten Buffington et al. eine signifikant unterschiedliche manuelle Geschicklichkeit nachweisen, je nachdem ob sie die Übungen im Stehen, Sitzen oder Knien durchführten (106). Im Gegensatz dazu sind bei der Kameraführung einer 30° Optik die Handpositionen in der Laparoskopie und Hysteroskopie identisch. Dies könnte erklären, warum in der Studie von Schmidt et al. (105) ein Transfer der Kamerafertigkeiten von der Hysteroskopie auf die Laparoskopie gesehen wurde, während in der vorliegenden Arbeit kein Transfer der kombinierten Kameraführungs- und Instrumentenfertigkeit gesehen werden konnte. Im Hinblick auf diese Argumentation wäre zu erwarten, dass die Kameraführungsfertigkeiten jedoch auch von der Laparoskopie auf die Hysteroskopie übertragen werden könnten. Dies konnte jedoch in der Studie von Schmidt et al. nicht gezeigt werden und lässt vermuten, dass sich neben der Körper- und Handhaltung auch weitere Faktoren wesentlich zwischen Laparoskopie und Hysteroskopie unterscheiden. Zum Beispiel ermöglichen die anatomischen Verhältnisse im Abdomen einen größeren Operationsbereich und somit auch einen größeren Toleranzbereich für ungeschickte Bewegungen im Vergleich zu der Hysteroskopie. Hier ist die Bewegungsfreiheit im Uterus stark begrenzt. Auch bietet die Laparoskopie mehr optische Anhaltspunkte für die Orientierung im Operationsgebiet, durch die unterschiedlichen Organe und Strukturen, welche sich sowohl farblich, als auch in ihrer Größe deutlich unterscheiden. Während in der Laparoskopie durch die CO<sub>2</sub>-Insufflation ein weites Operationsgebiet geschaffen wird, ist die Hysteroskopie durch die Weite des Uteruscavums und der Zervix limitiert. Des Weiteren fehlen hysteroskopisch oft Anhaltspunkte zur räumlichen Orientierung, so sieht die Vorderwand fast identisch zur Uterushinterwand aus. Auch in den HYSTT Modellen, welche in den Studien verwendet wurden, bieten sich wenig optische Anhaltspunkte für Anfänger in der Hysteroskopie. Hinzukommt das die Funktionsweise einer 30° Optik, welche größtenteils in der Hysteroskopie

verwendet wird, selbst bei erfahrenen Operateuren nicht sicher verstanden wird. So beantworteten in einer nationalen Umfrage in Großbritannien nur 25,8% aller Oberärzt\*innen (Consultants) eine Frage zur korrekten Perspektive in der Hysteroskopie richtig (107). Diese Punkte könnten erklären, warum in der Studie von Schmidt et al. (105) zwar ein Transfer von den Kamerafertigkeiten der Hysteroskopie auf die Laparoskopie erfolgte, jedoch nicht umgekehrt. All diese Unterschiede können dazu beitragen, dass wider Erwarten (bei den vielen Gemeinsamkeiten) ein Transfer selbst der Basisfertigkeiten zwischen Laparoskopie und Hysteroskopie nicht möglich ist, wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt wurde. Für finale Rückschlüsse fehlt jedoch eine ausreichende Evidenzlage, sodass mehr hochwertige, randomisiert-kontrollierte Studien dringend erforderlich sind.

### 5.3 Training in Laparoskopie, Hysteroskopie und robotisch-assistierter Chirurgie – Zusammen oder getrennt?

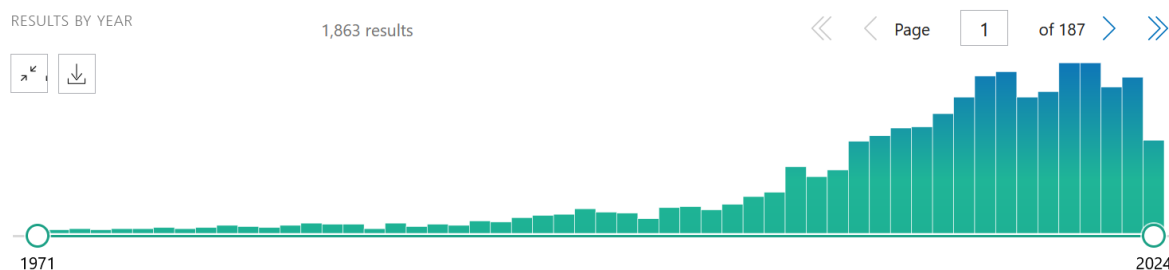
Mit dem Ziel der Maximierung der Effizienz und Effektivität in der chirurgischen Ausbildung in der Gynäkologie, stellt sich die Frage, inwieweit das Training der verschiedenen chirurgischen Modalitäten kombiniert werden kann und sollte. Während für die Laparoskopie (108) und Hysteroskopie (109) bereits die Effektivität einer Vielzahl an separaten Trainingscurricula bewiesen wurde, so gibt es auch heute noch kaum Evidenz für kombinierte Trainingscurricula (91). Könnten erlernte Basisfertigkeiten oder auch fortgeschrittene Techniken zwischen den minimalinvasiven Operationstechniken transferiert werden, so könnte auf der Vorerfahrung von Trainierenden aufgebaut werden oder aber das Gesamtcurriculum gekürzt werden. Prinzipiell könnten so an einfachen Modellen auch verschiedene Fachdisziplinen wie z.B. die Gynäkologie, Urologie und Allgemeinchirurgie gemeinsam trainieren und die erlernten Fertigkeiten in ihre spezifischen Anwendungen transferieren (z.B. Zystoskopie in der Urologie). Dies würde für Krankenhäuser und Ausbilder eine finanzielle Erleichterung in der Ausstattung von hausinternen Trainingszentren bedeuten und könnte so dazu beitragen, breitflächig Trainingszentren in Krankenhäusern zu etablieren. Doch für eine sinnvolle Kombination, ist der Transfer der erlernten Fertigkeiten zwischen den Modalitäten unabdingbar. Zwischen Hysteroskopie und Laparoskopie konnte in dieser Arbeit keine effiziente Trainingskombination gefunden werden. Die Lernkurven in beiden Modalitäten zeigten sich in Bezug auf die Trainingszeit, welche das primäre Bewertungskriterium für die HYSTT und LASTT Übungen darstellt, nahezu identisch (Vergleiche Abbildung 12 und 15). Im Gegensatz dazu, konnte in einer Vorarbeit von Schmidt et al. (105) die Gesamttrainingszeit zum Erlernen der 30° Kameraführung verkürzt werden, wenn zuerst hysteroskopisch, dann laparoskopisch trainiert wurde.

Interessanterweise vermutete auch die Mehrheit aller Proband\*innen einen Transfer der erlernten Fertigkeiten auf die jeweils andere chirurgische Modalität (Abbildung 19) und gaben an ein kombiniertes Training für sinnvoll zu halten (Abbildung 20). Somit steht die subjektive Empfindung der Proband\*innen im Gegensatz zu den objektiv gemessenen Ergebnissen in Bezug auf die Trainingszeit pro Übung. Während Zeit als Maßstab der Lernkurve in chirurgischen Disziplinen durchaus kritisch diskutiert wird (110), so erscheint sie in Bezug auf die hier verwendeten Übungen als sinnvoller Indikator einer besseren Performance. So wird die korrekte Durchführung (das Erreichen des Ziels) bereits während der Übung durch den/die Tutor\*in kontrolliert. Der Trainierende darf nur in der Übung voranschreiten, sobald das Ziel korrekt erfüllt wurde. Aber auch in der Evaluation der Fehler, konnte kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen in dieser Studie gefunden werden, sodass es hierdurch keinen Anhalt gibt, an den objektiv erfassten Werten und Ergebnissen zu zweifeln.

In einer kürzlich veröffentlichten Metaanalyse zum Transfer zwischen robotisch-assistierter und laparoskopischer Chirurgie konnte ein Transfer zwischen Laparoskopie und robotisch-assistierter Chirurgie gesehen werden (90). Dieser Transfer fand sich insbesondere für Basisfertigkeiten. Prinzipiell scheint also der Transfer von chirurgischen Fertigkeiten in der MIC möglich und damit eine Kombination des Trainings durchaus sinnvoll. Wie eine solche Kombination jedoch effektiv aussehen soll, bleibt nach aktuellem Forschungsstand weiterhin unklar.

#### 5.4 Wissenschaftliche Evaluation des Transfers chirurgischer Fertigkeiten

Mit dem zunehmenden Einsatz der robotisch-assistierten Chirurgie insbesondere in der Allgemein-/Viszeralchirurgie und Urologie stieg in den letzten Jahren die Zahl der Studien zum Thema „Surgical Skill Transfer“ maßgeblich (Abbildung 22).



**Abb. 22:** Zahl der Studien zum Thema "Surgical Skill Transfer" in PubMed (Stand 07.08.2024)

Doch mit zunehmender Studienzahl wird auch die Varianz im Studiendesign, Setting und Teilnehmerzahl deutlich, wobei hier sowohl der Transfer zwischen chirurgischen Modalitäten, als auch der Transfer vom Simulationssetting in den Operationssaal bedacht wird (87, 89, 111,

112). Cook et al. kritisierten die Verwendung von Vor-/ Nachtest Studiendesigns (113). Hierunter versteht man Studien, in welchen zumeist nur eine Gruppe getestet wird, welche eine Übung z.B. in der Hysteroskopie durchführt, dann ein Training in der Laparoskopie absolviert und abschließend erneut in der hysteroskopischen Übung getestet wird. Der Transfer von chirurgischen Fertigkeiten wird daran bemessen, dass die Probandin/der Proband im hysteroskopischen Test nach dem laparoskopischen Trainingsprogramm besser sind, als vor dem Trainingsprogramm. Beispiele finden sich hier einige in der Literatur, wobei diese meist einen positiven Transfer der chirurgischen Fertigkeiten nachweisen (114, 115). Aufgrund der repetitiven Testung an derselben Übung, kann hier jedoch auch ohne dazwischen geschaltetes Training von einer Verbesserung der Fertigkeiten ausgegangen werden. Betrachtet man die Lernkurven in der vorliegenden Arbeit, so zeigt sich sowohl in der Laparoskopie als auch in der Hysteroskopie eine deutliche Verbesserung vom ersten auf den zweiten Versuch. Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Zwei-Gruppen-Studiendesign gewählt, um eine positive Evaluation des Transfers von chirurgischen Fertigkeiten aufgrund der repetitiven Testung auszuschließen. Eine Alternative zu dem Vor-/Nachtest Studiendesign stellt z.B. die einmalige Testung in robotisch-assistierter Chirurgie von zwei oder mehr Gruppen mit unterschiedlichen Erfahrungsgraden in der laparoskopischen Chirurgie dar (116, 117). Nachteil dieses alternativen Studiendesigns ist die Notwendigkeit einer großen Zahl von Chirurg\*innen unterschiedlichen Erfahrungsgrades zu rekrutieren. Insbesondere die geforderte Fallzahl an erfahrenen Chirurg\*innen sind häufig schwer an einem Standpunkt zu finden, sodass viele Studien nicht die notwendige Power erreichen würden, um mögliche Effekte nachweisen zu können. Das in dieser Studie verwendete randomisierte Cross-over Design hat dahingehend einige Vorteile. Zum einen kann der Transfer der chirurgischen Fertigkeiten zeitgleich von der Hysteroskopie auf die Laparoskopie, als auch von der Laparoskopie auf die Hysteroskopie untersucht werden. Zum anderen werden keine erfahrenen Gynäkolog\*innen als Teilnehmer\*innen rekrutiert, sondern in beiden chirurgischen Modalitäten naive Teilnehmer\*innen, wodurch ein großer potentieller Teilnehmer\*innen Pool an Medizinstudierenden zur Verfügung steht, um die notwendige Fallzahl zu erreichen. Mit 68 Proband\*innen übertrifft die Studienpopulation dieser Arbeit alle 31 Studien einer kürzliche veröffentlichten Metaanalyse zu diesem Thema (90).

Berechtigte Kritik an dem Cross-over Studiendesign kann an dem potentiell inadäquaten Erwerb chirurgischer Fertigkeiten vor dem Wechsel zur anderen chirurgischen Modalität geäußert werden. Denn was nicht erlernt wurde, kann auch nicht transferiert werden. Hier ist es wichtig, die Lernkurven an den entsprechenden Übungen mit einzubeziehen. Janse et al. konnten 2014 eine signifikant kürzere Zeit pro Übung am HYSTT-Trainer für erfahrene gynäkologische Chirurg\*innen im Vergleich zu chirurgisch naiven Medizinstudierenden

---

nachweisen (118). Nach sieben Versuchen zeigte sich ein Plateau bei den Noviz\*innen. Auch in einer weiteren Studie zeigte sich ein zeitliches Plateau nach sechs Versuchen (91). Ein ähnliches Bild findet sich in der Evaluation des LASTT Trainingsmodells. Auch hier zeigte sich ein primäres Plateau nach sieben Versuchen bei chirurgischen Noviz\*innen (119). Auch wenn mit zunehmender Repetition derselben Übung noch eine Leistungssteigerung zu erwarten ist, so ist nach zehn Versuchen jeweils in der Hysteroskopie und Laparoskopie, wie sie in dieser Studie durchgeführt wurden, von einer Überwindung der initialen Lernkurve auszugehen. Diese Annahme zeigt sich auch in den Lernkurven der vorliegenden Arbeit. Während sich beide Gruppen signifikant vom ersten zum letzten Versuch verbesserten, zeigt sich doch ein Plateau in der Lernkurve nach ca. fünf bis sieben Repetitionen (Abbildung 11 und 14). Somit kann von dem Erwerb chirurgischer Fertigkeiten vor dem Transfer zur jeweils anderen chirurgischen Modalität im Rahmen dieser Studie ausgegangen werden.

Auch die Auswahl der Trainer und Instrumente kann einen Einfluss auf die wissenschaftliche Evaluation des Transfers chirurgischer Fertigkeiten haben. So konnten in den meisten Studien, in welchen ein VR-Trainer und ein physischer Boxtrainer für die Übungen verwendet wurden kein Transfer von chirurgischen Fertigkeiten nachgewiesen werden (120, 121), wohingegen in ähnlichen Studiensettings in denen kein VR-Trainer verwendet wurden ein Transfer der Fertigkeiten nachgewiesen werden (90, 122, 123). Dies könnte daran liegen, dass sich die Trainierenden erst an die unterschiedliche Haptik und optische Reaktion bei VR-Simulatoren gewöhnen müssen. Um diesem potentiellen Störfaktor zu umgehen, wurden in der vorliegenden Studie beide Übungen als physische Übungen an einem Boxtrainer/Vaginalmodell gewählt.

## 5.5 Vorhersage chirurgischer Leistung

Kann man schon vor Beginn der Facharztweiterbildung vorhersagen, wer gute chirurgische Fertigkeiten entwickeln wird? Dies ist eine wichtige, wenn auch ethisch bedenkliche Frage. Insbesondere für Länder wie den USA, in welchen die Platzvergabe für die Facharztweiterbildung nicht frei nach Bewerbungen erfolgt, sondern im Rahmen eines Matching Systems. Hier ist es mit einigen Schwierigkeiten verbunden, wenn man den Ausbildungsplatz, nachdem die Zuteilung erfolgt ist, noch wechseln möchte, weil man z.B. feststellt, dass die Chirurgie einem nicht liegt. Sowohl Ärzt\*innen als auch Krankenhäuser würden davon profitieren, wenn das chirurgische Potential der Kandidat\*innen bereits im Bewerbungsverfahren verlässlich eingeschätzt werden könnte. Daher beschäftigen sich schon seit einigen Jahren immer mehr Studien wissenschaftlich mit genau dieser Frage. In den Fokus rückte hierbei insbesondere die manuelle Geschicklichkeit und das räumliche

---

Vorstellungsvermögen, wobei versucht wird beide Aspekte durch teils stark unterschiedliche Tests und Übungen zu erfassen.

Zum Beispiel führten Ackermann et al. eine Studie durch, die den Zusammenhang zwischen persönlichen Charakteristika, Performance in verschiedenen Tests und dem Abschneiden in verschiedenen chirurgischen Übungen an einem Realsimulator 2.0 (Endodevelop, Saarbrücken Pelvic School, Saarbrücken, Germany) untersuchten. Ziel war es Faktoren herauszufiltern, welche die chirurgische Performance und die Lernkurve von Chirurg\*innen und Student\*innen beeinflussen. Der stärkste Zusammenhang mit guter chirurgischer Performance konnte für das Abschneiden beim „Tube Figure Test“ festgestellt werden (124). Dieser Schlauchfiguren Test wird auch standardmäßig beim Test für medizinische Studiengänge verwendet und prüft das räumliche Vorstellungsvermögen, sowie die mentale Rotationsfähigkeit. Ein ähnliches Ergebnis fanden auch Roch et al. (125). Während der MRT-A sich vom Schlauchfigurentest insbesondere durch die Form der Figuren, aber auch in der Zahl der Antwortmöglichkeiten unterscheidet, sollen beide Testformen die Mentale Rotationsfähigkeit überprüfen. Insbesondere aufgrund des Verlustes des dreidimensionalen Sehens in der Laparoskopie und Hysteroskopie und dem indirekten Blick auf das Operationsfeld wird dem räumlichen Vorstellungsvermögen ein besonderes Interesse bei der Vorhersage chirurgischer Fertigkeiten in der MIC zugemessen. Die Ergebnisse des Schlauchfigurentest konnten auch in Teilen durch die vorliegende Arbeit bestätigt werden. So erklärte das Abschneiden im MRT-A fast 10% der Varianz der hysteroskopischen Leistung. Interessanterweise zeigte sich hingegen kein signifikanter Zusammenhang mit der laparoskopischen Performance. Woher dieser Unterschied zwischen Laparoskopie und Hysteroskopie kommt, kann nicht abschließend geklärt werden. Die Mehrheit der Proband\*innen gab an die laparoskopische Übung als schwerer empfunden zu haben. Auch sah man in beiden Gruppen eine teils stark variierende Leistung zwischen den einzelnen Proband\*innen mit einigen zeitlichen Ausreißern. Dies kann bei einer Fallzahl von 68 Proband\*innen einen großen Einfluss auf Regressionsanalysen haben. Im Gegensatz zu den Ergebnissen dieser Arbeit, konnten bereits einige Studien auch in der Laparoskopie einen signifikanten Zusammenhang zwischen gutem räumlichem Vorstellungsvermögen und guter laparoskopischer Performance zeigen. Insbesondere auch für den MRT-A, wie er in dieser Studie verwendet wurde, konnte bisher ein positiver Zusammenhang nachgewiesen werden (126, 127).

Neben dem räumlichen Vorstellungsvermögen werden auch manuelle Geschicklichkeit und eine gute Hand-Augen-Koordination erfolgreichen Chirurg\*innen zugeschrieben. Auch hier gibt es diverse Methoden, diese Aspekte zu erfassen. Insgesamt schnitten sogenannte Geschicklichkeitstest jedoch bisher eher schlecht ab. Nur zwei von 19 untersuchten

Geschicklichkeitstest demonstrierten einen signifikanten Zusammenhang mit chirurgischen Fertigkeiten in einer systematischen Übersichtsarbeit in 2016 (128). In der Studie von Ackermann et al. wurden die Proband\*innen neben den Schlauchfiguren auch in Tiltagon getestet, einem Tablettspiel, welches die Hand-Augen-Koordination der Teilnehmenden erfassen soll. Hier konnte ein positiver Zusammenhang mit chirurgischen Fertigkeiten gesehen werden (124). Doch nicht nur Chirurg\*innen wird eine gute Hand-Augen-Koordination und manuelle Geschicklichkeit nachgesagt. Auch Musiker\*innen, Sportler\*innen und Videospiele\*innen verfügen meist über gesteigerte Fähigkeiten in diesem Bereich. Dies mag der Grund sein, dass auch die persönliche Vorerfahrung in diesen Bereichen immer wieder als Prädiktor für chirurgische Fertigkeiten evaluiert wird. Kennedy et al. untersuchten, ob das Spielen von Videospiele das Abschneiden am laparoskopischen Simulator vorhersagen kann. Sie konnten zeigen, dass Teilnehmer\*innen die mindestens sieben Stunden pro Woche Videospiele spielten signifikant bessere psychomotorische Fertigkeiten am laparoskopischen Simulator aufwiesen als Teilnehmer\*innen die dies nicht taten (129). Ein positiver Zusammenhang zwischen Videospiele und chirurgischer Fertigkeit konnte ebenfalls bereits in einigen anderen Studien gesehen werden (130, 131). Im Gegensatz dazu konnte im Rahmen dieser Arbeit kein positiver Einfluss vom regelmäßigen Spielen von Videospiele auf die chirurgische Leistung, weder in der Hysteroskopie noch in der Laparoskopie gezeigt werden. Auch regelmäßige sportliche Aktivität zeigte keinen erkennbaren Einfluss. Lediglich das regelmäßige Spielen eines Musikinstrumentes zeigte eine verkürzte Trainingszeit in der Hysteroskopie im Vergleich zu denen, welche kein Musikinstrument spielten. Der positive musikalischen Einfluss auf die chirurgische Leistung konnte auch bereits in anderen Studien gezeigt werden (127, 132). In allen drei Bereichen gibt es jedoch viele konträre Studienergebnisse. Problematisch an der Interpretation ist wie auch in dieser Studie, dass diese Aspekte nur selten als primärer Endpunkte in Studien genutzt werden, sondern als explorative Endpunkte mituntersucht werden. Dies führt dazu, dass die Studien nur selten adäquat gepowert sind, um Fragestellungen wie diese zu untersuchen. Auch die häufig nicht standardisierte Erfassung der Vorerfahrung in diesen Bereichen, limitiert die Vergleichbarkeit der vorliegenden Studien (z.B. Ja/ Nein-Antworten, Anzahl der Stunden, Art des Sportes etc.). Ziel der Erfassung dieser persönlichen Charakteristiken im Rahmen dieser Arbeit war es daher auch, zu einem größeren Datenpool der Arbeitsgruppe beizutragen, welche in den letzten Studien diese Aspekte in gleicher Weise und mehr Detail erfasst. Auf eine noch detaillierte Auswertung der hierfür erhobenen Daten wurde jedoch im Rahmen dieser Arbeit verzichtet, aufgrund der hierfür zu geringen Fallzahl in dieser Studie.

Letzten Endes kann bisher kein Test oder persönliche Vorerfahrung mit hoher Sicherheit die chirurgischen Fertigkeiten voraussagen. Hinzukommt, dass bisherige Studien fast

---

ausschließlich die Korrelation zu technisch-chirurgischen Fertigkeiten im Simulationssetting untersucht haben mit vornehmlich Basisfertigkeiten. Ob und wie weit diese Erkenntnisse sich auch in das intraoperative Setting transferieren lassen bleibt fraglich, insbesondere da die Expertise eines/einer Chirurg\*in nicht allein durch die manuellen Fertigkeiten bestimmt wird.

## 5.6 Individualisierte Ausbildung – Anforderungen und Potential

Angesichts der mittlerweile großen Auswahl an Trainingsmodellen, Trainingsgeräten und Trainingsansätzen bleibt bei der Entwicklung eines Ausbildungskonzeptes in den Kliniken die Frage des besten Trainingscurriculums bestehen. Doch eben durch die Vielfalt gibt es bis heute nicht das perfekte Ausbildungskonzept für alle. Stattdessen stellt sich die Frage, ob nicht vielmehr für jeden Assistenzärzt\*in ein eigenes Curriculum basierend auf den eignen Stärken und Schwächen etabliert werden sollte. Eine individualisierte Ausbildung von gynäkologischen Assistenzärzt\*innen ist entscheidend für die optimale Entwicklung von chirurgischen Fertigkeiten und Steigerung der Effizienz. Durch die Anpassung der Lehrinhalte an die persönlichen Fertigkeiten und Voraussetzungen des/der Trainierenden ist eine gezielte Wissensvermittlung möglich, die sich nach den spezifischen Bedürfnissen jedes Einzelnen richtet und so die Lernkurven verkürzt. Die personalisierte Ausbildung der nächsten Generation von Assistenzärzt\*innen würde nicht nur zur Verbesserung der klinischen Fertigkeiten beitragen, sondern auch zur Erhöhung der Patient\*innensicherheit und besseren postoperativen Outcomes der Patient\*innen, so zumindest die Fiktion. Doch kann man Stärken und Schwächen in der MIC schon vor dem aktiven Operieren im OP Saal feststellen und gezielt trainieren?

Es gibt bereits verschiedene Ansätze das chirurgische Training zu individualisieren:

### (1) Identifikation persönlicher Charakteristiken

Wie bereits unter 5.5 beschrieben, kann die chirurgische Lernkurve in der MIC noch nicht ausreichend vorhergesagt werden. Dennoch gibt es einige individuelle Fähigkeiten, welche einen positiven Zusammenhang mit der chirurgischen Lernkurve zeigen. So auch in der vorliegenden Arbeit das räumliche Vorstellungsvermögen und die musikalische Vorerfahrung. Der nächste Schritt hin zur Individualisierung des Trainings, wäre es zu evaluieren, ob z.B. ein spezifisches Training des defizitären räumlichen Vorstellungsvermögens die chirurgische Lernkurve verbessern kann.

### (2) Explizites Training eigener chirurgischer Defizite

Einen ähnlichen Ansatz verfolgten Palter et al. in ihrer Arbeit, in welcher Proband\*innen individualisiertes Feedback während einer chirurgischen Übungen erhielten und anschließend gezielt, ihre eigenen Defizite trainierten (133). Hier zeigte sich eine

signifikant bessere Leistung gegenüber der Kontrollgruppe, welche kein gezieltes Training absolvierte. Im Gegensatz zu Punkt (1), in welchem prinzipielle Fähigkeiten wie manuelle Geschicklichkeit oder räumliches Vorstellungsvermögen verbessert werden soll, wird in diesem Ansatz gezielt ein Teil der Übung/ Operation trainiert, in welchem die Trainierenden schlechtere Leistung zeigen.

### (3) Berücksichtigung des Transfers bestehender Fertigkeiten

Ein weiterer Ansatz zur Individualisierung des chirurgischen Trainings in der MIC stellt die Berücksichtigung der chirurgischen Vorerfahrung dar. Genau dies war der primäre Fokus der hier vorliegenden Arbeit, jedoch konnte nicht gezeigt werden, dass die Basisfertigkeiten von der Hysteroskopie auf die Laparoskopie übertragen werden können. Im Gegensatz dazu konnte der Transfer von Basisfertigkeiten zwischen Laparoskopie und robotisch-assistierter Chirurgie bereits in mehreren Studien gezeigt werden (90), sodass hier im Sinn eines individuellen Trainingsansatzes das Training der Basisfertigkeiten von Ärzt\*innen mit laparoskopischer Vorerfahrung in der robotisch-assistierten Chirurgie reduziert werden könnte, um z.B. den Fokus auf einen spezifischen, für den/die Ärzt\*in mit Schwierigkeiten verbundenen Operationsschritt zu legen.

Das individualisierte Training stellt eine große Chance dar, nicht nur ein effizientes Training zu ermöglichen, sondern potentiell auch bessere gynäkologische Chirurg\*innen auszubilden. Es bleibt die Hoffnung, dass in der Zukunft durch das gezielte Angehen eigener Defizite, das volle Potential in jedem Trainierenden entfaltet werden kann.

## 5.7 Limitationen

Bei der Interpretation der Ergebnisse dieser Arbeit, müssen einige Limitationen bedacht werden. Obwohl diese Arbeit darauf abzielt die Ausbildung von Assistenzärzt\*innen in der Gynäkologie zu verbessern, so wurde die Hypothese mit Medizinstudierenden im klinischen Studienabschnitt getestet, wie in der Mehrheit chirurgischer Lehrforschungsstudien (134). Grund hierfür war insbesondere die homogene Vorerfahrung bzw. das Fehlen der chirurgischen Vorerfahrung, sowie das Erreichen einer ausreichenden Fallzahl in einer homogenen Studienpopulation. Da es in dieser Arbeit jedoch darum ging, den Transfer chirurgischer Basisfertigkeiten zu evaluieren, welche zu Beginn der gynäkologischen Facharztweiterbildung erlernt werden sollten, ist davon auszugehen, dass die vorliegenden Ergebnisse auch auf Assistenzärzt\*innen der Gynäkologie übertragen werden können. In einer Metaanalyse zum Transfer chirurgischer Fertigkeiten zeigten Studien mit und ohne Medizinstudierende ähnliche Ergebnisse (90). Des Weiteren ist die Lernkurve in der LASTT-Übung der Proband\*innen in dieser Arbeit mit der von laparoskopische erfahrener

---

Proband\*innen einer anderen Studie durchaus vergleichbar, so zeigt sich, dass die Übungszeiten nach zehn Versuchen, mit den ersten vier Versuchen der Expert\*innen ähnlich sind (119). Daher kann davon ausgegangen werden, dass die manuellen Fertigkeiten der Studienpopulation dieser Arbeit ähnlicher der von gynäkologischen Assistenzärzt\*innen zu Beginn ihrer Ausbildung sind.

Zu einer guten chirurgischen Leistung gehört jedoch ohne Frage mehr als die rein manuellen Fertigkeiten, wie zum Beispiel die klinische Entscheidungsfähigkeit, Kenntnisse der Anatomie und Kommunikation. Während diese Aspekte zum Teil auch im Simulationssetting erlernt werden können, liegt der Fokus jedoch zumeist, wie auch in dieser Arbeit, auf dem Erlernen der manuell-technischen, chirurgischen Fertigkeiten. Inwieweit diese zusätzlichen Faktoren den Transfer der Fertigkeiten zwischen Hysteroskopie und Laparoskopie beeinflussen, sollte in zukünftigen Studien untersucht werden. Denn auch der Transfer der erlernten Fertigkeiten in den realen Operationssaal wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht untersucht und sollte bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Dass jedoch die manuellen Fertigkeiten, welche in einem Simulationssetting erlernt wurden, in den Operationssaal übertragen werden können, wurde bereits in vielen Studien nachgewiesen (87) und wird damit in vielen Studien als Grundvoraussetzung angesehen.

Mit einer Fallzahl von 68 Proband\*innen liegt diese Arbeit im oberen Bereich vieler Studien aus dem Bereich der Lehr- und Trainingsforschung (135). Auch konnte mit einer ähnlichen Fallzahl in einer Vorstudie bereits ein Transfer der Kameraführungsfertigkeiten in ähnlichem Setting von der Hysteroskopie auf die Laparoskopie nachgewiesen werden (105). Dennoch zeigten sich in beiden Übungen ein paar deutliche Ausreißer in beiden Gruppen, welche potentiell das Ergebnis beeinflussen können. Aufgrund der nicht-parametrischen Datenanalyse wurde der Einfluss dieses Aspektes jedoch statistisch minimiert.

Der Einfluss persönlicher Charakteristiken wie musikalische oder sportliche Vorerfahrung, aber auch das räumliche Vorstellungsvermögen wurde im Rahmen dieser Studie mituntersucht, jedoch nicht als primärer Fokus dieser Arbeit. Insbesondere da die Studie nicht für diese Aspekte gepowert wurde, können die Ergebnisse hier nur als explorativer Endpunkt verstanden werden.

Schlussendlich kann ein systematischer Bias in Studien, die Ergebnisse maßgeblich beeinflussen. Aus diesem Grund wurde zur Einschätzung des systematischen Bias in der vorliegenden Arbeit eine Übersicht der relevantesten systematischen Fehler in Tabelle 2 dargestellt und bewertet.

Tab. 2: Analyse des systematischen Bias der Studie

Systematischer Bias	Einschätzung des Risikos	Beweis
<b>Selection bias</b> Zuordnungsreihenfolge	Niedriges Risiko	„[...] mittels Blockrandomisierung mit variabler Blocklänge und stratifiziert nach Geschlecht.“  Kommentar: Adäquat durchgeführt
Geheimhaltung und Umgang der Zuordnungsreihenfolge	Niedriges Risiko	„[...] der Reihenfolge nach durch das Öffnen von nummeriert verschlossene Umschläge [...]“  Kommentar: Adäquat durchgeführt
Baseline Charakteristiken der Proband*innengruppe	Niedriges Risiko	„Es gab keine relevanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen [...]“  Kommentar: Erfolgreiche Randomisierung
Carry over Effekt	Niedriges Risiko	„[...] mit anschließendem Wechsel in die jeweils andere chirurgische Modalität.“  Kommentar: Die Proband*innen führten beide Übungen direkt nacheinander durch, wodurch prinzipiell ein hohes Risiko eines Carry over Effektes entsteht. Da jedoch der Carry over Effekt (der Transfer der Fertigkeit) der gewollte Effekt in dieser Studie war, entsteht hierdurch für die Interpretation der Ergebnisse kein Risiko.
<b>Performance bias</b> Verblindung von Teilnehmenden	Hohes Risiko	Kommentar: Nicht möglich
<b>Detection bias</b> Verblindung von Bewerter	Niedriges Risiko	Kommentar: Bewerter nicht verblindet, jedoch keinen Einfluss auf die Bewertung, da klare, objektive Definition der der Erfüllung eines Items.
Messung des Ergebnisses	Niedriges Risiko	Kommentar: Zeit als primärer Endpunkt ist ein objektives Bewertungskriterium

<b>Attrition bias</b> Verlust von Studienteilnehmer*innen	Niedriges Risiko	„[...] alle schlossen die Studie nach Protokoll ab.“  Kommentar: Adäquat durchgeführt
Unvollständige Outcome Daten	Niedriges Risiko	„Bei einer Probandin zerbrach die hysteroskopische Faszange nach 5 Versuchen, sodass die Übung an dieser Stelle abgebrochen werden musste.“  Kommentar: Nur bei einem Probanden fehlen Daten von 5 Versuchen. Ansonsten vollständiges Datenset.
<b>Reporting bias</b>	Niedriges Risiko	Kommentar: Alle in der Registrierung erwähnten Daten werden hier berichtet.

## 5.8 Konklusion

Der Transfer von chirurgischen Fertigkeiten in der Gynäkologie ist ein wichtiges und noch wenig erforschtes Thema. Mit dem Ziel die Effizienz und Effektivität der chirurgischen Ausbildung in der Gynäkologie zu steigern müssen stetig neue Trainingsansätze und -konzepte wissenschaftlich evaluiert werden. In dieser Arbeit konnte keine Übertragung von chirurgischen Basisfertigkeiten, mit Fokus auf simultane Kamera- und Instrumentenführung, von der Laparoskopie auf die Hysteroskopie oder umgekehrt gezeigt werden. In dieser randomisiert-kontrollierten Cross-over-Studie zeigten die Proband\*innen beider Gruppen eine ähnliche Lernkurve an den LASTT- und HYSTT-Übungen, sowohl im Hinblick auf die Zeit pro Übung, als auch auf die Fehlerquote. Die Ergebnisse stehen im Gegensatz zur subjektiven Auffassung der Proband\*innen, welche das Gefühl hatten, sowohl ihre visuospatialen als auch manuellen Fertigkeiten durch das Training am ersten Modell, an ihrem zweiten Übungsmodell verbessert zu haben. Während ein Transfer der reinen Kameraführungsfertigkeiten bereits in einer Vorstudie von der Hysteroskopie auf die Laparoskopie gezeigt werden konnte (105), scheint bereits die Hinzunahme eines Instrumentes deutlich unterschiedliche motorische Fertigkeiten von den Proband\*innen zu erfordern, sodass kein Transfer dieser manuellen Basisfertigkeiten stattfindet. Dies kann durch den unterschiedlichen Bewegungsfreiraum mit einem deutlich kleineren Operationsgebiet in der Hysteroskopie, aber auch die Körperhaltung oder Handhaltung bedingt sein. Der Grund kann jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht abschließend geklärt werden. Die fehlende Übertragung der manuell-chirurgischen Fertigkeiten zwischen Laparoskopie und Hysteroskopie macht ein spezifisches Trainingscurriculum für beide chirurgischen Modalitäten notwendig. Die Expertise in einer gynäkologisch-chirurgischen Modalität kann nicht automatisch als Befähigung für die andere Modalität gelten.

Inwieweit eine Kombination des Trainings für die Zukunft sinnvoll ist, muss in weiteren Studien geklärt werden. Der Fokus sollte hierbei zunächst darauf liegen, welche Aspekte prinzipiell transferiert werden können, wie zum Beispiel die reine Kameraführung, und welche Reihenfolge in einer verkürzten Lernkurve resultiert. Auch die robotisch-assistierte Chirurgie, welche mittlerweile in der Gynäkologie an Bedeutung gewinnt, sollte in zukünftige Studien zum Transfer chirurgischer Fertigkeiten in der Gynäkologie mit einbezogen werden. Die Identifikation möglicher Synergien und positiver persönlicher Charakteristiken bringt die Ausbildungsstruktur zudem dem Ziel eines individuellen Trainings einen Schritt näher.

## 6 Zusammenfassung

In der modernen gynäkologischen Chirurgie ist die Minimal Invasive Chirurgie (MIC) eine feste Konstante geworden. Laparoskopische und hysteroskopische Eingriffe spielen eine entscheidende Rolle in der Diagnose und Behandlung von gynäkologischen Erkrankungen. Moderne gynäkologische Chirurg\*innen stehen so jedoch vor der Herausforderung chirurgische Eingriffe nicht nur offen-chirurgisch, sondern auch laparoskopisch, hysteroskopisch und robotisch-assistiert zu beherrschen. Doch trotz der weiten Verbreitung von minimalinvasiven Eingriffen ist die Ausbildung gynäkologischer Chirurg\*innen nicht klar geregelt und standardisiert. Viele Fragen, die zur Entwicklung eines allgemeinen oder optimalerweise individualisierten Trainingscurriculums für MIC beitragen könnten, sind weiterhin unbeantwortet.

Mit dem Ziel der Steigerung der Effektivität und Effizienz der gynäkologisch-chirurgischen Ausbildung wurde in dieser Arbeit der Transfer manuell-chirurgischer Fertigkeiten zwischen Laparoskopie und Hysteroskopie in einer randomisiert-kontrollierten Cross-over-Studie untersucht. 68 freiwillige Teilnehmer\*innen in den klinischen Semestern für Humanmedizin wurden für diese Studie an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz rekrutiert. Mittels Umfragebögen wurden persönliche Charakteristika und Eigenschaften erfragt und die mentale Rotationsfähigkeit als Teilaspekt des räumlichen Vorstellungsvermögens mit dem MRT-A evaluiert. Die Trainierenden führten anschließend je nach Gruppenzuteilung zuerst zehn Repetitionen einer laparoskopischen oder hysteroskopischen Übung durch, bevor der Wechsel zur jeweils anderen Modalität erfolgte. Beide Übungen ähnelten sich in Setting und Aufgabenstellung durch das Zusammenspiel von Kameraführung und simultaner Instrumentenführung mit dem Ziel die Hand-Augen-Koordination zu verbessern. Nach Beendigung des letzten Durchgangs wurden die Teilnehmer\*innen gebeten einen Fragebogen zu beantworten mit Fragen zur persönlichen Erfahrung und Einschätzung zum Training der Laparoskopie und Hysteroskopie. Analysiert wurde sowohl der Transfer der Fertigkeiten von der Hysteroskopie auf die Laparoskopie und umgekehrt (Vergleich der Gruppe mit Vorerfahrung an der anderen Modalität mit der Gruppe ohne Vorerfahrung), als auch der Einfluss persönlicher Charakteristiken auf die chirurgische Leistung.

Es konnte kein Transfer von laparoskopischen Fertigkeiten auf die Hysteroskopie und kein Transfer von Fertigkeiten von der Hysteroskopie auf die Laparoskopie im primären Endpunkt Zeit pro Übung in den ersten beiden Versuchen festgestellt werden. Es zeigte sich weder ein Unterschied in der benötigten Zeit nach den ersten Versuchen noch nach Durchführung aller zehn Versuche. Auch die sekundären Endpunkte, wie die Anzahl der begangenen Fehler oder die Anzahl der gemeisterten Items in zwei bzw. drei Minuten zeigten keinen Unterschied in

beiden Gruppen. Trotz der Gemeinsamkeiten beider minimalinvasiven chirurgischen Modalitäten scheint es, als ob sich die Laparoskopie und Hysteroskopie in ihren technischen Anforderungen und den benötigten manuell-chirurgischen Fertigkeiten unterscheiden. Eine Verkürzung der Lernkurve in der einen Modalität durch Vorerfahrung in der anderen konnte nicht bewiesen werden.

Es konnten jedoch persönliche Charakteristiken identifiziert werden, welche einen positiven Einfluss auf die chirurgische Lernkurve zu haben scheinen. Das räumliche Vorstellungsvermögen zeigte einen positiven Zusammenhang mit einer besseren hysteroskopischen Leistung. Im Gegensatz hierzu konnte dieser Zusammenhang in der Laparoskopie nicht nachgewiesen werden. Des Weiteren führten Teilnehmer\*innen die regelmäßig musizierten die hysteroskopische Übungen signifikant schneller durch als Teilnehmer\*innen, die kein Musikinstrument spielten. Bei der laparoskopischen Übung konnte kein signifikanter Unterschied zwischen musizierenden Teilnehmer\*innen und Teilnehmer\*innen, die kein Instrument spielen, festgestellt werden. Regelmäßiger Sport und das regelmäßige Spielen von Videospiele hatten keinen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis der Teilnehmenden an beiden Modalitäten.

Insbesondere im Hinblick auf die zunehmende Ambulantisierung chirurgischer Eingriffe, aber auch dem finanziellen Druck der Krankenhäuser ist es unabdingbar die chirurgische Ausbildung in der Gynäkologie zu revolutionieren. Mit dem Simulationstraining gibt es bereits seit Jahren eine effektive Methode zum Erlernen von chirurgischen Fertigkeiten, ohne das Patientinnenwohl zu gefährden. Während die Hoffnung auf der Kreation eines effizienten und effektiven Trainingscurriculums liegt, liefern die Ergebnisse dieser Arbeit als erste Studie, welche den Transfer manueller-chirurgischer Fertigkeiten zwischen Laparoskopie und Hysteroskopie untersucht, eine wesentliche Erkenntnis für die Entwicklung eines MIC Curriculums für gynäkologische Chirurg\*innen. Durch den fehlenden Transfer selbst der Basisfertigkeiten zwischen Hysteroskopie und Laparoskopie, müssen diese gesondert trainiert werden, um ein hohes Kompetenzlevel in beiden Modalitäten zu erreichen. Die bisher schlechte Evidenzlage lässt jedoch noch keine generalisierten Schlüsse zu und so müssen in weiteren Studien spezifische Basis- und fortgeschrittene Fertigkeiten auf ihre mögliche Übertragbarkeit in der gynäkologischen MIC untersucht werden.

---

## Literaturverzeichnis

1. Jernigan AM, Auer M, Fader AN, Escobar PF. **Minimally invasive surgery in gynecologic oncology: a review of modalities and the literature.** Women's Health. 2012;8(3):239-50.
2. Sparić R, Hudelist G, Berisavac M, Gudović A, Buzadžić S. **Hysterectomy throughout history.** Acta chirurgica iugoslavica. 2011;58(4):9-14.
3. Buia A, Stockhausen F, Hanisch E. Laparoscopic surgery: **A qualified systematic review.** World journal of methodology. 2015;5(4):238.
4. Barkun JS, Sampalls J, Fried G, Wexler M, Meakins J, Taylor B, et al. **Randomised controlled trial of laparoscopic versus mini cholecystectomy.** The Lancet. 1992;340(8828):1116-9.
5. Wentink B. **Eye-hand coordination in laparoscopy-an overview of experiments and supporting aids.** Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies. 2001;10(3):155-62.
6. Crothers I, Gallagher A, McClure N, James D, McGuigan J. **Experienced laparoscopic surgeons are automated to the "fulcrum effect": an ergonomic demonstration.** Endoscopy. 1999;31(05):365-9.
7. Li LY, Wen LY, Park SH, Nam EJ, Lee JY, Kim S, et al. **Impact of the learning curve on the survival of abdominal or minimally invasive radical hysterectomy for early-stage cervical cancer.** Cancer Research and Treatment: Official Journal of Korean Cancer Association. 2021;53(1):243-51.
8. Stefanidis D, Hope WW, Korndorffer Jr JR, Markley S, Scott DJ. **Initial laparoscopic basic skills training shortens the learning curve of laparoscopic suturing and is cost-effective.** Journal of the American College of Surgeons. 2010;210(4):436-40.
9. Campo R, Puga M, Furst RM, Wattiez A, De Wilde R. **Excellence needs training "Certified programme in endoscopic surgery"**. Facts, Views & Vision in Obgyn. 2014;6(4):240.
10. Peter SDS, Holcomb III GW. **History of minimally invasive surgery:** Philadelphia: Elsevier Health Sciences; 2008.
11. Browning CM, Cloutier R, Rich TC, Leavesley SJ. **Endoscopy Lifetime Systems Architecture: Scoping Out the Past to Diagnose the Future Technology.** Systems (Basel). 2022;10(5).
12. KELLING G. **Die Tamponade der Bauchhoele mit Luft zur Stillung lebesgefahrlicher Intestnalblutungen.** Muenchen med Wchnschr. 1901;38:1480-3.
13. Orndoff B. **The peritoneoscope in diagnosis of diseases of the abdomen.** J Radiol. 1920;1:307-25.
14. Kalk H. **Erfahrungen mit der Laparoskopie.**(Zugleich mit Beschreibung eines neuen Instrumentes.) Z. klin. Med; 1929.
15. Curtiss L, Hirschowitz B, Peters C, editors. **A long fiberscope for internal medical examinations.** 41st Meeting of the Optical Society of America; 1957.
16. Litynski GS. **Kurt Semm and the fight against skepticism: endoscopic hemostasis, laparoscopic appendectomy, and Semm's impact on the "laparoscopic revolution"**. JSLs: Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons. 1998;2(3):309.
17. Sivak Jr MV, Fleischer DE. **Colonoscopy with a VideoEndoscope™: preliminary experience.** Gastrointestinal endoscopy. 1984;30(1):1-5.

18. Reich H, DeCAPRIO J, McGLYNN F. **Laparoscopic hysterectomy**. Journal of Gynecologic Surgery. 1989;5(2):213-6.
19. Kelley Jr WE. **The evolution of laparoscopy and the revolution in surgery in the decade of the 1990s**. JSLS: Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons. 2008;12(4):351.
20. Karayiannakis A, Makri G, Mantzioka A, Karousos D, Karatzas G. **Postoperative pulmonary function after laparoscopic and open cholecystectomy**. British journal of anaesthesia. 1996;77(4):448-52.
21. St. Peter SD, Acher CW, Shah SR, Sharp SW, Ostlie DJ. **Parental and volunteer perception of pyloromyotomy scars: comparing laparoscopic, open, and nonsurgical volunteers**. Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques. 2016;26(4):305-8.
22. Perry KT, Freedland SJ, Hu JC, Phelan MW, Kristo B, Gritsch AH, et al. **Quality of life, pain and return to normal activities following laparoscopic donor nephrectomy versus open mini-incision donor nephrectomy**. The Journal of urology. 2003;169(6):2018-21.
23. Laudicella M, Walsh B, Munasinghe A, Faiz O. **Impact of laparoscopic versus open surgery on hospital costs for colon cancer: a population-based retrospective cohort study**. BMJ open. 2016;6(11):e012977.
24. McCormack K, Wake B, Perez J, Fraser C, Cook J, McIntosh E, et al. **Laparoscopic surgery for inguinal hernia repair: systematic review of effectiveness and economic evaluation**. Health technology assessment (Winchester, England). 2005;9(14):1-203, iii.
25. Braga M, Vignali A, Zuliani W, Frasson M, Di Serio C, Di Carlo V. Laparoscopic versus open colorectal surgery: cost-benefit analysis in a single-center randomized trial. Annals of surgery. 2005;242(6):890.
26. Grant A. **Laparoscopic versus open groin hernia repair: meta-analysis of randomised trials based on individual patient data**. Hernia. 2002;6(1):2-10.
27. Sinha R, Sundaram M, Raje S, Rao G, Sinha M, Sinha R. **3D laparoscopy: technique and initial experience in 451 cases**. Gynecological Surgery. 2013;10(2):123-8.
28. Hofmeister J, Frank TG, Cuschieri A, Wade NJ, editors. **Perceptual aspects of two-dimensional and stereoscopic display techniques in endoscopic surgery: review and current problems**. Seminars in laparoscopic surgery; 2001: Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA.
29. Agrusa A, Di Buono G, Buscemi S, Cucinella G, Romano G, Gulotta G. **3D laparoscopic surgery: a prospective clinical trial**. Oncotarget. 2018;9(25):17325.
30. Blavier A, Gaudissart Q, Cadière G-B, Nyssen A-S. **Comparison of learning curves and skill transfer between classical and robotic laparoscopy according to the viewing conditions: implications for training**. The American journal of surgery. 2007;194(1):115-21.
31. Gallagher A, McClure N, McGuigan J, Ritchie K, Sheehy N. **An ergonomic analysis of the fulcrum effect in the acquisition of endoscopic skills**. Endoscopy. 1998;30(07):617-20.
32. Parker WH. **Understanding errors during laparoscopic surgery**. Obstetrics and Gynecology Clinics. 2010;37(3):437-49.
33. Frumovitz M, Obermair A, Coleman RL, Pareja R, Lopez A, Ribero R, et al. **Quality of life in patients with cervical cancer after open versus minimally invasive radical**

- hysterectomy (LACC): a secondary outcome of a multicentre, randomised, open-label, phase 3, non-inferiority trial.** *The Lancet Oncology*. 2020;21(6):851-60.
34. Royston C, Lansdown M, Brough W. **Teaching laparoscopic surgery: the need for guidelines.** *Bmj*. 1994;308(6935):1023-5.
35. Halsted WS. **The training of the surgeon.** *Bull Johns Hop Hosp*. 1904:267-75.
36. Cameron JL. William Stewart Halsted. **Our surgical heritage.** *Annals of surgery*. 1997;225(5):445.
37. Kotsis SV, Chung KC. **Application of see one, do one, teach one concept in surgical training.** *Plastic and reconstructive surgery*. 2013;131(5):1194.
38. Källström R. **Construction, validation and application of a virtual reality simulator for the training of transurethral resection of the prostate.** Linköping University Electronic Press; 2010.
39. Peyton JR. **Teaching & learning in medical practice:** Manticore Europe Limited; 1998.
40. Balafoutas D, Joukhadar R, Kiesel M, Häusler S, Loeb S, Woeckel A, et al. **The role of deconstructive teaching in the training of laparoscopy.** *JLS: Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons*. 2019;23(2).
41. Seifert LB, Schnurr B, Stefanescu M-C, Sader R, Ruesseler M, Sterz J. **Comparing video-based versions of Halsted's 'see one, do one' and Peyton's '4-step approach' for teaching surgical skills: a randomized controlled trial.** *BMC medical education*. 2020;20(1):1-11.
42. Wohlrab K, Jelovsek JE, Myers D. **Incorporating simulation into gynecologic surgical training.** *American journal of obstetrics and gynecology*. 2017;217(5):522-6.
43. Koohang A, Harman K. Open source: **A metaphor for e-learning.** *Informing Science*. 2005;8.
44. Ahmed K. **e-Learning in Surgical Education: A Systematic Review.**
45. Thorne C, Lockey A, Bullock I, Hampshire S, Begum-Ali S, Perkins GD. **E-learning in advanced life support—an evaluation by the Resuscitation Council (UK).** *Resuscitation*. 2015;90:79-84.
46. Ellaway R, Masters K. **AMEE Guide 32: e-Learning in medical education Part 1: Learning, teaching and assessment.** *Medical teacher*. 2008;30(5):455-73.
47. Jokinen E, Mikkola TS, Härkki P. **Evaluation of a web course on the basics of gynecological laparoscopy in resident training.** *Journal of Surgical Education*. 2017;74(4):717-23.
48. Schreuder HW, van Dongen KW, Roeleveld SJ, Schijven MP, Broeders IA. **Face and construct validity of virtual reality simulation of laparoscopic gynecologic surgery.** *American journal of obstetrics and gynecology*. 2009;200(5):540. e1-. e8.
49. Munz Y, Kumar B, Moorthy K, Bann S, Darzi A. **Laparoscopic virtual reality and box trainers: is one superior to the other?** *Surgical endoscopy and other interventional techniques*. 2004;18:485-94.
50. Burden C, Oestergaard J, Larsen C. **Integration of laparoscopic virtual-reality simulation into gynaecology training.** *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*. 2011;118:5-10.
51. LTB Germany Ltd, Lübecker Toolbox [Internet]. 2024 [zitiert 24.05.2024] Verfügbar unter: <http://www.luebeck-toolbox.com/bestellformular.html>

52. Szinicz G, Beller S, Zerz A, Bodner W. **The Pulsatile Organ Perfusion-a chance to reduce animal experiments in minimally invasive surgery training** [Article in German]. ALTEX-Alternatives to animal experimentation. 1994;11(1):40-3.
53. Mulla M, Sharma D, Moghul M, Kailani O, Dockery J, Ayis S, et al. **Learning basic laparoscopic skills: a randomized controlled study comparing box trainer, virtual reality simulator, and mental training.** Journal of surgical education. 2012;69(2):190-5.
54. Satava RM. **Virtual reality surgical simulator: the first steps.** Surgical endoscopy. 1993;7:203-5.
55. Singh AG. **Simulation-based training in laparoscopic urology—Pros and cons.** Indian journal of urology: IJU: journal of the Urological Society of India. 2018;34(4):245.
56. Pinzon D, Byrns S, Zheng B. **Prevailing trends in haptic feedback simulation for minimally invasive surgery.** Surgical innovation. 2016;23(4):415-21.
57. Sidhu R, Grober E, Musselman L, Reznick R. **Assessing competency in surgery: where to begin?** Surgery. 2004;135(1):6-20.
58. Feifer A, Al-Ammari A, Kovac E, Delisle J, Carrier S, Anidjar M. **Randomized controlled trial of virtual reality and hybrid simulation for robotic surgical training.** BJU international. 2011;108(10):1652-6.
59. Botden SM, Jakimowicz JJ. **What is going on in augmented reality simulation in laparoscopic surgery?** Surgical endoscopy. 2009;23:1693-700.
60. Botden SM, Buzink SN, Schijven MP, Jakimowicz JJ. **ProMIS augmented reality training of laparoscopic procedures face validity.** Simulation in healthcare. 2008;3(2):97-102.
61. European Society for Gynaecological Endoscopy VZW, **GESEA Educational Programme, E-Learning Modules** [Internet]. 2024 [zitiert am 22.06.2024] Verfügbar unter: <https://academy.esge.org/p/gesea>
62. Campo R, Wattiez A, Tanos V, Di Spiezio Sardo A, Grimbizis G, Wallwiener D, et al. **Gynaecological endoscopic surgical education and assessment. A diploma programme in gynaecological endoscopic surgery.** Gynecological Surgery. 2016;13:133-7.
63. European Society for Gynaecological Endoscopy VZW, **GESEA Educational Programme, E-Knot** [Internet]. 2024 [zitiert am 23.06.2024] Verfügbar unter: <https://gesea.eu/training-tools/e-knot/>
64. Smith K, Caceres A. **Vaginal cuff closure in minimally invasive hysterectomy: a review of training, techniques, and materials.** Cureus. 2017;9(10).
65. Miyazaki Enterprises, Miya Model® Pelvic Surgery Training Simulation Model [Internet]. 2012 [zitiert am 23.06.2024] Verfügbar unter: <https://miyazakienterprises.com/products/model/miya-model-pelvic-surgery-training-simulation-model/>
66. Miyazaki D, Matthews CA, Kia MV, El Haraki AS, Miyazaki N, Chen CCG. **Validation of an educational simulation model for vaginal hysterectomy training: a pilot study.** Int Urogynecol J. 2019;30(8):1329-36.
67. Gynaecology USOa, Gynaecology EBaCoOa. **European Training Requirements in Obstetrics and Gynaecology 2018** [Internet]. 2018 [zitiert am 12.07.2024] Verfügbar unter: [https://www.uems.eu/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0004/64399/UEMS-2018.18-European-Training-Requirements-OBGYN.pdf](https://www.uems.eu/__data/assets/pdf_file/0004/64399/UEMS-2018.18-European-Training-Requirements-OBGYN.pdf)

68. Stefanidis D, Heniford BT. **The formula for a successful laparoscopic skills curriculum.** Archives of Surgery. 2009;144(1):77-82.
69. Mazzone E, Puliatti S, Amato M, Bunting B, Rocco B, Montorsi F, et al. **A systematic review and meta-analysis on the impact of proficiency-based progression simulation training on performance outcomes.** Annals of Surgery. 2021;274(2):281-9.
70. Kelley CR. **What is adaptive training?** Human Factors. 1969;11(6):547-56.
71. Spruit EN, Band GP, Hamming JF, Ridderinkhof KR. **Optimal training design for procedural motor skills: a review and application to laparoscopic surgery.** Psychological research. 2014;78:878-91.
72. Arbeitsgemeinschaft gynäkologische Endoskopie e.V., **Über uns - Unsere Vision: AGE** [Internet]. 2019 [zitiert am 23.07.2024] Verfügbar unter: <https://ag-endoskopie.de/ueber-uns/>
73. Arbeitsgemeinschaft gynäkologische Endoskopie e.V., **Zertifizierungskonzept: AGE** [Internet] 2019 [zitiert am 23.07.2024] Verfügbar unter: <https://ag-endoskopie.de/ueber-uns/zertifizierungskonzept/> [23.07.2024]
74. European Society for Gynaecological Endoscopy VZW, **Pathways GESEA Educational Programme [Internet]**. 2024 [zitiert am 23.07.2024] Verfügbar unter: <https://gesea.eu/pathways/>
75. Ismail A, Wood M, Ind T, Gul N, Moss E. **The development of a robotic gynaecological surgery training curriculum and results of a delphi study.** BMC medical education. 2020;20:1-7.
76. Hiemstra E, Schreuder HW, Stiggelbout AM, Jansen FW. **Grading surgical skills curricula and training facilities for minimally invasive surgery.** Gynecological Surgery. 2013;10:63-9.
77. Peters JH, Fried GM, Swanstrom LL, Soper NJ, Sillin LF, Schirmer B, et al. **Development and validation of a comprehensive program of education and assessment of the basic fundamentals of laparoscopic surgery.** Surgery. 2004;135(1):21-7.
78. Bodle J, Kaufmann S, Bisson D, Nathanson B, Binney D. **Value and face validity of objective structured assessment of technical skills (OSATS) for work based assessment of surgical skills in obstetrics and gynaecology.** Medical teacher. 2008;30(2):212-6.
79. Martin J, Regehr G, Reznick R, Macrae H, Murnaghan J, Hutchison C, et al. **Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents.** British journal of surgery. 1997;84(2):273-8.
80. van Empel PJ, van Rijssen LB, Commandeur JP, Verdam MG, Huirne JA, Scheele F, et al. **Objective versus subjective assessment of laparoscopic skill.** International Scholarly Research Notices. 2013;2013.
81. Horeman T, Rodrigues SP, Jansen F-W, Dankelman J, van den Dobbelaar JJ. **Force measurement platform for training and assessment of laparoscopic skills.** Surgical endoscopy. 2010;24:3102-8.
82. Menekse Dalveren GG, Cagiltay NE. **Distinguishing intermediate and novice surgeons by eye movements.** Frontiers in Psychology. 2020;11:542752.
83. Birkmeyer JD, Finks JF, O'reilly A, Oerline M, Carlin AM, Nunn AR, et al. **Surgical skill and complication rates after bariatric surgery.** New England Journal of Medicine. 2013;369(15):1434-42.

84. Larsen C, Grantcharov T, Schouenborg L, Ottosen C, Soerensen J, Ottesen B. **Objective assessment of surgical competence in gynaecological laparoscopy: development and validation of a procedure-specific rating scale.** BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology. 2008;115(7):908-16.
85. Larsen CR, Soerensen JL, Grantcharov TP, Dalsgaard T, Schouenborg L, Ottosen C, et al. **Effect of virtual reality training on laparoscopic surgery: randomised controlled trial.** Bmj. 2009;338.
86. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, et al. **Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study.** Annals of surgery. 2002;236(4):458-64.
87. Dawe SR, Pena GN, Windsor JA, Broeders JA, Cregan PC, Hewett PJ, et al. **Systematic review of skills transfer after surgical simulation-based training.** Br J Surg. 2014;101(9):1063-76.
88. Dawe SR, Windsor JA, Broeders JA, Cregan PC, Hewett PJ, Maddern GJ. **A systematic review of surgical skills transfer after simulation-based training: laparoscopic cholecystectomy and endoscopy.** Annals of surgery. 2014;259(2):236-48.
89. Schmidt MW, Koppinger KF, Fan C, Kowalewski KF, Schmidt LP, Vey J, et al. **Virtual reality simulation in robot-assisted surgery: meta-analysis of skill transfer and predictability of skill.** BJS Open. 2021;5(2).
90. Schmidt MW, Fan C, Köppinger KF, Schmidt LP, Brechter A, Limen EF, et al. **Laparoscopic but not open surgical skills can be transferred to robot-assisted surgery: A systematic review and meta-analysis.** World Journal of Surgery. 2024;48(1):14-28.
91. Janse JA, Hitzerd E, Veersema S, Broekmans FJ, Schreuder HW. **Correlation of laparoscopic and hysteroscopic 30 scope camera navigation skills on box trainers.** Gynecological Surgery. 2014;11:75-81.
92. Peters M, Laeng B, Latham K, Jackson M, Zaiyouna R, Richardson C. **A redrawn Vandenberg and Kuse mental rotations test-different versions and factors that affect performance.** Brain and cognition. 1995;28(1):39-58.
93. Urbaniak G, Plous S. **Research randomizer (version 4.0)**[computer software]. 2013.
94. European Society for Gynaecological Endoscopy VZW, **Laparoscopic Skills Training and Testing Method: LASTT** [Internet]. 2024 [zitiert am 11.08.2024] Verfügbar unter: <https://gesea.eu/training-tools/lastt/>
95. European Society for Gynaecological Endoscopy VZW, **Hysteroscopic Skills Training and Testing method: HYSTT** [Internet]. 2024 [zitiert am 11.08.2024] Verfügbar unter: <https://gesea.eu/training-tools/hystt/>
96. Janse JA, Tolman CJ, Veersema S, Broekmans FJM, Schreuder HWR. **Hysteroscopy training and learning curve of 30° camera navigation on a new box trainer: the HYSTT.** Gynecological Surgery. 2014;11(2):67-73.
97. Bridges M, Diamond DL. **The financial impact of teaching surgical residents in the operating room.** The American Journal of Surgery. 1999;177(1):28-32.
98. Vidakovic J, Lazarevic M, Kvrjic V, Vasovic Maksimovic I, Rakic A. **Flight simulation training devices: application, classification, and research.** International Journal of Aeronautical and Space Sciences. 2021;22(4):874-85.
99. Rodewald K, Schmidt S, Steetskamp J, Linz VC, Schwab R, Löwe A, et al. **The influence of surgical experience on total laparoscopic hysterectomies.** 2024.

100. Igwe E, Hernandez E, Rose S, Uppal S. **Resident participation in laparoscopic hysterectomy: impact of trainee involvement on operative times and surgical outcomes.** American Journal of Obstetrics and Gynecology. 2014;211(5):484. e1-. e7.
101. Hildebrandt T, Emir S, Boosz A, Beckmann MW, Müller A. **Total laparoscopic hysterectomy: how does training for surgeons in a standardized operation affect hospitals and patients?** Archives of Gynecology and Obstetrics. 2018;298:763-71.
102. Waeschle RM, Hinz J, Bleeker F, Sliwa B, Popov A, Schmidt C, et al. **OR minute myth: Guidelines for calculation of DRG revenues per OR minute.** Der Anaesthesist. 2016;65:137-47.
103. Augurzky B, Kreienberg R, Mennicken R. **Zukunft der stationären Versorgung in Gynäkologie und Geburtshilfe.** Der Gynäkologe. 2015;48(7):495-500.
104. Djokovic D, Noé G, van Herendael BJ, Chrysostomou A. **The routes of hysterectomy: A survey of current practices amongst members of the International Society for Gynaecologic Endoscopy (ISGE).** Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol. 2023;291:99-105.
105. Schmidt MW, Sittig C, Battling LC, Kabl S, Grillen K, Lauf V, et al. **Hysteroskopie camera skills can be transferred to laparoscopic surgery but not vice versa - Results of a randomized controlled trial** (unveröffentlichte Daten).
106. Buffington CW, MacMurdo SD, Ryan CM. **Body position affects manual dexterity.** Anesthesia & Analgesia. 2006;102(6):1879-83.
107. Tawfeek S, Scott P. **National inpatient diagnostic hysteroscopy survey.** Gynecological Surgery. 2010;7:53-9.
108. Torres-de la Roche LA, Leicher L, Steljes I, Eidswick J, Larionov O, de Wilde MS, et al. **Training and qualification in gynecological minimal access surgery: A systematic review.** Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology. 2019;59:2-11.
109. Gambadauro P, Milenkovic M, Hadlaczky G. **Simulation for training and assessment in hysteroscopy: a systematic review.** Journal of minimally invasive gynecology. 2018;25(6):963-73.
110. Rosenthal R, von Websky MW, Hoffmann H, Vitz M, Hahnloser D, Bucher HC, et al. **How to report multiple outcome metrics in virtual reality simulation.** European Surgery. 2015;47(4):202-5.
111. Chahal B, Aydin A, Amin MSA, Ong K, Khan A, Khan MS, et al. **Transfer of open and laparoscopic skills to robotic surgery: a systematic review.** Journal of Robotic Surgery. 2023;17(4):1207-25.
112. Dawe SR, Windsor JA, Broeders JA, Cregan PC, Hewett PJ, Maddern GJ. **A systematic review of surgical skills transfer after simulation-based training: laparoscopic cholecystectomy and endoscopy.** Ann Surg. 2014;259(2):236-48.
113. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, et al. **Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis.** Jama. 2011;306(9):978-88.
114. Angell J, Gomez MS, Baig MM, Abaza R. **Contribution of laparoscopic training to robotic proficiency.** J Endourol. 2013;27(8):1027-31.
115. Thomaier L, Orlando M, Abernethy M, Paka C, Chen CCG. **Laparoscopic and robotic skills are transferable in a simulation setting: a randomized controlled trial.** Surg Endosc. 2017;31(8):3279-85.

116. Kim HJ, Choi GS, Park JS, Park SY. **Comparison of surgical skills in laparoscopic and robotic tasks between experienced surgeons and novices in laparoscopic surgery: an experimental study.** Ann Coloproctol. 2014;30(2):71-6.
117. Kilic GS, Walsh TM, Borahay M, Zeybek B, Wen M, Breikopf D. **Effect of residents' previous laparoscopic surgery experience on initial robotic suturing experience.** ISRN Obstet Gynecol. 2012;2012:569456.
118. Janse J, Tolman C, Veersema S, Broekmans F, Schreuder H. **Hysteroscopy training and learning curve of 30 camera navigation on a new box trainer: the HYSTT.** Gynecological Surgery. 2014;11:67-73.
119. Molinas CR, De Win G, Ritter O, Keckstein J, Miserez M, Campo R. **Feasibility and construct validity of a novel laparoscopic skills testing and training model.** Gynecological surgery. 2008;5:281-90.
120. Belotto M, Coutinho L, de Moricz A, Pacheco Jr AM, Mitre AI. **Influence of minimally invasive laparoscopic surgery experience in minimally invasive robotic surgery dexterity.** Surgery Research Journal. 2020;1(1).
121. Hassan SO, Dudhia J, Syed LH, Patel K, Farshidpour M, Cunningham SC, et al. **Conventional Laparoscopic vs Robotic Training: Which is Better for Naive Users? A Randomized Prospective Crossover Study.** J Surg Educ. 2015;72(4):592-9.
122. Stefanidis D, Hope WW, Scott DJ. **Robotic suturing on the FLS model possesses construct validity, is less physically demanding, and is favored by more surgeons compared with laparoscopy.** Surg Endosc. 2011;25(7):2141-6.
123. McVey R, Goldenberg MG, Bernardini MQ, Yasufuku K, Quereshy FA, Finelli A, et al. **Baseline Laparoscopic Skill May Predict Baseline Robotic Skill and Early Robotic Surgery Learning Curve.** J Endourol. 2016;30(5):588-92.
124. Ackermann J, Baumann J, Pape J, Pahls J, Ruchay Z, Spüntrup C, et al. **Factors influencing surgical performance and learning progress in minimally invasive surgery—results of an interdisciplinary multicenter study.** International Journal of Surgery. 2023;109(10):2975-86.
125. Roch PJ, Rangnick HM, Brzoska JA, Benner L, Kowalewski K-F, Müller PC, et al. **Impact of visual-spatial ability on laparoscopic camera navigation training.** Surgical endoscopy. 2018;32(3):1174-83.
126. Vajsbaher T, Schultheis H, Francis NK. **Spatial cognition in minimally invasive surgery: a systematic review.** BMC Surg. 2018;18(1):94.
127. Schmidt MW, Kowalewski K-F, Trent SM, Benner L, Mueller-Stich BP, Nickel F. **Self-directed training with e-learning using the first-person perspective for laparoscopic suturing and knot tying: A randomised controlled trial: Learning from the surgeon's real perspective.** Surgical endoscopy. 2020;34:869-79.
128. Louridas M, Szasz P, de Montbrun S, Harris KA, Grantcharov TP. **Can We Predict Technical Aptitude?: A Systematic Review.** Ann Surg. 2016;263(4):673-91.
129. Kennedy A-M, Boyle E, Traynor O, Walsh T, Hill A. **Video gaming enhances psychomotor skills but not visuospatial and perceptual abilities in surgical trainees.** Journal of surgical education. 2011;68(5):414-20.
130. Jalink MB, Goris J, Heineman E, Pierie J-PEN, ten Cate Hoedemaker HO. **The effects of video games on laparoscopic simulator skills.** The American Journal of Surgery. 2014;208(1):151-6.

- 
131. Rosser JC, Lynch PJ, Cuddihy L, Gentile DA, Klonsky J, Merrell R. **The impact of video games on training surgeons in the 21st century.** Archives of Surgery. 2007;142(2):181-6.
  132. Boyd T, Jung I, Van Sickle KR, Schwesinger W, Michalik J, Bingener J. **Music experience influences laparoscopic skills performance.** Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons. 2008;12(3):292.
  133. Palter VN, Grantcharov TP. **Individualized deliberate practice on a virtual reality simulator improves technical performance of surgical novices in the operating room: a randomized controlled trial.** Annals of surgery. 2014;259(3):443-8.
  134. Alaker M, Wynn GR, Arulampalam T. **Virtual reality training in laparoscopic surgery: a systematic review & meta-analysis.** International Journal of Surgery. 2016;29:85-94.
  135. Orejuela FJ, Aschkenazi SO, Howard DL, Jeppson PC, Balgobin S, Walter AJ, et al. **Gynecologic surgical skill acquisition through simulation with outcomes at the time of surgery: a systematic review and meta-analysis.** American journal of obstetrics and gynecology. 2022;227(1):29. e1-. e4.

## **Danksagung**

Ich danke Prof. Dr. med. C. Skala für die Chance diese Arbeit zu verwirklichen. Auch für die Unterstützung und gute Zusammenarbeit bedanke ich mich herzlich. Darüber hinaus danke ich Prof. Dr. med. A. Hasenburg, MHBA mir eine Promotion an Ihrem Institut zu ermöglichen sowie die Bereitstellung der benötigten Materialien und Mittel.

Dr. med. Mona Schmidt danke ich für die Einarbeitung in die Arbeitsgruppe im gynäkologischen Trainingszentrum der JGU Mainz, sowie meiner Mitdotorandin Brenda Schulz für die gute Teamarbeit und die gegenseitige Unterstützung.

Ein großes Dankeschön möchte ich ebenfalls allen Kolleg\*innen der Arbeitsgruppe für die Beiträge zu diesem Projekt aussprechen.

Abschließend möchte ich meiner gesamten Familie Danken. Insbesondere meinen Eltern Sabine und Rainer Schmidt, meinem Bruder Marc sowie Theresa, meiner Freundin Sophie sowie meinen Großeltern und Erna Schlör. Ein besonderer Dank gilt meiner Schwester, die mich noch zu Studienzeiten an das wissenschaftliche Arbeiten heranführte, viel Geduld und Zeit in mich investierte und immer ein offenes Ohr sowie eine helfende Hand für mich hatte. Danke!

---

## Lebenslauf

### Persönliche Daten

Name und Vorname: Schmidt, Leon Paul  
Geburtsdatum: 24. Februar 1997  
Geburtsort: Würzburg, Bayern  
Vater: Rainer Schmidt, Diplom Ingenieur  
Mutter: Dr. med. Sabine Schmidt  
Geschwister: Dr. med. Mona Schmidt  
Dr. Marc Schmidt

### Bildung

2003-2007 Grundschole am Schloss, Tauberbischofsheim  
2007-2012 Matthias-Grünwald-Gymnasium, Tauberbischofsheim  
2013 (6 Monate) Handsworth Secondary School, Vancouver  
2014-2015 Matthias Grünwald Gymnasium, Tauberbischofsheim

### Universitärer Werdegang

2015-2020 Studium der Zahnmedizin an der Karls-Universität Prag,  
Medizinische Fakultät in Pilsen  
2020 Staatsexamen der Zahnmedizin  
2023- heute Promotion an der JGU Mainz

### Beruflicher Werdegang

2020- 2022 Angestellter Zahnarzt bei den Zahnärzten am Schönen Turm,  
Erding  
2023- heute Angestellter Zahnarzt bei AllDent Zahnzentrum GmbH München